

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность(профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Анализ пожарной безопасности и разработка комплекса технических мероприятий, направленных на повышение стойкости к огню и снижение опасности возникновения пожара, его развития в зданиях, а также препятствию обрушения несущих конструкций»

Студент

С.В. Юшков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

Доктор технических наук, профессор, Н.Г. Яговкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	3
Термины и определения .....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Особенности функционирования и эксплуатации здания.....	9
1.1 Требования нормативной документации по пожарной безопасности в здании .....	9
1.2 Статистический анализ сведений о пожарах в аналогичных зданиях на территории городских округов Московской области .....	15
2 Теоретическая разработка специальных технических условий для зданий	19
2.1 Теоретическое исследование пожарной опасности строительных конструкций здания .....	19
2.2 Анализ отечественных и зарубежных методов огнезащиты конструкций здания .....	22
3 Разработка комплекса технических мероприятий, направленных на повышение стойкости к огню .....	30
3.1 Разработка специальных технических условий.....	30
3.2 Проведение расчета уровня пожарного риска .....	60
Заключение .....	72
Список используемых источников.....	76

## Введение

### **Актуальность и научная значимость настоящего исследования.**

Важным направлением развития строительных комплексов в России является увеличение объемов строительства высотных, технологически сложных, особо опасных и других уникальных объектов, таких как аэропорты, многоэтажные многофункциональные, административные и жилые дома.

Огнеустойчивость – ключевой параметр критически важной инфраструктуры. Бетонные конструкции демонстрируют высокий уровень отказоустойчивости с точки зрения безопасности, прочности, долговечности и устойчивости к стихийным бедствиям. Однако несмотря на то, что устойчивость оценивается в условиях экстремальных нагрузок, таких как взрыв, землетрясение и удары, она специально не рассматривается как пожарная опасность.

Пожар может возникать как первичное событие естественного происхождения (молния или авария) или как вторичное событие (после землетрясения, взрыва, взрыва или удара). Ежегодно пожары во всем мире приводят к гибели тысяч людей и ущерб в миллиарды долларов. Только в России данные, собранные за 2020 год МЧС России, показывают, что:

- произошло 439 100 пожаров;
- среди гражданского населения 8,5 тыс. человек пострадали и 8262 погибших;
- пожары нанесли материальный ущерб на сумму 19,4 млрд рублей.

Пожарная безопасность в здании зависит от множества факторов, включая предотвращение пожара, тушение и тушение; успешная эвакуация людей; и уровень огнестойкости (конструктивные меры пожарной безопасности). Таким образом, обеспечение надлежащих мер противопожарной безопасности имеет решающее значение для безопасной эвакуации людей и безопасности пожарного персонала, а также для минимизации имущественного ущерба, контроля распространения огня,

поддержания общественной безопасности, обеспечения безопасности страны и поддержания экономической деятельности.

Вышеперечисленное обуславливает необходимость разработки технических мероприятий, направленных на повышение стойкости зданий к огню.

**Объектом исследования** является огнестойкость конструкций здания на примере административно бытового корпуса на территории ООО Московский насосный завод (МНЗ).

**Предмет исследования** выпускной квалификационной работы являются теоретические и практические вопросы увеличения огнестойкости зданий.

**Цель исследования** изучение возможностей повышения огнестойкости защищаемого объекта.

**Гипотеза исследования** разработанные технические мероприятия позволят увеличить огнестойкость защищаемого объекта.

**Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:**

- исследование особенностей функционального назначения здания;
- анализ состояния вопроса в области методов и средств повышения огнестойкости железобетонных строительных конструкций;
- разработка комплекса технических мероприятий, направленных на повышение стойкости к огню.

**Теоретико-методологическую основу исследования** составили работы ученых по проблемам техносферной безопасности химических производств, материалы научных и практических конференций по различным аспектам исследуемой проблемы.

**Базовыми для настоящего исследования** явились также нормативные документы, законодательства и локальные акты.

**Методы исследования** представленной выпускной квалификационной работы: диалектический метод, как всеобщий метод познания социально-

правовых явлений, общенаучные и специальные методы, опираясь на которые представляется возможным решить задачи и достигнуть указанную цель исследования.

**Опытно – экспериментальная база исследования:** ООО Московский насосный завод (МНЗ), Московская область, Одинцово, ул. Транспортная, 2.

**Научная новизна исследования** заключается в разработке новых подходов к оценке огнестойкости здания и сооружений и методик расчета требуемой огнестойкости.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в том, что на основе эмпирических и экспертных данных был сделан вывод о требуемой огнестойкости здания и предложены способы его повышения.

**Практическая значимость исследования:** положения и выводы, сделанные в выпускной квалификационной работе, могут быть использованы при проведении оценок огнестойкости здания и расчету требуемой защиты.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается:**

- использованием сертифицированного, аттестованного поверенного оборудования и измерительных инструментов,
- результатами расчета программного обеспечения
- теоретической и экспериментальной оценкой значений параметров и характеристик материалов, используемых при решении диссертационных задач.

**Личное участие автора в организации и проведении исследования** состоит в определении современного состояния разработки проблемы исследования; обосновании концептуальных положений и проектировании системы оценки производственной безопасности; анализе полученных результатов экспериментальных исследований; формулировании выводов и установленных в исследовании связей и закономерностей; оформлении результатов исследования; предложение о внедрении сформулированных в исследовании положений и рекомендаций.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. По теме работы опубликована статья «Комплексное управление пожарной безопасностью в крупных городах» в Студенческом научном журнале № 7(135), часть 1, Новосибирск.

**На защиту выносятся:**

- результаты анализа пожарной опасности строительных конструкций здания;
- разработанные специальные технические условия;
- результаты расчета пожарного риска.

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 6 рисунков, 10 таблиц, список использованной литературы (31 источник). Основной текст работы изложен на 76 страницах.

## Термины и определения

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Пожарная безопасность – «состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [5].

Пожар – «неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [5].

Предел огнестойкости конструкции – «промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) предельных состояний» [5].

Противопожарная преграда – «строительная конструкция с нормированными пределом огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности конструкции, объемный элемент здания или иное инженерное решение, предназначенные для предотвращения распространения пожара из одной части здания, сооружения в другую или между зданиями» [5].

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений и отсеков» [5].

Требования пожарной безопасности – «специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [5].

Управление в области пожарной безопасности – «деятельность органов, участвующих в соответствии с законодательством Российской Федерации в обеспечении пожарной безопасности» [5].

### **Перечень сокращений и обозначений**

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями:

ВУЗ – высшее учебное заведение;

НИР – научно-исследовательская работа;

ООО – общество с ограниченной ответственностью;

УГП – установка газового пожаротушения;

СТУ – специальные технические условия;

ВНИИПО – Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны;

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

# **1 Особенности функционирования и эксплуатации здания**

## **1.1 Требования нормативной документации по пожарной безопасности в здании**

Рассмотрим требования нормативной документации по пожарной безопасности в здании.

«Обеспечение пожарной безопасности объектов административного назначения невозможно без строгого соблюдения противопожарных требований официальных нормативных документов как на стадии проектирования, возведения, так и в ходе длительной эксплуатации; внутренних перепланировок этажей, помещений; текущих, капитальных ремонтов, реконструкции зданий» [7].

Обеспечение пожарной безопасности регулируется следующими нормативными актами:

- «СНиП 31-05-2003 (СП 117.13330.2011) – об общественных зданиях административного назначения» [7];
- «СП 118.13330.2012\* – об общественных объектах, являющийся актуализированной редакцией СНиП 31-06-2009» [7];
- «СНиП 21-01-97\*, устанавливающий требования пожарной безопасности к зданиям, сооружениям любого вида, назначения» [7];
- «СП 12.13130.2009, в котором даны методики определения категории по взрывопожарной опасности помещений объектов, в том числе в административных зданиях» [7];
- «СП 7.13130.2013, устанавливающий требования ПБ к системам вентиляции зданий, в том числе в части создания систем противодымной защиты объектов» [7];

- «СП 31.13330.2012, являющийся актуальной версией СНиП 2.04.02-84, в части обеспечения наружного противопожарного водоснабжения административных зданий» [7];
- «СП 10.13130.2020 – о внутреннем противопожарном водопроводе зданий, являющимся одним из основных элементов внутреннего противопожарного водоснабжения объектов административного назначения» [7];
- «СП 1.13130.2020 – об эвакуационных путях, выходах» [7];
- «СП 3.13130.2009 – о требованиях ПБ к системам оповещения, управления эвакуацией из зданий (СОУЭ)» [7];
- «СП 5.13130.2009 – о проектировании установок пожаротушения, сигнализации» [7];
- «СП 113.13330.2016, служащий актуальной редакцией СНиП 21-02-99\* – о стоянках автомобилей, которые не редкость в современных зданиях административного назначения» [7];
- «ПУЭ, устанавливающие в том числе правила пожарной безопасности при размещении, эксплуатации электроустановок, электрооборудования в общественных зданиях» [7];
- «НПБ 240-97 – о приемосдаточных, периодических испытаниях противодымной защиты объектов, в том числе систем дымоудаления, подачи свежего воздуха в помещения на пути эвакуации из зданий» [7];
- «НПБ 245-2001 – о требованиях, испытаниях всех типов пожарных лестниц, а также наружного типа эвакуационных лестниц» [7];
- «ГОСТ Р 51844-2009 – о требованиях к пожарным шкафам, в которых в административных зданиях размещают не только комплекты пожарных рукавов, стволов с соединительными головками; но и водные, воздушно-пенные, порошковые огнетушители» [7];

- «ГОСТ 12.4.026-2015, устанавливающий требования к сигнальной расцветке, форме, размерам знаков ПБ, необходимых к размещению в административных зданиях» [7].

«Документом, обязательным к изучению, руководством по проведению инструктажей по пожарной безопасности, по программам обучения ПТМ для ответственных за ПБ объектов административного назначения служат НПБ «Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций», которые утверждены Приказом МЧС РФ № 645 от 26.12.2007» [7].

При разделении крупногабаритных объектов с противопожарными перегородками, стенами с противопожарными дверями, шторами, окнами, установленными в проемах люками в соответствии с требованиями стандарта все административные здания, находящиеся в эксплуатации, и каждое пожарное отделение должны быть сложными инженерными решениями для автоматической противопожарной защиты и защищены техническим оборудованием.

Устройства сигнализации, которые в основном используют дымовые извещатели, эффективно обнаруживают источники возгорания всех типов пожарных нагрузок, обычно используемых в основных отсеках административных зданий, но для определенных помещений также могут использоваться тепловые пожарные извещатели максимального или максимального дифференциального типа.

Стационарная система пожаротушения. Большинство зданий защищены системой пожаротушения на водной основе за счет установки спринклерных спринклеров в канализацию и использования меньшего количества спринклеров наводнения.

Системы газового или порошкового пожаротушения также используются для защиты серверных помещений, особенно архивов и носителей информации, содержащих важные документы, которые не наносят существенного вреда охраняемым ценностям. Помимо заполнения противопожарных преград и проемов, систем дымоудаления и подачи

чистого воздуха, в составе противодымной защиты зданий, что очень важно для организации безопасной эвакуации, установлены противопожарные клапаны, противопожарные вентиляционные решетки. системная коробка здания. Кроме того, в зависимости от конструкции административного здания объемное решение, потолочные дымоудалочные лампы, противопожарные фрамуги позволяют в короткие сроки удалить из помещения огромное количество летучих токсичных продуктов сгорания органических веществ, отделку, мебель, имущество.

Чтобы оповещать сотрудников, посетителей и контролировать поток людей к эвакуации, нам необходимо установить световые щиты и указатели в административных зданиях, голосовые, звуковые пожарные извещатели, а также для воспроизведения тревожных сообщений, установленных в микрофонных пультах, средствах записи, пожарных, охранных или диспетчерских помещениях.

Для того, чтобы все оборудование, элементы системы противопожарной защиты, установки зданий управления оставались в постоянном рабочем состоянии и при необходимости быстро ремонтировали их, необходимо заключить договор со специализированным предприятием, оказывающим технические услуги. Выдан МЧС России. Основание лицензии.

В предмет административного назначения входят здания органов государственной власти федерального, регионального (регионального) и муниципального уровней, а также государственных, корпоративных и частных компаний. Эти здания не связаны между собой общественными, хозяйственными организациями и другими министерствами, типами офисов, всеми видами товарной продукции, деятельностью, производящей материальные ценности и обслуживающей население.

Типовая планировка офисного здания - ячеистая, с классными комнатами (кабинетами) по одну или обе стороны коридора.

Коридор обычно заканчивается одной из аварийных лестниц, идущих с любого конца здания. Находится внутри, на лестничной клетке или по внешней лестнице, ведущей на территорию, прилегающую к зданию. На первом этаже обычно находится холл и гардероб. Переговорные комнаты обычно располагаются на первом или верхнем этаже административного здания и имеют не менее двух эвакуационных выходов, в том числе внешний выход, выполненный в соответствии с нормой.

Технические, хозяйственные, подсобные помещения - от электрощитов, вентиляционных, насосных станций пожаротушения до складских помещений, рабочее место обычно располагается на цокольном этаже административного здания.

Для обслуживания многоэтажных домов установлены лифты для грузовых, пассажирских и пожарных.

Планировка и планировка этих офисных зданий позволяют быстро эвакуировать людей в случае пожара, тем более что сотрудники организаций в офисных зданиях часто имеют возможность работать там, знают детали планировки и рабочего места, а также работают. Чтобы помочь впервые посетителям, но для этого необходимо неукоснительно соблюдать меры противопожарной безопасности, указанные в 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях промышленной безопасности» и ППР [7].

Собственник или руководитель организации, владеющей административным зданием, обязан составить декларацию пожарной безопасности в форме оценки пожарного состояния объекта.

Нам необходимо разработать и подготовить полный комплект документации по пожарной безопасности объекта, в том числе общие правила пожарной безопасности. Он должен отражать оба требования с учетом характеристик здания, режима работы организации. Эвакуацию правильно проводить, чтобы выявить причину пожара, организовав пожарный режим и приняв меры в случае пожара сотрудниками.

Необходимо точно рассчитать количество огнетушителей, включая углекислый газ, для тушения пожаров в электрических щитах управления, компьютерах и офисных помещениях.

Обучение фактической эвакуации всех сотрудников, технического персонала из здания управления, организованное в соответствии с инструкциями по действиям в случае пожара, должно проводиться регулярно, не реже двух раз в год. Условно при пожаре люди подвешивались на всех этажах плана эвакуации.

«Нарушение требований пожарной безопасности в административных зданиях носят типичный характер, это как правило:

- курение вне отведенных мест;
- оставление включенным в сеть после окончания работы различного электрического оборудования – от компьютерной оргтехники до нагревательных приборов;
- перепланировка помещений, затрудняющая эвакуацию, сужающая нормативную ширину проходов или полностью отсекающая возможность воспользоваться двумя выходами;
- загромождение, захламление проходов, лестничных клеток запасных эвакуационных выходов из здания, отслужившей свой срок мебелью, оргтехникой, штабелями документации, которой не нашлось места в архиве;
- закрытые двери выходов, без оборудования их противопожарной фурнитурой, в том числе противопожарными дверными ручками, позволяющими без наличия ключей открывать их изнутри, что называется, одним движением» [7].

Однако, если представитель пожарной безопасности административного здания правильно выполнит задачу и своевременно проинформирует руководство, эти проблемы можно решить без значительных затрат. Если здание соответствует основным требованиям

нормы, то очаг возгорания, даже после проверки МЧС России, не может иметь серьезных неприятных последствий.

## **1.2 Статистический анализ сведений о пожарах в аналогичных зданиях на территории городских округов Московской области**

С начала 2021 года на территории Московской области зарегистрировано 2124 пожара, на которых погибло 175 человек, получили травмы 712 человек.

Вместе с тем, с наступлением осенне-зимнего пожароопасного периода на территории Московской области зафиксирован рост количества погибших людей на пожарах.

В ноябре 2020 года на территории Московской области в результате пожаров погиб 71 человек, в декабре 2020 года погибло 73 человека.

Рост гибели людей также продолжается в 2021 году. Так, в январе 2021 года погибло 90 человек, в феврале – 85 человек. Только за последнюю неделю февраля на территории Московской области в огне погибло 7 детей.

Анализ пожаров, повлекших гибель людей показал, что одним из способствующих факторов, влияющих на возникновение указанных пожаров, явилось установление на территории Московской области аномально - низкой температуры в осенне-зимний период 2020-2021 года. Температурный режим в данный период времени оказался ниже аналогичного периода 2019-2020 годов на 13 градусов.

Понижение температур характеризуется повышенным спросом энергопотребления с целью обогрева, в связи с чем, население в усиленном режиме, с большей нагрузкой использует электронагревательные приборы и отопительные устройства.

По причине нарушения правил пожарной безопасности, связанных с ненадлежащей эксплуатацией электронагревательных приборов и отопительных устройств, в жилом секторе количество пожаров в указанный период составляет 76% от общего количества произошедших пожаров.

Наиболее сложные и крупные пожары за период 2020 года произошли в Московской области на территории Красногорского Научного центра биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства, в поселке Решетниково городского округа Клин в административном здании на территории цеха по производству мебели, на обувном складе, расположенном в микрорайоне Хлебниково в Долгопрудном и в подмосковном Дмитрове склад алюминевого завода.

Крупный пожар произошедший 10 декабря в лаборатории Научного центра Федерального медико-биологического агентства России (ФМБА) в подмосковном Красногорске, тушили более 4 часов, площадь пожара составила 500 кв.м, привлекалось 63 человека личного состава и 18 единиц техники. Сложность тушения пожара заключалась в ветхости здания построенного в 1938 году и обрушения кровли.

Второй крупный пожар, возник днем 18 октября в поселке Решетниково городского округа Клин. Он начался в административном здании на территории цеха по производству мебели, а затем перекинулся на кровлю предприятия. Пожару был присвоен повышенный, второй, номер сложности, его площадь составила 700 кв. м. Данный пожар ликвидировали более 4 часов силами 56 человек и 16 единиц техники, сложность пожара заключалась в большой пожарной загрузке и сложности планировки, погибших и пострадавших на пожаре допущено не было.

Третий крупный пожар на обувном складе, расположенном в микрорайоне Хлебниково в Долгопрудном был ликвидирован спустя сутки после появления первых сообщений о возгорании. Площадь пожара, которому был присвоен второй ранг, составила 4500 квадратных метров, на

место происшествия выезжали 43 единицы техники и 133 человека личного состава.

Тушение пожара осложнялось легкой воспламеняемостью обуви на складе, сильным ветром и обрушением крыши здания площадью 6,5 тысяч квадратных метров. Сведения о пострадавших и жертвах не поступали.

Крупный пожар алюминиевого завода в подмосковном Дмитрове, достиг площади в 60 тысяч квадратных метров и охватил 80% здания. Пожару был присвоен третий ранг сложности. В тушении пожара участвовали 170 пожарных, 64 единицы техники, а также три вертолета и пожарный поезд.

Пожар ликвидировали более 11 часов, тремя вертолетами с ВСУ-5 совершено 28 сбросов, всего сброшено 140 тонн воды. Сложность пожара заключалась в большой пожарной нагрузке, сложности планировки, горением алюминиевой и комбинированной ленты, обрушением крыши на площади 25 тыс. кв. м. и нахождении завода на территории безводного района.

Основными причинами пожаров в осенне-весенний периоды являются аварийный режим работы электропроводки, нарушение правил эксплуатации электроприборов, печного и газового оборудования, неосторожное обращение с огнем. При понижении температуры воздуха люди начинают активно использовать отопительные приборы, что может привести к перегрузке сети. Ветхая проводка тоже часто становится причиной пожаров. Опасность представляет и печное отопление, если не соблюдать правила пожарной безопасности при его эксплуатации.

Ежедневно в Московской области инспекторы управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления проводят профилактические мероприятия, направленные на предотвращение пожаров. Это, в основном, рейды по местам проживания граждан. В ходе рейдов осуществляется разъяснительная работа с населением по соблюдению правил пожарной безопасности. Основная цель – предупреждение возгораний и снижение их количества. С наступлением холодов работа в этом направлении

ведётся в усиленном режиме. Ежедневно сотни жителей нашей области получают советы и рекомендации от сотрудников МЧС по безопасности. Однако, их важно не только знать, но и неукоснительно соблюдать. Кроме этого, сотрудниками МЧС ведётся работа по установке автономных дымовых пожарных извещателей. Это специальные приборы, которые в случае задымления предупреждают об опасности громким звуковым сигналом и реагируют на дым еще на стадии возгорания, когда потушить огонь можно подручными средствами. Как показывает статистика, такие устройства предупредили уже массу пожаров.

## **2 Теоретическая разработка специальных технических условий для зданий**

### **2.1 Теоретическое исследование пожарной опасности строительных конструкций здания**

Целостность и стойкость здания при пожаре, а также его несущая способность определяются типом конструкции объекта. При этом основополагающими являются три параметра конструкции: материалы и специфика исполнения, огнестойкость, класс пожарной опасности.

Рассмотрим классы ПО строительной конструкции.

«Пожарная опасность строительной конструкции определяется степенью ее участия в развитии и распространении пожара, создании опасных факторов пожара. Центральным элементом, от которого зависит класс ПО конструкции является материал изготовления» [17].

Выделяют четыре класса пожарной опасности строительных конструкций:

- К0 — непожароопасные;
- К1 — малопожароопасные;
- К2 — с умеренной пожароопасностью;
- К3 — пожароопасные.

Для определения класса ПО конструкции используют показатели огнестойкости следующих элементов: внутренних и внешних стен, перегородок, лестничных стен, пролетов и площадок, противопожарных преград.

Обычно для отнесения конструктивного элемента к тому или иному классу пожароопасности, его подвергают испытаниям в лабораторных условиях или на специально оборудованных полигонах.

Исключения составляют строительные конструкции или их части, выполненные из абсолютно негорючих материалов. Таким элементам присваивается класс К0.

«Строительная конструкция отвечает требованиям пожарной безопасности, если имеющийся класс пожароопасности равен или больше необходимому классу ПО» [17].

«Необходимый (требуемый) класс пожарной опасности диктуется нормативными актами, а фактическая величина устанавливается двумя способами:

- путем проведения испытаний на специальных полигонах или огневых установках;
- в соответствии с литературными данными, по справочникам» [7].

«Огневые испытания для определения класса ПО строительной конструкции выполняются в двухкамерных установках. В одном из отсеков размером 10\*10\*10 см сгорает топливо, при этом тепловое воздействие на проверяемый образец осуществляется в обеих камерах» [7].

«Контакт конструктивного элемента с горящим топливом длится не более 45 минут» [7].

«В установке создается и поддерживается установленный температурный режим, при котором конструкция испытывается на огнестойкость» [7].

«Способность к загоранию газов, выделяющихся при термическом разложении элемента конструкции, контролируют путем поднесения пламени к местам выхода этих газов не реже, чем через каждые 5 минут тестирования, или через каждую минуту после появления вспышек газа» [7].

«Образование горящего расплава проверяют путем внешнего осмотра конструктивного элемента по возникновению горящих капель, вытекающих из торцевых частей образца или стекающих по его поверхности» [7].

«После завершения испытаний и остывания элемента его тщательно осматривают и фиксируют нарушения целостности и повреждения. Размеры дефектов измеряются в сантиметрах» [7].

«К повреждениям относят обугливание, оплавление и выгорание элемента на глубину не больше 0,2 см. Для вертикальных конструкций повреждение не может быть длиннее 5 см, для горизонтальных — длиннее 3 см» [7].

Обозначение класса пожароопасности строительной конструкции расшифровывается как К — конструкция, а соседняя цифра в скобках означает длительность влияния высоких температур на образец в минутах.

С учетом времени теплового контакта конструктивного элемента и сгорающего топлива, одна и та же конструкция может быть отнесена к разным классам ПО.

В ходе проведения испытаний временная характеристика теплового воздействия выбирается в зависимости от необходимого предела огнестойкости конструкции.

Без огневых испытаний можно присвоить класс К0 для материалов группы горючести НГ, или К3 — для конструкций из материалов горючести Г4.

«Фактические пределы огнестойкости конструкций, в том числе и с использованием средств огнезащиты для повышения этих пределов, определяются как интервал времени от начала испытания строительной конструкции на огнестойкость в состоянии, нагруженном нормативной нагрузкой, до наступления первого предельного состояния конструкции по огнестойкости.» [4].

Рассмотрим эти пределы:

- потеря несущей способности в результате обрушения или достижения предельных деформаций (R),
- потеря целостности в результате образования в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на не

обогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя (E),

- потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на не обогреваемой поверхности конструкции до предельных значений (I) или достижения предельной величины плотности теплового потока на нормируемом расстоянии от не обогреваемой поверхности конструкции (W).

«Способы повышения пределов огнестойкости и снижения класса пожарной опасности несущих строительных конструкций за счет использования так называемой пассивной огнезащиты остаются в настоящее время традиционными. Применение конструктивных материалов обязательно в высотных зданиях, тоннельных сооружениях, атомных станциях и других технически сложных объектах, где нормируются высокие значения данного параметра — 150, 180, 240 мин.» [4].

«В случае, когда требуемые пределы ниже (R90 и менее), приоритет остается за тонкослойными вспучивающимися покрытиями, преимущество которых, бесспорно, является их декоративность и высокая производительность выполнения работ по нанесению таких составов. Согласно п. 10 ст. 87 ФЗ-123, пределы огнестойкости и классы пожарной опасности, аналогичные по форме, материалам и конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, могут определяться расчетно-аналитическими методами, установленными нормативными документами по пожарной безопасности. Метод расчета предела огнестойкости несущей конструкции состоит в решении сначала статической части задачи огнестойкости (с целью определения величины критической температуры конструкции, при которой ее несущая способность уменьшится при нагреве до величины нормативной нагрузки на конструкцию), а за тем второй части расчета — теплотехнической, где определяют время прогрева с учетом применяемого средства огнезащиты до наступления критической температуры конструкции. Для конструктивных

материалов уже порядка 40 лет используется известная в пожарно-технической практике методика, разработанная во ВНИИПО МЧС России д. т. н., профессором Яковлевым А. И.» [10].

«Что касается тонкослойных вспучивающихся материалов, то у каждого производителя таких средств огнезащиты имеется своя методика расчета пределов огнестойкости конструкций — в зависимости от их определенных типоразмеров (сортамента), нагрузок, толщины слоя покрытия и так далее» [10].

У всех этих методов есть несколько «слабых мест», одним из которых является сложность определения коэффициента теплопроводности коксовой пены (набухающего слоя), образовавшейся в режиме испытаний на аномальный пожар. Обычно этот параметр определяется из экспериментальных данных, полученных во время огневых испытаний. Чем больше статистики этих тестов, тем точнее применяемый метод расчета, а количество экспериментов ограничено экономическими факторами. Тестирование такой схемы довольно дорогое.

## **2.2 Анализ отечественных и зарубежных методов огнезащиты конструкций здания**

Пожарная безопасность может быть определена как набор методов предотвращения или предотвращения возникновения пожара и управления ростом и последствиями случайных или преднамеренных пожаров, сохраняя при этом потери на приемлемом уровне. В настоящее время пожарная безопасность в зданиях обеспечивается соблюдением положений, рекомендованных строительными нормами и правилами. Хотя спецификации и стратегии обеспечения пожарной безопасности в зданиях различаются от одного свода правил к другому, большинство из них основаны на предписывающем подходе и основаны на аналогичных принципах пожарной безопасности. В подходах, основанных на предписаниях, пожарная

безопасность в зданиях обеспечивается с помощью комбинации активных и пассивных систем противопожарной защиты. Системы активной противопожарной защиты (спринклеры, датчики тепла и дыма и так далее) предназначены для обнаружения и контроля или тушения пожара на начальной стадии и более важны с точки зрения безопасности жизнедеятельности. Принимая во внимание, что пассивные системы противопожарной защиты (структурные и неструктурные элементы здания) предназначены для обеспечения устойчивости конструкции во время воздействия огня и сдерживания распространения огня. Их главная цель - предоставить достаточно времени для пожарных и спасательных операций и минимизировать денежные потери.

Этот традиционный подход к обеспечению пожарной безопасности имеет несколько ограничений в решении современных проблем пожарной опасности и предоставляет ограниченные рекомендации по предотвращению самой пожарной опасности. Основные ограничения активных систем противопожарной защиты включают низкую производительность и функциональную надежность, а также высокую стоимость установки и обслуживания, что часто становится большой проблемой в развивающихся странах с ограниченными денежными ресурсами. С другой стороны, пассивная противопожарная защита фокусируется на огнестойкости отдельных конструктивных элементов и компонентов здания, а не на целостной пожарной безопасности в здании; что приводит к неопределяемой пожарной безопасности в здании. Более того, предписывающий подход к обеспечению пожарной безопасности не очень хорошо интегрирован с реальным процессом проектирования здания. Поэтому в развивающихся странах с плохой нормативной и правоприменительной средой в зданиях часто отсутствуют или не предусмотрены надлежащие меры пожарной безопасности.

Рассмотрим две категории статей в направлении исследования огнестойких конструкций. Первая категория исследует физические,

химические характеристики новых огнестойких материалов. Вторая группа изучает оценку пожарного риска с включением в расчет огнестойких конструкций.

В статье [26] описывается конструкционная противопожарная безопасность, основанная на характеристиках. Способность понимать характеристики строительных конструкций при воздействии огня и принимать обоснованные решения по инженерному проектированию на основе анализа, а не простого применения предписывающих кодов, становится все более актуальной областью интереса. В этой статье суммируются последние исследования и предлагается возможный подход к интеграции техники пожарной безопасности в процесс проектирования структурных каркасных систем. Основанное на характеристиках проектирование пожаробезопасных конструкций определяется в виде пяти действий, и серия блок-схем организует эти действия с точки зрения подуровневых функций и их взаимосвязей. Блок-схемы также помогают определить информационные потребности, критически важные для обеспечения пожарной безопасности конструкций, основанной на характеристиках, и улучшить понимание роли инженера по противопожарной защите.

В статье «Влияние высокотемпературных добавок на огнестойкие материалы» [27] исследуется действие высокотемпературных добавок во вспучивающихся системах было исследовано в лабораторных условиях. Матрица из керамических волокон и минералов была включена в две вспучивающиеся системы. Характеристики материала были определены с помощью серии испытаний маломасштабных пропановых печей, основанных на кривой зависимости времени от температуры ASTM E119 для огнестойких испытаний строительных конструкций и материалов. Несколько составов были идентифицированы с помощью 15-минутного скринингового испытания на огнестойкость перед испытанием в течение более длительного периода времени.

В статье из второй группы [HUANG Yan-boa] проводится исследование метода оценки системы противопожарной защиты зданий. Оценка безопасности противопожарной защиты (SAFP) - очень важный подход в управлении пожарной безопасностью. Эффективность и надежность имеют решающее значение для SAFP, которая придавала изучению методов оценки важное значение. В статье исследован новый количественный метод под названием теоретический метод управления безопасностью, основанный на современной теории управления. Были предложены динамические модели, индексы оценки и подходы к анализу каждого индекса SAFP и три динамических индекса, а именно: Индекс опасности системы-Н, Индекс контрольной способности-С и Степень безопасности-S, которые изменялись вместе с состояниями системы и представляли противоречивые последствия между опасностями и контролем системы противопожарной защиты, были использованы для оценки результатов метода. Этот метод позволяет реализовать динамическое и количественное управление, а также управление системой противопожарной защиты. Тематическое исследование было определено и оценено с использованием метода, описанного в этой статье, и результаты оценки были жизнеспособными по сравнению с реальной ситуацией.

Статья «Структурная огнестойкость: рейтинговая система демонстрирует грубый, непоследовательный дизайн» [25] подчеркивается недостаток существующей системы расчета огнестойкости конструкций, предлагается, как его можно решить, и показано, как можно преодолеть предполагаемые препятствия на пути к изменениям.

Хотя знания в области пожарной инженерии могут быть относительно недостаточно развитыми по сравнению с другими инженерными дисциплинами, в последние десятилетия отрасль добилась большого прогресса в понимании и анализе поведения при пожаре и реакции конструкций, а также в разработке продуктов противопожарной защиты, которые могут быть точно определены для соответствия требованиям.

критерий производительности. Кроме того, с помощью современной техники пожаротушения и управления рисками существуют также методы определения соответствующего рейтинга огнестойкости для здания (или элемента) на основе профиля риска, пожарной нагрузки, конструкции здания и потенциальной вентиляции, среди прочего. Многие представители отрасли стремятся к тому, чтобы конструктивная пожарная инженерия стала неотъемлемой частью процесса проектирования, что в конечном итоге приведет к созданию более безопасных и эффективных конструкций. Тем не менее хотя концепция стандартной огнестойкости, сравниваемой с характеристиками при нормированных режимах нагрева печи при испытании, полезна тем, что позволяет проводить сравнение, необходимое для обеспечения единообразия продуктов, методов проектирования и географических регионов, исторические 15-минутные приращения огнестойкости (например, 60, 75, 90 мин) приводят к нестабильному уровню безопасности. Улучшенные сорта, которые фактически уже разрешены стандартами испытаний на огнестойкость, дадут значительные преимущества с точки зрения надежности и эффективности конструкции. В документе используются гипотетические тематические исследования, чтобы продемонстрировать достоинства улучшенных классов огнестойкости, и объясняется, как легко реализовать усовершенствованную систему классификации.

В статье «Огнестойкость крупномасштабных поперечно-ламинированных деревянных панелей» описывается новый конструкционный огнестойкий материал [23].

Деревянные конструкции все чаще используются при строительстве жилых домов. Распространенной и часто публикуемой причиной отказа от деревянных конструкций является их недостаточная огнестойкость, что снижает несущую способность. По этой причине стали разрабатываться композитные сэндвич-конструкции для устранения этого, а также других недостатков. Однако в последнее время наблюдается тенденция к возврату к

первоначальному варианту, состоящему только из дерева, и ведутся поиски новых технических средств улучшения свойств таких конструкций. Известны многие технологии изготовления деревянных конструкций, но конструкции из панелей из поперечно-клееной древесины (CLT) очень часто используются в последние годы. Панели CLT, также известные как X-LAM, в настоящее время набирают популярность в Европе. В случае панелей CLT, состоящих из нескольких слоев досок, можно сказать, что они обладают определенным преимуществом в том, что после сгорания поверхностного слоя плиты и высыхания подповерхностного слоя кислород не притягивается к несгоревшей древесине для дальнейшего сгорания, и, таким образом, процесс горения прекращается. Панели CLT не нуждаются в специальной модификации или покрытии огнестойкими материалами, хотя обычно они облицовываются гипсоволокнистыми огнестойкими плитами в соответствии с инструкциями, изложенными в соответствующих стандартах. В этой статье представлен новый метод оценки несущих стен по периметру, изготовленных из панелей CLT без использования внутренней огнестойкой облицовки для обеспечения огнестойкости на уровне, требуемом европейскими стандартами (то есть теми, которые согласованы для чешской строительной отрасли). . Расчеты были проверены посредством лабораторных испытаний, которые показывают, что лучшие параметры могут быть достигнуты при классификации конструкций с точки зрения огнестойкости. Целью статьи является использование результатов оценки и испытаний в аккредитованной лаборатории, чтобы продемонстрировать возможности использования панелей CLT для строительства многоэтажных, а также многоцелевых зданий.

Таким образом, безопасное строительство или ремонт включает использование огнестойких или огнестойких внешних материалов, которые могут замедлить или предотвратить проникновение огня в конструкцию. Проводятся исследования по разработке все новых конструкций с увеличенной огнестойкостью.



### **3 Разработка комплекса технических мероприятий, направленных на повышение стойкости к огню**

#### **3.1 Разработка специальных технических условий**

Специальные технические условия (СТУ) разрабатываются на основании:

- Федерального закона 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г.
- Федерального закона 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г.
- Постановления Правительства Российской Федерации № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» от 16 февраля 2008 г.
- Приказа МЧС России № 710 «Об утверждении Административного регламента предоставления государственной услуги по согласованию специальных технических условий для объектов» от 28 ноября 2011 г.
- Приказа Минстроя России № 248/пр «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства» от 14 апреля 2016 г.

В зданиях и строительных конструкциях применяется как активная, так и пассивная противопожарная защита. Активная противопожарная защита включает в себя автоматические системы обнаружения пожара и пожаротушения, в то время как основная цель пассивной противопожарной защиты - попытаться локализовать пожары или замедлить их распространение.

Целью использования системы противопожарной защиты является поддержание температуры элемента здания (стального конструкционного

элемента, электроустановки) ниже критической температуры во время пожара, но также она предназначена для сдерживания возгорания в очаге возгорания в течение ограниченного периода времени. В этой статье были описаны решения для пассивных огнезащитных материалов и объяснены способы их действия.

Начиная с теплоизоляционного барьера, эндотермические строительные материалы, включая бетон и гипс, а также новый раствор на основе связующих, активируемых щелочами. Бетон считается огнестойким, однако в некоторых конкретных случаях плотный и низко проницаемый бетон (например, бетон с высокими эксплуатационными характеристиками) имеет тенденцию взрываться под воздействием огня.

Несколько пожаров в конструкциях привели к растрескиванию бетонных элементов, что поставило под угрозу устойчивость конструкции. В этом конкретном случае полипропиленовые волокна (ПП), добавленные в бетонную смесь, действуют как система пассивной защиты.

Другая группа пассивных огнезащитных материалов – это вспучивающиеся и абляционные материалы для защиты стальных конструкций.

Приведем данные для проектирования пассивной противопожарной защиты.

Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для проектирования пассивной противопожарной защиты

Наименование помещения	Категория по НПБ 5–2000	Численность людей, чел
Производственное помещение		
Участок подготовки сыпучего сырья (А6)	Д	9
Отделение подготовки жидкого сырья (А1)	А	7
Отделение диспергирования (А4)	А	4
Отделение составления эмалей (А2)	В	2
Отделение фасовки (А5)	А	30
Промежуточный склад готовой продукции	Б	6

Продолжение таблицы 1

Административно-бытовые помещения	Количество людей, чел	
Административные кабинеты	50	
Конференц-зал	47	
гардеробы	58	
Технико-экономические показатели	Единица измерения	Значение
Производственного здания		
Количество этажей	шт.	2
Высота этажа	м	4
Количество координационных осей по	шт.	13
Количество координационных осей по вертикали	шт.	8
Расстояние между осями по горизонтали	м	9
Расстояние между осями по вертикали	м	9
Наличие подвала		да
Наличие технического этажа		да
Используемое в технологическом процессе вещество (масса вещества 250 кг)		у-спирит
Генеральная планировка объекта		
Степень огнестойкости здания склада		II
Категория здания склада		Б
Площадь застройки здания склада		700
Степень огнестойкости гаражного блока		IIIА
Площадь застройки гаражного блока		650
Количество цистерн с сырьем		6
Объем одной цистерны		11
Площадь территории объекта		4,5
Преобладающее направление ветра		ЮЗ

Отделение подготовки жидкого сырья А1 должно располагаться на самом верхнем этаже. Отделение фасовки А5, диспергирования А4 и участок подготовки сыпучего сырья А6 должны располагаться на первом этаже. Отделения приготовления замесов А3 и составления эмалей А2 должны располагаться на промежуточном этаже между оговоренными выше отделениями. Отделение приготовления замесов А3 необходимо разместить

на этажерке в отделении диспергирования А4 на уровне второго этажа. Отделения подготовки жидкого сырья А1, диспергирования и смесителей должны занимать не менее 20% от суммарной площади производственных помещений – каждое. Промежуточный склад готовой продукции должен занимать не менее 10% суммарной площади.

В производственном здании необходимо разместить административно-бытовые помещения и разместить их смежно с производственными в форме пристройки, вставки или встройки.

Для нормального протекания производственного процесса в здании необходимо предусмотреть системы отопления и вентиляции. Для сообщения между этажами предусмотреть производственный лифт. Для обеспечения работы инженерного оборудования необходимо предусмотреть помещения:

- венткамеру системы приточной вентиляции;
- венткамеру системы вытяжной вентиляции;
- бойлерную;
- трансформаторную подстанцию;
- электрощитовую (помещение для распределительного устройства);
- помещение для лифтового оборудования.

«Трансформаторную подстанцию и электрощитовую разместить на первом этаже под административно-бытовыми помещениями, бойлерную – в подвале или на первом этаже, помещение для лифтового оборудования – на верхнем или техническом этаже над лифтовой шахтой. Венткамеру системы приточной вентиляции разместить на нижних этажах, вытяжной – на верхнем. Допускается вентиляционное оборудование размещать на кровле» [3].

Во всех расчетах, связанных с производственной частью здания, применяемое вещество – у-спирит.

«Здание запроектировано со смешанной конструктивной схемой:

- производственная часть – с каркасной схемой;

– административно-бытовая часть – бескаркасная с несущими кирпичными стенами» [3].

Материал конструкций здания выбирается самостоятельно.

Предприятие необходимо запроектировать не отдельной огороженной территории, на которой расположить производственное здание, склад, гаражный блок и парк цистерн.

Предварительна планировка здания, исходные данные:

а) Количество осей:

– по горизонтали – 13;

– по вертикали – 8;

б) Расстояние между осями:

– по горизонтали – 9000;

– по вертикали - 9000.

в) Количество этажей - 2.

г) Подвал и технический этаж имеются.

В проектируемом здании имеется этажерка, то есть в перекрытии между первым и вторым этажом отсутствует сплошная преграда.

Тогда в соответствии с примечанием к таблице Г1 принимая во внимание требуемая степень огнестойкости  $С_{Отр} = I$

«Помещения категорий А, Б необходимо разместить у наружных стен» [3].

«Трансформаторную подстанцию и электрощитовую не допускается располагать под помещениями душевых и помещениями с массовым пребыванием людей» [3].

«Вставки и встройки не допускается размещать в зданиях категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности, поэтому выполняем административно-бытовую часть в виде пристройки» [3].

«Заданные в данном пункте позиции помещений по единой для всех этажей экспликации сохраняются при выполнении всех остальных разделов» [4].

В таблице 2 представлена экспликация помещений.

Таблица 2 – Единая для всех этажей экспликация помещений

Наименование	Категория	Обоснование категории
Подвал		
Помещение для размещения АУП	-	-
Бойлерная	Д	табл. 1 [4]
Первый этаж		
Отделение фасовки	А	табл. 1 [4]
Участок подготовки сыпучего сырья	Д	табл. 1 [4]
Отделение диспергирования	А	табл. 1 [4]
Промежуточный склад	Б	табл. 1 [4]
Раздевалка	-	-
Душевые	-	-
Гардероб	-	-
Коридор	-	-
Электрощитовая	Д	табл. 1 [4]
Трансформаторная	Д	табл. 1 [4]
Пожарный пост	Д	табл. 1 [4]
Вестибюль	-	-
Конференцзал	-	-
Кладовая	-	-
Санитарные узлы	-	-
Приточная венткамера №1	Д	п. 7.100 [5]
Приточная венткамера №2	Д	п. 7.100 [5]
Тамбуры	-	-
Второй этаж		
Отделение составления эмалей	В	по заданию
Отделение подготовки жидкого сырья	А	по заданию
Отделение диспергирования	А	по заданию
Коридор	-	-
Кладовая	-	-
Санитарные узлы	-	-
Административные кабинеты	-	-
Буфет	-	-
Склад буфета	-	-
Холл	-	-
Приемная	-	-
Медпункт	-	-
Тамбуры	-	-
Кладовая техперсонала	-	-
Технический этаж		
Лестничная клетка	-	-
Лифтовая	-	-

Шахта вытяжной вентиляции №1	А	п. 7.99 [5]
Шахта вытяжной вентиляции №2	А	п. 7.99 [5]

«Принимаются обычные лестничные клетки 1 типа, с условием выполнения тамбур-шлюзов с подпором воздуха из всех помещений категорий А и Б» [6].

«Из коридоров (поз.11) выходы принимаются по противоположным сторонам в 2 лестничные клетки (п.3.8 [6]). В административно-бытовой пристройке принимаются обычные лестничные клетка 1 типа» [6].

В таблице 3 представлены категории помещений по взрывоопасной и пожарной опасности.

Таблица 3 – Категории помещений по взрывоопасной и пожарной опасности

Наименование помещений	Площадь, м <sup>3</sup>	Категория	Обоснование
Отделение подготовки жидкого сырья (А1)	2376	В	См. раздел 2.
Отделение составления эмалей (А2)	936	В	По заданию
Отделение приготовления замесов (А3)	2250	В	См. раздел 2.
Отделение диспергирования (А4)	2259	В	См. раздел 2.
Отделение фасовки (А5)	459	Б	См. раздел 2.
Участок подготовки сыпучего сырья (А6)	1170	Д	По заданию
Промежуточный склад готовой продукции	1647	В	См. раздел 2.
Приточная венткамера №1	9	Д	п. 7.100 [5]
Приточная венткамера №2	9	Д	п. 7.100 [5]
Шахта вытяжной вентиляции №1	9	Б	п. 7.99 [5]
Шахта вытяжной вентиляции №2	9	Б	п. 7.99 [5]
Электрощитовая	67,5	Д	табл. 1 [4]
Трансформаторная подстанция	67,5	Д	табл. 1 [4]
Бойлерная	486	Д	табл. 1 [4]

В таблице 4 представлены категории здания по взрывоопасной и пожарной опасности.

Таблица 4 – Категория здания по взрывоопасной и пожарной опасности

Категория помещения	Суммарная площадь, м <sup>2</sup>	В процентах от суммарной площади, %	Вывод
Б	477	4	«Так как площадь помещений категории Б более 200 м <sup>2</sup> , здание относится к категории Б. Оборудуем помещение № 1 АУП. В этом случае, здание имеет категорию В» [15].
В	9468	81	
Д	1809	15	
Итого	11754	100	

Нет необходимости делить пол здания на пожарные отсеки по зонам. Принимаем категорию V для этого здания. Площадь этажа противопожарного отсека здания класса V по пожарной опасности составляет 10400 м<sup>2</sup>. Принимая во внимание степень огнестойкости пристройки VII, отделяем административные и бытовые пристройки огнестойкости VII степени от промышленных зданий огнестойкости степени V с противопожарными перегородками типа I.

Помещения категорий В, В1-С3 должны быть отделены друг от друга, а также комнаты и коридоры категорий D, D в корпусах IV-VI СО противопожарными перегородками типа 1, противопожарными перекрытиями типа 3 (раздел 5.6.1 [3] ), Для помещений категории В в противопожарных перегородках типа 1 предусмотрены тамбур-шлюзы типа 2 и должно быть предусмотрено постоянное давление воздуха 20 Па.

Мы предполагаем, что здание, занимаемое цокольным этажом, будет иметь категорию В1. По опасности взрыва и пожара при размещении в зданиях категорий В1-В3 цокольный этаж делится на секции площадью 3000 м<sup>2</sup> и менее противопожарными перегородками 1 типа, ширина каждой части (в расчете от внешней стены) не должна превышать 30 м.

Подземное пространство производственной части делим на три отсека. В среднем мы размещаем корпус №34 (он относится к категории D), а оставшиеся два соответствуют перечисленным требованиям.

В этом здании предусмотрены проемы шириной 1,2 м (более 0,75 м) и высотой 1,2 м (более 1,2 м), ведущие непосредственно наружу. Общая площадь проема считается не менее 0,2% от площади дома. В помещениях площадью более 1000 м<sup>2</sup> предусмотрено более одного такого проема.

Цокольный этаж с помещениями категории В1-В3 и часть перекрытия должны быть пожаробезопасными 3 типа.

В таблице 5 представлено деление здания на секции для изоляции помещений с различной пожарной опасностью.

Таблица 5 – Деление здания на секции для изоляции помещений с различной пожарной опасностью

Наименование помещения	Категория	Необходимость создания секции. Ссылка на нормы	Мероприятия по устройству
Административная часть.	Д	«Отделение от помещений категории Б (№ 1); В (№ 2, 5) и Д (№ 3)» [3].	«Устраиваем противопожарную перегородку первого типа с дверями второго типа и тамбур-шлюзами второго типа у помещения № 1» [10].
Отделение диспергирования	В	«Отделение от помещения категории В (№ 6), Д (№ 3), помещения приточной вентиляции (№ 30) лестничной клетки, лифтовой шахты» [3].	«Устраиваем перегородки первого типа (п.5.6.1 [3]) с противопожарными дверями второго типа ([10] таблица 2). Перекрытия отсутствуют по условию» [10].
Участок подготовки сыпучего сырья	Д	«Отделение от помещения категории Б (№ 1), В (№ 6)» [3].	«Устраиваем перегородки первого типа и перекрытия третьего типа над помещениями № 1 и 6» [3].
Отделение фасовки	Б	«Отделение от помещений категории В (№ 6), (Д № 29), лестничной клетки» [3].	«Устраиваем перегородки первого типа (п.5.6.1 [3]) с тамбур-шлюзами второго типа ([10] таблица 2) и перекрытия третьего типа над помещением № 1. Отделение от лестничной клетки тамбур-шлюзом второго типа» [3].

Продолжение таблицы 5

Наименование помещения	Категория	Необходимость создания секции. Ссылка на нормы	Мероприятия по устройству
Отделение диспергирования	В	«Отделение от помещения категории В (№ 2, № 5) [3] п. 5.6.1, лестничных клеток, лифтовой шахты» [3].	«Устраиваем перегородки первого типа (п.5.6.1 [3]) с противопожарными дверями второго типа ([10] таблица 2) и перекрытия третьего типа над помещением № 7» [10].
Помещение составления эмалей.	В	«Отделение от помещения категории В (№ 5), отделение от лифтовой шахты [3] п. 5.6.1, от лестничной клетки первого типа по определению» [10]	«Устраиваем перегородки первого типа (п.5.6.1 [3]) с противопожарными дверями второго типа ([10] таблица 2) и перекрытия третьего типа над помещением» [10].
Промежуточный склад готовой продукции.	В	«Отделение от лестничных клеток первого типа (по определению» [10].	«Отделение от лестничных клеток, перегородками первого типа» [3].
Отделение подготовки жидкого сырья	В	«Отделение от лестничных клеток первого типа по определению от лифтовой шахты» [10].	«Отделение от лестничных клеток, лифтовых шахт перегородками первого типа» [3].
Вытяжные венткамеры	Б	«Отделение от остального помещения технического этажа категории Д» [3].	«Устраиваем перегородки первого типа с противопожарными дверями второго типа» [10].

Размещение помещения в плане и по этажам представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Размещение помещений в плане и по этажам

Наименование помещения	Требуется разместить по заданию	Требуется по нормам, ссылка на нормы	Мероприятия по устройству
Отделение составления эмалей	Промежуточный и третий этаж	«Не противоречит ТНПА» [3].	«В соответствии с принятым технологическим процессом» [15].
Промежуточный склад	Не указано	«Не противоречит ТНПА» [3].	«В соответствии с принятым технологическим процессом» [15].
Отделение фасовки	На первом этаже	«На верхнем этаже или у наружных стен» [3].	Размещаем на первом этаже у наружной стены
Отделение диспергирования	№ 4 – на первом этаже, № 7 – над ним на этажерке.	Не противоречит ТНПА.	«В соответствии с принятым технологическим процессом» [15].
Участок подготовки сыпучего сырья	На первом этаже	«Не противоречит ТНПА» [3].	«В соответствии с принятым технологическим процессом» [15].
Участок подготовки жидкого сырья	На верхнем этаже	«Не противоречит ТНПА» [3].	«В соответствии с принятым технологическим процессом» [15].
Венткамера приточной вентиляции	На нижнем этаже	«Не противоречит ТНПА» [3].	«Размещаем в отделении фасовки и в помещении подготовки сыпучего сырья» [15].
Венткамера вытяжной вентиляции	На верхнем этаже	«Не противоречит ТНПА» [3].	«Размещаем в пределах технического этажа» [15].
Венткамера противодымной вентиляции	На крыше административной пристройки здания	«Не противоречит ТНПА» [3].	«Размещаем на крыше [15].

Венткамера вытяжной вентиляции помещений категории Б из	На верхнем этаже	«На верхнем этаже или у наружных стен, отдельно от системы вытяжной вентиляции остальных помещений» [3].	«Размещаем на тех этаже у наружной стены[15].
---	------------------	--	---

Кабинеты администрации и подсобные помещения выполнены в расширенном виде. Расширение проводится с огнестойкостью VII степени, отделенной от производственной части огнестойких зданий V степени противопожарными перегородками первого типа.

Здание подстанции и распределительного щита находится на первом этаже административно-хозяйственного корпуса с прямым выходом на улицу. Конструкция ограждения подстанции является огнестойкой с пределом возгорания 0,75 часа.

Вытяжные камеры вытяжной вентиляции категории В (позиции 27, 28) расположены на техническом этаже. Венткамеры приточных систем вентиляции категории Д (позиции 29 и 30) расположены на первом этаже. Оборудование системы противодымной вентиляции располагается непосредственно на крыше без отдельного помещения.

Здание лифтового оборудования расположено над лифтовой шахтой в отдельном пространстве на техническом этаже, а входы предусмотрены по осям 1-2 ЭЖ и ЖЗ. Вход в помещение лифтового оборудования удлинения хода осуществляется через секцию крыши, установленную по осям 7-8, К-Л.

Принимаем обыкновенные лестницы типа 1 в производственной части здания при условии проведения тамбура с атмосферным давлением во всех помещениях категории Б. Выход с противоположной стороны из коридора административной пристройки (п. 11 ) до 2 ступенек. В административных зданиях допустимы обычные лестницы типа 1.

«Для обеспечения безопасных условий работы на крыше по периметру наружных стен здания размещается решетчатый забор высотой 0,6 м над высотой кровли» [3].

Аварийные выходы 1-го класса (вертикальные) предусмотрены с кровли второго этажа административно-бытовых зданий на крышу технического этажа производственных зданий.

Кроме того, на кровле предусмотрен выход с одной ступеньки, оси 1-2, Ж-3 строительной части. В административной зоне здания представляем К-Л - выход с лестницы на крышу 7-8 оси. Дверь от подъезда до крыши - это первый вид огнестойкости.

Пожарная лестница не требуется.

Между ступенями лестничной клетки предусмотрен зазор 500 мм.

Требуемая степень огнестойкости определяется согласно [2] Таблице G1. В зависимости от :

Площадь-7920 м<sup>2</sup>; (Из-за наличия чего-то)

Количество этажей-2;

Категория здания (обозначенная) -В.

По таблице. Г1 [2] допускается. CO = V.

Требуемые пределы огнестойкости конструкций определяем по [10] таблица 5 сводим в таблицу 7.

Таблица 7 – Требуемые пределы огнестойкости конструкций

Степень огнестойкости здания	Минимальные предел огнестойкости - класс пожарной опасности строительных конструкций							
	Несущие элементы здания	Самонесущие стены	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные * (в т.ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
					Настилы, в т.ч. с утеплителем	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц

V	R 45-K1	RE 30-K1	E 15-K2	REI 45-K1	RE 15-K1	R 15-K1	REI 60-KO	R 45-KO
---	---------	----------	---------	-----------	----------	---------	-----------	---------

Кровля проектируется по пособию. «Кровли. Технические требования и правила приемки» [12].

В зависимости от требований учитывается категория пожарной опасности здания, площадь критической кровли, отсутствие мансарды (например, требуется теплая кровля, частичная эксплуатация кровли, степень огнестойкости здания). Учитываются так же долговременные характеристики эксплуатации, требования к молниезащите зданий (согласно РД 34.21.122-87, металлические кровли нельзя использовать в качестве громоотводов: здания категории А должны стоять и защищаться отдельно громоотводы).

Вся планировка здания известна. Указываем рулонную крышу проектируемого здания из битумно-полимерного рулонного материала с армированным синтетическим или стеклянным основанием на ширину (более 0,6 м).

Проектируем тротуары и площадки. Изготовленные из сборных битумно-полимерных плит с защитной облицовкой, плиты имеют толщину не менее 6 мм.

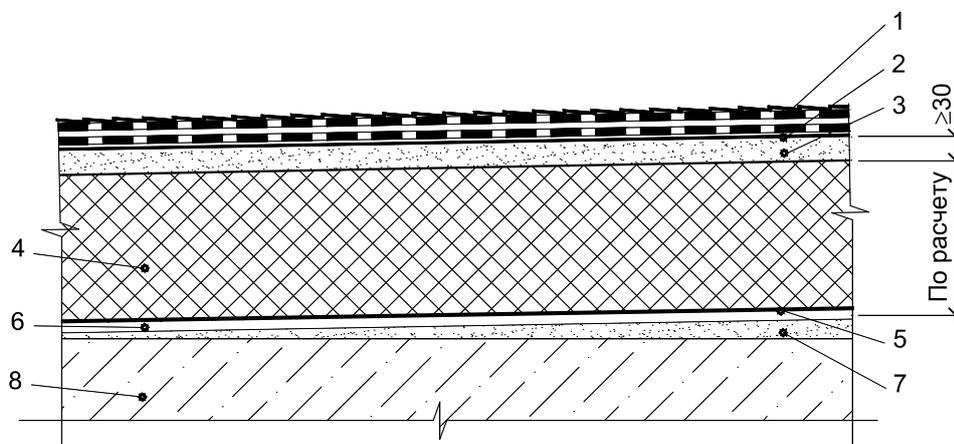
Уклон кровли составляет 5%, с учетом наличия ограниченной пешеходной нагрузки количество основных и дополнительных этажей водонепроницаемого ковра принято 3 для основного и 2 для дополнительного.

Для защиты верхнего слоя используется светлый беспыльный защитный слой из гравия с размером частиц от 5 до 10 мм и классом хладостойкости F100 и выше. Он также обеспечивает защитный слой в помещениях с техническим оборудованием.

Основание кровли выполнено со свойствами, указанными в таблице 7. В покрытии он обеспечивает пароизоляцию согласно СП 50.13330.2012 на основе битумно-полимерных пленок.

Толщина изоляционного слоя определяется на основании теплотехнических расчетов согласно СП 50.13330.2012. В качестве утеплителя мы используем минеральную вату, негорючий материал.

Состав и расположение кровельных слоев показано на рисунке 1.



- 1 — водоизоляционный ковер; 2 — грунтовка; 3 — стяжка;  
 4 — теплоизоляция; 5 — пароизоляция; 6 — выравнивающая стяжка (затирка);  
 7 — разуклонка из легкого бетона; 8 — несущая конструкция

Рисунок 1 — Неэксплуатируемая кровля с утеплителем из горючих материалов и сплошной наклейкой (наваркой) водоизоляционного ковра.

Полы проектируются по СП 29.13330.2011 «Полы».

«Для производственных помещений на первом этаже, необходимо предусмотреть искронедаящие полы (взрывопожароопасные помещения), – принимаем цементно-бетонное, для помещений № 1, 4, 6; В помещении № 3 – цементно-песчаные. по таблице приложения 1» [14].

«Второй этаж – искронедаящие (взрывопожароопасные помещения), высота 4 м – цементно-бетонное, для помещения № 5; В пожароопасном помещении № 2 – цементно-песчаные» [14].

В таблице 8 представлены Типы полов в помещениях.

Таблица 8 – Тип полов в помещениях

Наименование помещения	Тип пола	Обоснование
------------------------	----------	-------------

Отделение фасовки	«Цементно-бетонное толщиной 50 мм (допускаемое напряжение 400 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Отделение составления эмалей	«Цементно-бетонный 30 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.

Продолжение таблицы 8

Наименование помещения	Тип пола	Обоснование
Участок подготовки сыпучего сырья	«Цементно-бетонное толщиной 50 мм (допускаемое напряжение 400 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Отделение диспергирования	«Цементно-бетонное толщиной 50 мм (допускаемое напряжение 400 МПа), на втором этаже, за пределами этажерки мозаично-бетонное толщиной 25 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Отделение подготовки жидкого сырья	«Цементно-бетонный 25 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Промежуточный склад готовой продукции	«Цементно-бетонный 30 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Раздевалка	«Керамические плиты, имеющие рифленую лицевую поверхность» [14].	[14] таблица 2.
Душевые	«Керамические плиты, имеющие рифленую лицевую поверхность» [14].	[14] таблица 2.
Гардероб	«Керамические плиты» [14].	[14] таблица 2.
Коридор	«Керамические плиты с рифленой поверхностью» [14].	[14] таблица 2.
Электрощитовая	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].м	[14] таблица 1.
Трансформаторная	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Бойлерная	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Пожарный пост	«Керамические плиты» [14].	[14] таблица 2.

Вестибюль	«Шлакоситалловые плиты, имеющие рифленую лицевую поверхность» [14].	[6] п. 3.41.; [14] таблица 2.
Конференцзал	«Дощатый пол» [14].	[14] таблица 2.
Сан. Узлы.	«Керамические плиты, имеющие рифленую лицевую поверхность» [14].	[14] таблица 2.
Административные кабинеты	«Дощатый пол» [14].	[14] таблица 2.

### Продолжение таблицы 8

Наименование помещения	Тип пола	Обоснование
Кладовая	«Дощатый пол» [14].	[14] таблица 2.
Буфет	«Керамические плиты» [14].	[14] таблица 2.
Склад буфета	«Керамические плиты» [14].	[14] таблица 2.
Холл	«Керамические плиты с рифленой поверхностью» [14].	[14] таблица 2.
Приемная	«Дощатый пол» [14].	[14] таблица 2.
Лестничная клетка	«Керамические плиты» [14].	[14] таблица 2.
Лифтовая	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Шахта вытяжной вентиляции № 1	«Цементно-бетонный 30 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Шахта вытяжной вентиляции № 2	«Цементно-бетонный 30 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Приточная венткамера № 1	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Приточная венткамера № 2	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Медпункт	«Керамические плиты с рифленой поверхностью» [14].	[14] таблица 2.

Тамбуры	«Мозаично-бетонное покрытие толщиной 25 мм (допускаемое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Кладовая техперсонала	«Цементно-бетонный 25 мм (допустимое напряжение 300 МПа)» [14].	[14] таблица 1.
Лифт	«По материалам завода-изготовителя» [14].	-

Противопожарные стены проектом не предусмотрены.

Огнеупорная перегородка.

В этом проекте мы предлагаем первый тип огнестойких перегородок, их расположение отражено в таблице 5.

Огнестойкость перегородок - EI 45, K0 ([10] Таблица 2), огнестойкость интерфейсных устройств с различными конструкциями - EI 45 и выше ([10] с. 4.11).

Подвесные потолки в проекте не предусмотрены.

«В перегородках ставим противопожарные двери второго типа (ЭИ 30), тамбур второго типа (перегородки первого типа, перекрытия второго типа (не ниже третьего), заполнение проема второго типа. ) в таблице 3» [10].

Противопожарный потолок.

«В проекте предлагаются огнестойкие потолки третьего типа РЭИ 45, K0, тип 2 заполнения проемов» [10].

«Противопожарные перекрытия должны примыкать к наружным стенам класса пожарной опасности K0» [3].

«Во всех противопожарных перегородках (первого типа) и входных дверных шлюзах предусмотрена установка противопожарных дверей, ворот второго типа» [10].

«Огнестойкость этого барьера равна EI 30. (Используется дверь без светопрозрачного элемента» [10].

Установка противопожарных окон.

Нет необходимости устанавливать противопожарные окна в помещении.

Проектирование противопожарных отсеков.

«Противопожарные отсеки снабжены дверным замком второго типа (помещение 1)» [10].

Типы элементов: плита 3 (REI 45), перегородка 1 (EI 45), дверь 2 (EI 30). Таблицы 3 и 4.

В проекте не предусмотрены открытые тамбуры.

В таблице 9 представлен свод по противопожарным преградам.

Таблица 9 – Противопожарные преграды

Предел огнестойкости, мин.	Материал	Минимальные параметры, мм	Обоснование	Дополнительные требования.	Серия для стандартных изделий.
Противопожарная перегородка первого типа					
EI 45	Железобетон.	t = 130 мм. с = 25 мм	[11] таблица 6.5	«Противопожарные перегородки в помещениях с подвесными потолками должны разделять пространство над ними. Не должны иметь не заделанных проемов» [7].	-
«Принимается в качестве противопожарной – перегородка, запроектированная в подразделе 2.2, с учетом выполнения дополнительных требований» [7].					
Противопожарные перекрытия третьего типа					

REI 45	ж/б	ширина 70, расстояние до оси арматуры 25	[11] таблицы 6.3, 6.7.	«Противопожарные перекрытия должны прилегать к наружным стенам из негорючих материалов, без зазоров. Не должны иметь не заделанных проемов» [7].	-
«Применяется в качестве противопожарного перекрытия – запроектированное в подразделе 2.2 с учетом выполнения дополнительных требований» [7].					
Противопожарная дверь второго типа					

Продолжение таблицы 9

Предел огнестойкости, мин.	Материал	Минимальные параметры, мм	Обоснование	Дополнительные требования.	Серия для стандартных изделий.
EI 30	«Дверь противопожарная стальная ДССГП21-9ЛП по сборно-сварной конструкции, внешнее полотно ворот из стального листа Ст3; Дверное полотно заполняется ламелями из негорючей минеральной ваты (плита) «PAROK» (Литва), а на узле коробки и раме дверного полотна устанавливается прокладка из асбестового волокна АСТ-1» [7].	Размеры: 2060×1020 B = 52	ТУ РБ 99002239.191-99.	«Дверь оборудуется устройствами для самозакрывания и уплотнениями в притворах» [7].	-
Противопожарные ворота					

EI 30	«С двойной стенкой, строительная глубина 72 мм, состоит из отделочных панелей, имеющих высоту ворот, которые соединяются между собой непосредственно на месте монтажа. Материал: стальные листы без внутреннего напряжения толщиной 1,0 мм. Изоляция с помощью изолирующих плит. Вес 40 кг/м» [7].	3000×2500 B = 72	ТУ 5284-004-18897806-2010	«Ворота оборудуются устройствами для самозакрывания и уплотнениями в притворах» [7].	-
-------	---	---------------------	---------------------------	--	---

#### Продолжение таблицы 9

Предел огнестойкости, мин.	Материал	Минимальные параметры, мм	Обоснование	Дополнительные требования	Серия для стандартных изделий.
Тамбур-шлюзы					
Перегородки – EI -45	Железобетон.	t = 130 мм. c = 25 мм	[11] таблица 6.5		
Перекрытия – REI - 45	Железобетон	t = 70 мм c = 25 мм	[11] таблица 6.3		
Двери аналогичны остальным противопожарным					

Далее проведем проектирование противовзрывной защиты здания

Произведем расчет площади легкобрасываемых конструкций.

В таблице 10 представлена площадь легкобрасываемых конструкций

Таблица 10 – Площадь ЛСК

Наименование помещения	Объем помещения, м <sup>3</sup>
Отделение фасовки	1836
Отделение диспергирования	9000
Участок подготовки жидкого сырья	9504
Промежуточный склад готовой продукции	6588
Отделение диспергирования	9036

Применяемое вещество у-спирит (C<sub>10,5</sub>H<sub>21,0</sub>)

Уайт-спирит, условная формула C<sub>10,5</sub>H<sub>21,0</sub>, легковоспламеняющаяся жидкость. Молекулярная масса 147; плотность 760—790 кг/м<sup>3</sup>; пределы выкипания 140—200 °С;  $\lg p = 7,13623 - 2218,3/(273,15 + t)$  при 20— 80 °С; в воде не растворим. Температура вспышки: 33—36 °С (з. т.), 43 °С (о. т.); температура воспламенения 47 °С; температура самовоспламенения 250 °С; концентрационные пределы распространения пламени 0,7— 5,6% (об.); температурные, пределы распространения пламени: нижний 33 °С, верхний 68 °С; нормальная скорость распространения пламени 0,52 м/с; минимальная энергия зажигания 0,33 мДж при 70 °С. [17].

По таблице 1 [4], помещения № 1, № 4, № 5, № 7 – не могут быть отнесены к категории А (температура вспышки более 28 °С.

В качестве аварийной ситуации принимаем розлив 250 кг уайт-спирита.

Обоснование необходимости применения ЛСК.

Объем пролившейся жидкости  $V = m/\rho = 250 \text{ кг}/780 \text{ кг/м}^3 = 0,32 \text{ м}^3$ ;

Площадь испарения определяется из условия что 1 л уайт-спирита разливается на 1 м<sup>2</sup> пола помещения [4], то есть площадь испарения  $S_{\text{исп.}} = 320 \text{ м}^2$ . Давление насыщенных паров определяем по формуле Антуана с учетом максимальной температуры воздуха для Московской области  $t_r = 36^\circ \text{ С}$ .

$$P_H = 10^{A - \frac{B}{C + t_p}}; \quad (1)$$

где  $P_H$  - давление насыщенного пара при данной температуре, мм рт.ст.,  
кПа;

$t_p$  - рабочая (заданная) температура, °С;

$A, B, C$  - константы уравнения Антуана из справочной литературы [4].

Тогда

$$P_H = 10^{7,13623 - \frac{2218,3}{273,15 + 36}} = 0,913 \text{ кПа};$$

Интенсивность испарения с поверхности жидкости:

$$W = 10 - 6 \times \eta \times \sqrt{M} \times P_H \quad (2)$$

где  $W$  – интенсивность испарения, кгс –1 м –2;

$\eta$  – коэффициент, принимаемый по таблице 4;

$M$  – молярная масса горючего, кг × кмоль–1;

$P_H$  – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_p$  [4].

«Принимая температуру воздуха в помещении, равной максимальной: 36 °С по таблица 3 при  $v_{\text{возд.}} = 1$  м/с с помощью экстраполяцией определяем» [4]:

При  $v_{\text{возд.}} = 1$  м/с и  $t = 30$  °С;

$$\eta_1 = 5,6;$$

при  $v_{\text{возд.}} = 1$  м/с и  $t = 35$  °С;

$$\eta_2 = 4,6$$

тогда при  $v_{\text{возд.}} = 1$  м/с и  $t = 36$  °С

$$\eta = 5,6 - \frac{5,6 - 4,6}{35 - 30} (36 - 30) = 4,4;$$

Получаем:

$$W = 10 - 6 \times 4,4 \times \sqrt{147} \times 0,913 = 4,87 \times 10 - 5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{с}};$$

Определяем время испарения жидкости.

«Согласно п. 5.5. масса паров жидкости, поступивших в помещение, равна массе жидкости, испарившейся с поверхности разлива. Тогда время полного испарения жидкости» [4]:

$$T_{\text{исп.}} = \frac{m_{\text{ж}}}{W \times F_{\text{исп.}}} = \frac{250}{4,87 \times 10^{-5} \times 320} = 16042 \text{ с.} \quad (3)$$

где  $T_{\text{исп.}}$  – время испарения, (полное испарение жидкости, но не более 3600 с);

$m_{\text{ж}}$  – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$W$  – интенсивность испарения, кгс<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>;

$F_{\text{исп.}}$  – площадь испарения, м<sup>2</sup> (определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов разливается на площади на 1 кв.м пола помещения) [4].

«Так как время полного испарения жидкости более 3600 с, то для дальнейших расчетов принимаем  $T_{\text{исп.}} = 3600 \text{ с}$ » [4].

Определяем массу горючих паров (без учета работы аварийной вентиляции)

$$m = W \times F_{\text{исп.}} \times T_{\text{исп.}} \quad (4)$$

$$m = 4,87 \times 10 - 5 \times 320 \times 3600 = 56,1 \text{ кг.}$$

где  $m$  – масса горючих паров

$W$  – интенсивность испарения, кгс<sup>-1</sup>м<sup>-2</sup>

$T_{\text{исп.}}$  – время испарения;

$F_{\text{исп.}}$  – площадь испарения, м<sup>2</sup> (определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов разливается на площади на 1 кв.м пола помещения) [4].

С учетом работы аварийной вентиляции (кратность равна 5 1/ч по [5] таблица ф1) масса паров уменьшится в К раз.

$$K = AT + 1,$$

где  $A = 5$  – кратность;

$T = 3600 \text{ с} = 1 \text{ час.}$

$$K = 5 \times 1 + 1 = 6,$$

То есть  $m_p = 56,1/6 = 9,35 \text{ кг.}$

Плотность паров жидкости:

$$\rho_{\text{г. п.}} = \frac{M}{V_0 \times (1 + 0,00367 \times t_p)} \quad (5)$$

$V_0 = 22,413 \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}}$  – молярный объем.

$$\rho_{\text{г. п.}} = \frac{147}{22,413 \times (1 + 0,00367 \times 36)} = 5,793 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

где  $\rho_{\text{г,п}}$  – плотность паров при расчетной температуре

$M$  – молярная масса, кг·кмоль<sup>-1</sup>;

$V_0$  – молярный объем [4].

Свободный объем помещения:

$$V_{\text{св. (4)}} = 0,8 \times V_{\text{пом.}} = 0,8 \times 9000 = 7200 \text{ м}^3 \quad (6)$$

где  $V_{\text{св}}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{пом.}}$  – свободный объем помещения, рассчитываемый с учетом объема оборудования или принимаемый равный 0,8 от геометрического объема [4].

«Определяем стехиометрическую концентрацию паров жидкости и стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания метилового спирта» [4]

$$\beta = nc + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 10,5 + \frac{21}{4} - \frac{0}{2} = 15,75 \quad (7)$$

$$C_{\text{ст.}} = \frac{100}{1+4,84 \times \beta} = \frac{100}{1+4,84 \times 15,75} = 1,295 \% \text{ (объемных).}$$

где  $\beta$  – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

$n_c$ ,  $n_n$ ,  $n_o$ ,  $n_x$  – число атомов С, Н, О и галоидов (N, Cl, Br, I, F) в молекуле горючего вещества;

$k_n$  — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать  $k_n$  равным 3;

$C_{\text{ст.}}$  — стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ [4].

Определяем избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для уайт-спирита для данных условий:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \times \frac{m_p \times Z}{V_{\text{св}} \times \rho_{\text{г.п.}}} \times \frac{100}{C_{\text{ст.}}} \times \frac{1}{K_n} \quad (8)$$

где  $Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве по [4] таблица 2 для ЛВЖ, нагретой выше температуры вспышки (33 – 36 °С)  $Z = 0,3$ ;

$K_{н.}$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатность процесса горения. Допускается принимать  $K_{н.} = 3$  [4] страница 5.

$P_{max.}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической смеси в замкнутом объеме;

$$P_{max} = 900 \text{ кПа};$$

$P_o = 101 \text{ кПа}$  – начальное давление» [4].

$$\Delta P(4) = (900 - 101) \times \frac{9,35 \times 0,3}{7200 \times 5,793} \times \frac{100}{1,295} \times \frac{1}{3} = 1,4 \text{ кПа}$$

Вывод: согласно [4] таблица 1, данное помещение следует отнести к категории «В» – пожароопасные (1,4 кПа < 5 кПа).

Согласно [3] п. 5.6.5 в данном помещении нет необходимости в установке легкобрасываемых конструкций.

«Ввиду того, что площадь пола помещений (расчетная площадь розлива) во всех помещениях достаточна для расчетной площади испарения, а также принимая, что все параметры помещений, за исключением свободного объема, идентичны, произведем расчет избыточного давления взрыва для других помещений» [3]:

$$V_{св.}(1) = 0,8 \times V_{пом.}(1) = 0,8 \times 1836 = 1469 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V_{св.}(5) = 0,8 \times V_{пом.}(5) = 0,8 \times 9504 = 7603 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V_{св.}(6) = 0,8 \times V_{пом.}(6) = 0,8 \times 6588 = 5270 \text{ (м}^3\text{)};$$

$$V_{св.}(7) = 0,8 \times V_{пом.}(7) = 0,8 \times 9036 = 7229 \text{ (м}^3\text{)}.$$

$$\Delta P(1) = (900 - 101) \times \frac{9,35 \times 0,3}{1469 \times 5,793} \times \frac{100}{1,295} \times \frac{1}{3} = 39,3 \text{ кПа};$$

$$\Delta P(5) = (900 - 101) \times \frac{9,35 \times 0,3}{7603 \times 5,793} \times \frac{100}{1,295} \times \frac{1}{3} = 1,3 \text{ кПа};$$

$$\Delta P(6) = (900 - 101) \times \frac{9,35 \times 0,3}{5270 \times 5,793} \times \frac{100}{1,295} \times \frac{1}{3} = 1,9 \text{ кПа};$$

$$\Delta P(7) = (900 - 101) \times \frac{9,35 \times 0,3}{7229 \times 5,793} \times \frac{100}{1,295} \times \frac{1}{3} = 1,4 \text{ кПа.}$$

Из расчетов видно, что оборудованию ЛСК подлежит только помещение № 1, поскольку согласно [4] таблица 1, данное помещение следует отнести к категории «Б» - взрывопожароопасное ( $39,3 \text{ кПа} > 5 \text{ кПа}$ ). Согласно [3] п. 5.6.5 в данном помещении необходимо установить легкобрасываемых конструкций (ЛСК).

Помещения № 5, № 6 и № 7, не нуждаются в установке ЛСК, поскольку [4] таблица 1, данные помещения следует отнести к категории «В» - пожароопасные (1,3; 1,9 и 1,4 кПа  $< 5 \text{ кПа}$ ).

Определение площади легкобрасываемых конструкций.

«Согласно примечаниям 2 и 4 к таблице 1 принимаем, что строительные конструкции и оборудование занимают 20 % объема помещения. Объем, занимаемый крупногабаритными конструкциями, принимаем равным 60 % загроможденного объема, мелкогабаритными – 40%» [16].

Расчетная нормальная скорость распространения пламени:

$$U_{н.р.} = 0,55 \times U_{н.мах} = 0,55 \times 0,52 = 0,286 \text{ м/с} \quad (9)$$

где  $U_{н.мах}$  – максимальная скорость распространения пламени [16].

Массовые концентрации горючего в горючей среде определяем по [16] ф. В.1 и В. 3 (в приложении В).

$$C_{нкпр.} = \frac{10 \times M \times C_{н.}}{22,413 \times (1 + 0,00367 \times t_p)} \quad (10)$$

$$C_{нкпр.} = \frac{10 \times 147 \times 0,7}{22,413 \times (1 + 0,00367 \times 36)} = 40,6 \frac{\text{г}}{\text{м}^3};$$

$$C_{мах.} = \frac{10 \times M \times C_{ст.}}{22,413 \times (1 + 0,00367 \times t_p)} \quad (11)$$

$$C_{max} = \frac{10 \times 147 \times 1,295}{22,413 \times (1 + 0,00367 \times 36)} = 75 \frac{\text{г}}{\text{м}^3};$$

где  $C_{НКПР}$  – нижний концентрационный предел распространения

пламени, % (об);

$M$  – молярная масса,  $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$  [4].

Коэффициент степени заполнения объема помещения взрывоопасной смесью и ее участия во взрыве [16]:

$$\mu_v = \frac{2000 \times m_p \times Z}{V_{св.} \times (C_{НКПР} + C_{max})} \quad (12)$$

$$\mu_v = \frac{2000 \times 9,35 \times 0,3}{1469 \times (40,6 + 75)} = 0,033.$$

где  $m_p$  – масса газа, поступившего в окружающее пространство (масса газа в облаке ТВС), кг;

$Z$  – коэффициент участия горючего во взрыве

$V_{св.}$  – свободный объем помещения,  $\text{м}^3$  [4].

Расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением [16]:

$$\rho_0 = \frac{0,036 \times \mu_v^* + 1,294}{1 + 0,00367 \times t_p} \quad (13)$$

где:

$$\mu_v^* = \mu_v / Z = 0,033 / 0,3 = 0,11;$$

$$\rho_0 = \frac{0,036 \times 0,11 + 1,294}{1 + 0,00367 \times 36} = 1,15 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

«Определение объема помещения, в котором происходит горение взрывоопасной смеси» [16].

«Объем пламени» [16]:

$$V_{\text{пл.}} = 6,53 \times \mu v \times V_{\text{пом.}} = 6,53 \times 0,033 \times 1836 = 396 \text{ м}^3 \quad (14)$$

Тогда по [16] условие 11 при  $V_{\text{пл.}} < V_{\text{пом.}}$ . Применяем:

$$V = V_{\text{пл.}} = 396 \text{ м}^3;$$

показатель интенсивности взрывного горения.

По [16] таблица 1 при  $V = 396 \text{ м}^3$ , интерполируя, находим:

$$\alpha_{\text{МГ}} = 6 + (10 - 6)/(1000 - 100) \times (396 - 100) = 7,32; \quad (15)$$

$$\alpha_{\text{КГ}} = 4 + (6 - 4)/(1000 - 100) \times (396 - 100) = 4,66 \quad (17)$$

Тогда для 60 % крупногабаритных и 40 % малогабаритных строительных конструкций и оборудования:

$$\alpha = 0,6 \times 4,66 + 0,4 \times 7,32 = 5,72 \quad (18)$$

«Избыточное давление в помещении принимается» [16]:

$$\Delta P_{\text{доп.}} = 5 \text{ кПа}$$

«Определяем расчетную степень сжатия продуктов горения при взрыве» [16]:

$$\varepsilon_c = 8.$$

Коэффициент, учитывающий степень заполнения объема помещения взрывоопасной паровоздушной смесью [16]:

$$\mu_1 = \frac{0,01 \times \Delta P_{\text{доп.}}}{\varepsilon_c - 1} = \frac{0,01 \times 5}{8 - 1} = 0,00714 \quad (19)$$

$$\mu_2 = \frac{1,3}{\varepsilon_c} = \frac{1,3}{8} = 0,1625$$

Получаем:

$$\mu_1 = 0,00714 < \mu_V = 0,033 < \mu_2 = 0,1625, \text{ тогда}$$

$$\beta_{\mu} = \frac{\mu_{V_2} - \mu_{V_1}}{\mu_{V_2} - \mu_{V_1}} = \frac{0,033 - 0,00714}{0,1625 - 0,00714} = 0,17 \quad (20)$$

$$K_{\phi} = \frac{0,5 \times (b_{\Pi}^2 + a_{\Pi}^2)}{\sqrt[3]{V_{\text{пом.}}^2}} = \frac{0,5 \times (27^2 + 18^2)}{\sqrt[3]{1836^2}} = 3,5 \quad (21)$$

Т.к.  $K_{\phi} > 1$ , принимаем  $K_{\phi} = 1$  и минимальная площадь ЛСК в наружном ограждении помещения:

$$S_{\text{ЛСК}}^{\text{min}} = \frac{0,105 \times U_{\text{н.р.}} \times \alpha \times (\varepsilon_c - 1) \times \beta_{\mu} \times K_{\phi} \times \sqrt[3]{V_{\text{СВ}}^2} \times \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{\Delta P_{\text{доп.}}}} \quad (22)$$

$$S_{\text{ЛСК}}^{\text{min}} = \frac{0,105 \times 0,286 \times 5,72 \times (8 - 1) \times 0,17 \times 1 \times \sqrt[3]{1469^2} \times \sqrt{1,15}}{\sqrt{5}} = 12,7 \text{ м}^2$$

«Проектирование конструктивного исполнения легкобрасываемых конструкций» [16].

В качестве ЛСК применяем остекление толщиной 3 мм.

Выбор оконных проемов.

«Принимаем по СТБ 939-93 для здания оконные проемы 6020×1220 мм. Тогда в качестве ЛСК для снижения избыточного давления взрыва в помещении получаем оконный переплет, состоящий из блоков по 4 стекла длиной 1355 мм и высотой 980 мм (согласно СТБ 939-93 ширина рамы оконного переплёта 120 мм). Размеры стекол «в свету»: 980×1355 мм» [16].

Определяем расчетные размеры стекол:

$$a_{\text{ст.}} = a_{\text{пр.}} + 3 h_{\text{ст.}} \quad (23)$$

$$b_{\text{ст.}} = b_{\text{пр.}} + 3 h_{\text{ст.}} \quad (24)$$

Тогда  $h_{\text{ст.}} = 3 \text{ мм}$  – толщина стекла.

$$a_{\text{ст.}} = 980 + 3 \times 3 = 989 \text{ мм} = 0,989 \text{ м};$$

$$b_{ст.} = 1355 + 3 \times 3 = 1364 \text{ мм} = 1,364 \text{ м.}$$

«Находим площадь стекла» [16]:

$$\begin{aligned} S_{ст.} &= a_{ст.} \times b_{ст.} \\ S_{ст.} &= 0,989 \times 1,364 = 1,389 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (25)$$

«Коэффициент, зависящий от соотношения сторон стекла» [16]:

$$\lambda_{ст.} = \frac{a_{ст.}}{b_{ст.}} = \frac{0,989}{1,364} = 0,725 \quad (26)$$

По таблицам 4 и 5 [16] с помощью линейной интерполяции определяем коэффициенты  $K_{sh}$  и  $K_{\lambda}$ .

$$K_{sh} = 0,320 - \frac{0,320-0,280}{1,4-1,2} (1,389 - 1,2) = 0,282; \quad (27)$$

$$K_{\lambda} = 1,00 + \frac{1,01-1,00}{0,8-0,7} (0,725 - 0,7) = 1,0025. \quad (28)$$

Значение приведенного давления вскрытия одинарного оконного остекления:

$$\Delta P_{доп.}^* = \frac{\Delta P_{доп.}}{K_{sh} \times K_{\lambda}} = \frac{5}{0,282 \times 1,0025} = 17,59 \text{ кПа} \quad (29)$$

Коэффициент вскрытия одинарного остекления при взрыве определяем по [16] таблица 2 с помощью линейной интерполяции:

$$\begin{aligned} \Delta P_{доп.}^* &= 17,59 \text{ кПа;} \\ K_{вскр.} &= 0,936 + \frac{0,939 - 0,936}{18 - 17} \times (17,59 - 17) = 0,9378 \end{aligned}$$

«Площадь ЛСК в наружном ограждении помещения при использовании одинарного остекления» [16]:

$$S_{\text{ЛСК}} \geq \frac{S_{\text{min}}^{\text{ЛСК}}}{K_{\text{вскр}}^1} = \frac{12,7}{0,9378} = 13,5 \text{ м}^2;$$

«Для трех оконных проемов (в каждом межколонном участке по одному) суммарная площадь остекления составит» [16]:

$$S_{\text{общ.}} = (1,389 \times 4) \times 3 = 16,6 \text{ м}^2,$$

Этой площади достаточно для обеспечения защиты от избыточного давления.

### **3.2 Проведение расчета уровня пожарного риска**

Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

- анализа пожарной опасности объекта защиты;

- определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Определение расчетных величин пожарного риска проводится по следующим методикам:

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 № 382)

Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404)

Расчеты по оценке пожарного риска оформляются в виде отчета, в который включаются:

- наименование использованной методики определения расчетных величин пожарного риска
- описание объекта защиты, в отношении которого проведен расчет по оценке пожарного риска;
- результаты проведения расчетов по оценке пожарного риска;
- перечень исходных данных и используемых справочных источников информации;
- вывод об условиях соответствия (несоответствия) объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

Для выполнения расчетов по оценке пожарного риска эксперты используем следующее программное обеспечение.

«Токси<sup>+Risk</sup>» (версия 4.4.1), разработанный ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», имеет

свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615864 от 22.10.2009, выданное Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам и сертификат соответствия № РОСС RU.СП15.Н00778 от 24.12.2014, выданный Органом по сертификации программной продукции в строительстве ООО «ЦСПС» [18].

«Программный комплекс «FireCat», имеет сертификат соответствия № РОСС RU.0001.11СП15 от 26.08.2014, выданный Органом по сертификации программной продукции в строительстве ООО «ЦСПС» и заключение Уральского института ГПС МЧС России о возможности использования программного комплекса «FireCat» для расчета индивидуального пожарного риска.

Программный комплекс «FireCat» состоит из трех компонентов:

- программа «PyroSim» для моделирования пожара, является графическим интерфейсом для FDS – полевой модели моделирования распространения ОФП;
- программа «Pathfinder» для моделирования эвакуации людей при пожаре, реализует модель индивидуально-поточного движения людей при эвакуации;
- программа «FireRisk» для обработки результатов, определения величины индивидуального пожарного риска и формирования отчета» [14].

Трехмерная модель производственного цеха с административно-бытовым корпусом, созданная в программе «PyroSim» на рисунках 2-6.

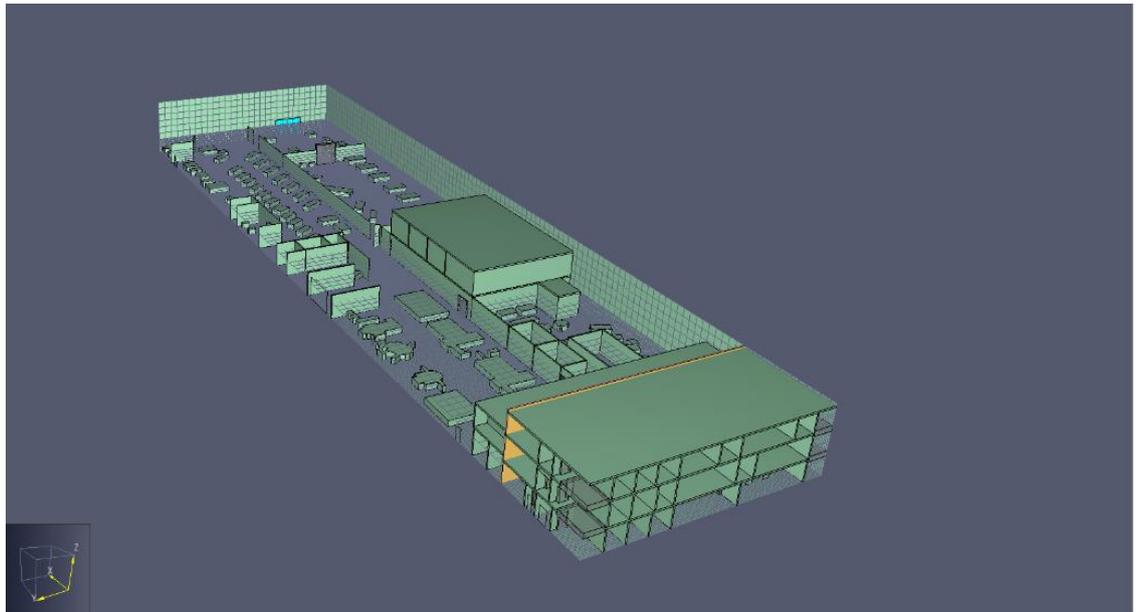
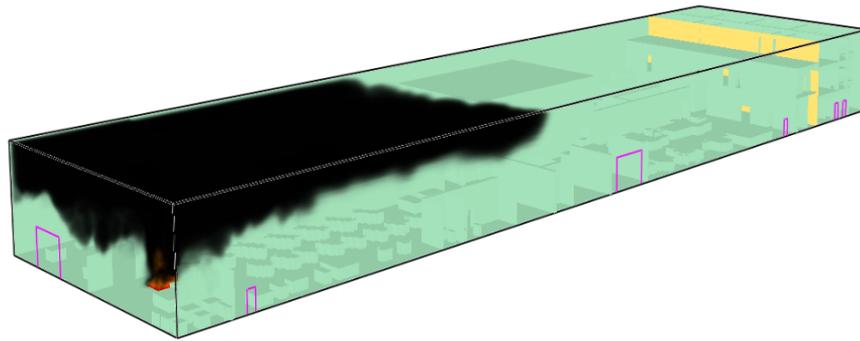


Рисунок 2 – Распространение опасных факторов пожара через 30 сек. после возгорания



Frame 102

983 (0x102)

Рисунок 3 – Распространение опасных факторов пожара через 150 сек. после возгорания

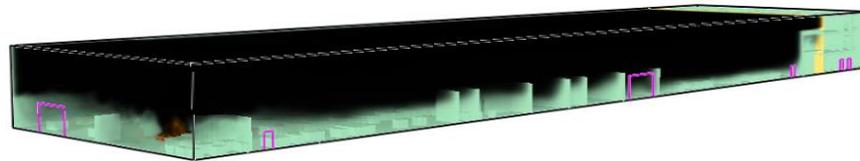


Рисунок 4 – Распространение опасных факторов пожара через 300 сек. после возгорания

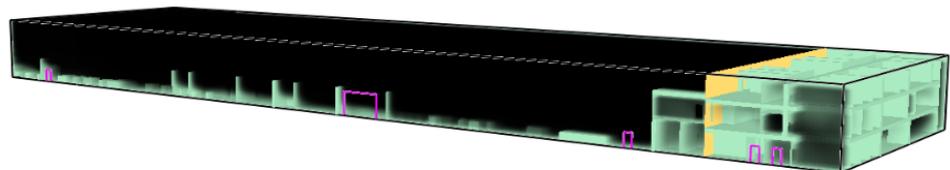


Рисунок 5 – Трехмерная модель с распределением рабочих мест полученная с помощью программы «Pathfinder»

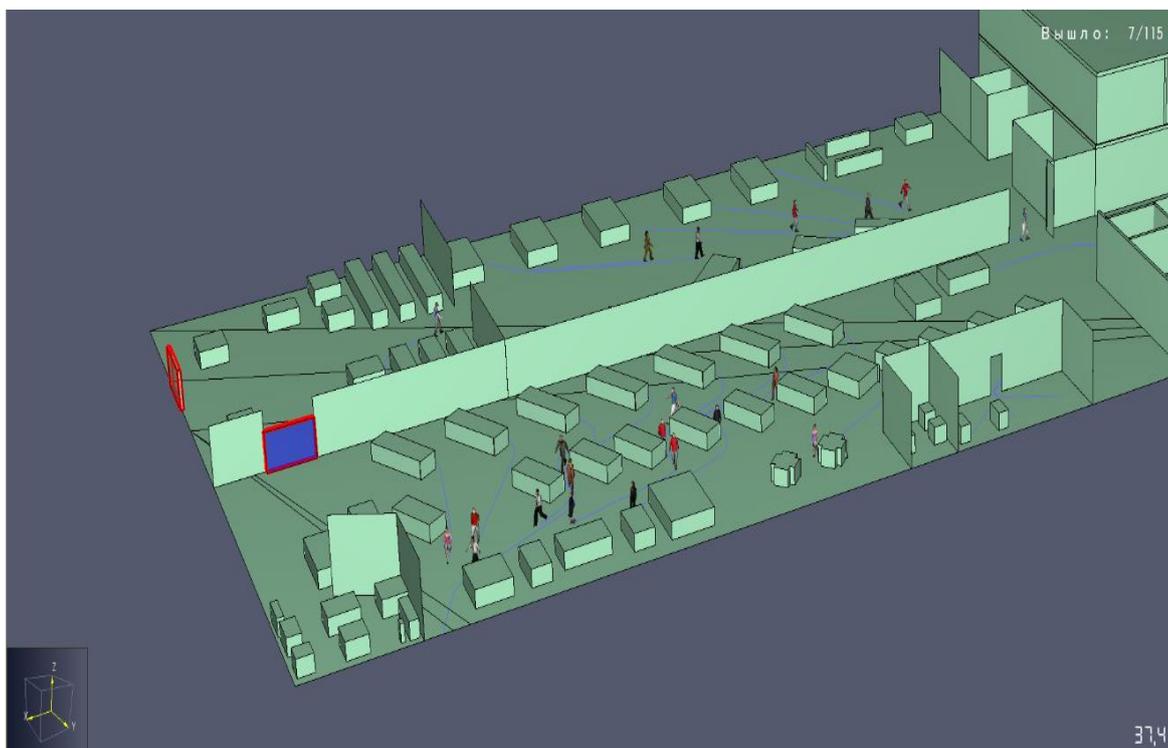


Рисунок 6 – Моделирование эвакуации персонала при пожаре в административно-бытовом корпусе

Величина потенциального риска  $P_i$  (год<sup>-1</sup>) в  $i$ -ом помещении здания объекта определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij}, \quad (30)$$

где  $J$  - число сценариев возникновения пожара в здании;

$Q_j$  - частота реализации в течение года  $j$ -го сценария пожара, год<sup>-1</sup>;

$Q_{dij}$  - условная вероятность поражения человека при его нахождении в  $i$ -ом помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара.

Условная вероятность поражения человека  $Q_{dij}$  определяется по формуле:

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij}) \cdot (1 - D_{ij}), \quad (31)$$

где  $P_{эij}$  - вероятность эвакуации людей, находящихся в  $i$ -ом помещении здания, при реализации  $j$ -го сценария пожара;

$D_{ij}$  - вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в  $i$ -ом помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара.

Вероятность эвакуации  $P_{Эij}$  определяется по формуле:

$$P_{Эij} = 1 - (1 - P_{Э.Пij}) \cdot (1 - P_{Д.Вij}), \quad (32)$$

где  $P_{Э.Пij}$  - вероятность эвакуации людей, находящихся в  $i$ -ом помещении здания, по эвакуационным путям при реализации  $j$ -го сценария пожара;

$P_{Д.Вij}$  - вероятность выхода из здания людей, находящихся в  $i$ -ом помещении, через аварийные или иные выходы.

При отсутствии данных вероятность  $P_{Д.Вij}$  допускается принимать равной 0,03 при наличии аварийных или иных выходов и 0,001 при их отсутствии.

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям  $P_{Э.Пij}$  определяется по формуле:

$$P_{Э.Пij} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\delta ij} - t_{Pij}}{\tau_{Н.Э}}, & \text{если } t_{Pij} < 0,8 \cdot \tau_{\delta ij} < t_{Pij} + \tau_{Н.Эij} \\ 0,999, & \text{если } t_{Pij} + \tau_{Н.Эij} \leq 0,8 \cdot \tau_{\delta ij} \\ 0,001, & \text{если } t_{Pij} \geq 0,8 \cdot \tau_{\delta ij} \end{cases}, \quad (33)$$

где  $\tau_{\delta ij}$  - время от начала реализации  $j$ -го сценария пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования эвакуационных путей), мин;  
 $t_{Pij}$  - расчетное время эвакуации людей из  $i$ -го помещения при  $j$ -ом сценарии пожара, мин;

$\tau_{H.Эij}$  - интервал времени от начала реализации  $j$ -го сценария пожара до начала эвакуации людей из  $i$ -го помещения, мин.

Время от начала пожара до начала эвакуации людей  $\tau_{H.Э}$  для зданий без систем оповещения определяется по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в зданиях (далее - СОУЭ)  $\tau_{H.Э}$  принимается равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности.

При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях без СОУЭ  $\tau_{H.Э}$  допускается принимать равным 0,5 мин - для этажа пожара и 2 мин - для вышележащих этажей.

Если местом возникновения пожара является зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то  $\tau_{H.Э}$  допускается принимать равным нулю.

В этом случае вероятность  $P_{Э.Пij}$  определяется по формуле:

$$P_{Э.Пij} = \begin{cases} 0,999, & \text{если } t_{Pij} < 0,8 \cdot \tau_{бlij} \\ 0,001, & \text{если } t_{Pij} \geq 0,8 \cdot \tau_{бlij} \end{cases} \quad (34)$$

Расчетное время эвакуации  $t_{Pij}$  рассчитывается при максимально возможной расчетной численности людей в здании, определяемой на основе решений по организации эксплуатации здания, от наиболее удаленной от эвакуационных выходов точки  $i$ -го помещения.

Допускается определение расчетного времени эвакуации на основе экспериментальных данных.

Для определения указанных выше величин  $\tau_{бlij}$  и  $t_{Pij}$  допускается дополнительно использовать методы, содержащиеся в методиках определения расчетных величин пожарного риска, утвержденных в установленном порядке.

При определении величин потенциального риска для работников, которые находятся в здании на территории объекта, допускается рассматривать для здания в качестве расчетного один наиболее неблагоприятный сценарий возникновения пожара, характеризующийся максимальной условной вероятностью поражения человека.

В этом случае расчетная частота возникновения пожара принимается равной суммарной частоте реализации всех возможных в здании сценариев возникновения пожара.

Вероятность  $D_{ij}$  эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности  $i$ -го помещения при реализации  $j$ -го сценария пожара определяется по формуле:

$$D_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^K (1 - D_{ijk}), \quad (35)$$

где  $K$  - число технических средств противопожарной защиты;

$D_{ijk}$  - вероятность эффективного срабатывания (выполнения задачи)  $k$ -го технического средства при  $j$ -ом сценарии пожара для  $i$ -го помещения здания.

При отсутствии данных по эффективности технических средств величины  $D_{ij}$  допускается принимать равными 0.

При определении значений  $D_{ij}$  следует учитывать только технические средства, направленные на обеспечение пожарной безопасности находящихся (эвакуирующихся) в  $i$ -ом помещении здания людей при реализации  $j$ -го сценария пожара.

При этом учитываются следующие мероприятия:

- применение объемно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающих ограничение распространения пожара в безопасную зону (при организации эвакуации в безопасную зону);
- наличие систем противодымной защиты рассматриваемого помещения и путей эвакуации;

- использование автоматических установок пожарной сигнализации (далее - АУПС) в сочетании с СОУЭ;
- наличие установок пожаротушения в помещении очага пожара.

При определении условной вероятности поражения людей, находящихся в помещении очага пожара, не допускается учитывать наличие в этом помещении АУПС и СОУЭ (за исключением случаев, когда пожар не может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в помещении людьми), а также установок пожаротушения, срабатывание которых допускается только после эвакуации находящихся в защищаемом помещении людей (например, при наличии установок газового пожаротушения).

Таким образом, рассчитанный в программном обеспечении пожарный риск на объекте защиты ООО Московский насосный завод (МНЗ) не превышает допустимых значений, а значит разработанные специальные технические условия, направленные на повышение стойкости к огню и снижение опасности возникновения пожара, его развития в зданиях, а также препятствию обрушения несущих конструкций можно считать эффективными.

## Заключение

Целью настоящей работы являлось изучение способов увеличения огнестойкости административного здания на Московском насосном заводе (МНЗ) по адресу: Московская область, Одинцово, ул. Транспортная, 2.

Предметом исследования является система пожарной безопасности в больших административно бытовых зданиях, включающая в себя устойчивость конструкций к огню.

В первом разделе работы проводился анализ требований нормативной документации по пожарной безопасности в здании.

В нормативных требованиях достаточно полно описаны различные аспекты пожарной безопасности зданий.

Федеральные законы № 123-ФЗ и № С вступлением в силу 384-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» имеют около 250 стандартов, обязательных и добровольных. Коды приложений утверждены к внедрению.

На различных этапах жизненного цикла зданий и сооружений законодательством предусмотрена возможность полностью соответствовать обязательным требованиям, установленным техническими регламентами, и в принципе отклоняться от требований нормативных документов путем обоснования и компенсации. Измеряется в виде особых технических условий. В то же время все чаще используются оценки соответствия в виде аудитов пожарной безопасности и другие методы проведения расчетов пожарного риска.

Для определения соответствия проектного решения здания необходимо использовать результаты исследований, расчетов, испытаний, сценарного моделирования и оценки рисков, а также ссылки на конструкции с требованиями безопасности, нормативными требованиями и нормами исполнения.

Однако, во внутренней нормативной базе имеется пробел в отношении регулирования требований пожарной безопасности для общественных зданий с условной высотой от 100 м до 150 м, поскольку в действующих государственных строительных нормах и правилах таких требований нет.

В качестве критериев для проведения исследований пожарной безопасности высотных зданий были выбраны следующие критерии: обеспечение огнестойкости строительных конструкций; ограничение образования и распространения огня и дыма внутри здания; ограничение распространения огня на соседние здания; обеспечение эвакуации людей при пожаре; применение систем противопожарной защиты; обеспечение безопасности пожарно-спасательных работ.

В разделе так же представлен статистический анализ сведений о пожарах в аналогичных зданиях на территории городских округов Московской области.

С начала 2021 года на территории Московской области зарегистрировано 2124 пожара, на которых погибло 175 человек, получили травмы 712 человек.

Вместе с тем, с наступлением осенне-зимнего пожароопасного периода на территории Московской области зафиксирован рост количества погибших людей на пожарах.

В ноябре 2020 года на территории Московской области в результате пожаров погиб 71 человек, в декабре 2020 года погибло 73 человека.

Во втором разделе работы проводилась теоретическая разработка специальных технических условий для зданий.

Специальные технические условия — это технические нормы, которые устанавливаются для определённого объекта. Их разработка предусмотрена пунктом 8 статьи 6 Федерального закона № 384 от 30.12.2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». СТУ компенсируют отсутствующие требования в области безопасности или

дополняют существующие. Они необходимы для проектирования и строительства объекта, его эксплуатации и демонтажа.

В разделе так же проводился анализ отечественных и зарубежных методов огнезащиты конструкций здания. Современный анализ в области методов и средств повышения огнестойкости железобетонных строительных конструкций, повышения огнестойкости железобетонных конструкций, применяемых при строительстве высотных и технически сложных объектов, и устойчивости к «взрывному уничтожению» огня. Один из эффективных способов решения этой проблемы - использование тонкого слоя огнезащитного покрытия, набухающего при нагреве железобетонных конструкций.

Многие строительные материалы обладают естественной огнестойкостью и, как таковые, уже имеют встроенную противопожарную защиту. Примером такого материала могут быть глиняные кирпичи, которые, будучи построенными в виде стены, сами по себе обладают огнестойкостью. Другие материалы, например, древесина, используемая при строительстве деревянного пола, могут иметь небольшую встроенную противопожарную защиту и могут потребовать дополнительной защиты, например, в виде огнестойких панелей, прикрепленных к нижней стороне потолка.

Огнестойкость может быть повышена за счет использования дополнительных материалов или компонентов, известных под собирательным термином «пассивная противопожарная защита» (PFP).

Пассивная противопожарная защита - жизненно важный компонент любой стратегии пожарной безопасности. Он встроен в конструкцию здания для защиты жизни людей и ограничения финансовых последствий ущерба, нанесенного зданиям и их содержимому. Это достигается за счет:

- ограничение распространения огня и дыма за счет помещения его в один отсек;
- защита путей эвакуации для основных средств эвакуации;

- защита конструкции здания, тем самым обеспечивая его устойчивость.

Пассивная противопожарная защита встроена в конструкцию для обеспечения устойчивости, а в стены и полы для разделения здания на зоны управляемого риска - отсеки. Эти зоны предназначены для ограничения роста и распространения огня, позволяя пассажирам убежать и обеспечивая защиту пожарным. Такая защита либо обеспечивается материалами, из которых построено здание, либо добавляется к зданию для повышения его огнестойкости.

В третьем разделе выполнялась разработка специальных технических условий. Разработка комплекса технических мероприятий, направленных на повышение стойкости к огню, включала в себя исследование пассивных и активных средств огнезащиты и расчет пожарного риска объекта защиты.

После разработки СТУ для оценки эффективности предложенных мероприятий проводились оценка пожарного риска защищаемого объекта.

Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Для выполнения расчетов по оценке пожарного риска эксперты используем следующее программное обеспечение:

- «Токси<sup>+Risk</sup>» (версия 4.4.1), разработанный ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности»;
- программный комплекс «FireCat».

По результатам расчетов, индивидуальный пожарный риск не превышает допустимых значений.

## Список используемых источников

1. Арцыбашева О. В., Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Современные тенденции в области огнестойкости деревянных зданий и сооружений // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №8 (145). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-v-oblasti-ognestoykosti-derevyannyh-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 13.03.2021).
2. Амельчугов С.П. Методика оценки и расчета пожарного риска. Красноярск : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт проблем пожарной безопасности», 2012, 220 с.
3. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции. 4-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2014. 720 с.
4. Бакиров И.К. Отношение к пожарной безопасности в России. Государственный пожарный надзор и пожарные риски // Пожарная безопасность в строительстве. № 5. 2010. С 28-29.
5. Григорьев Л.Н. Экономическая эффективность внедрения систем противопожарной защиты. г. Пермь: Сфера, 2009. 122 с.
6. Горбунова Л. Н., Васильев С.И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2-х ч., Ч. 1. СПб.: Сибирский федеральный университет, 2012. 502 с.
7. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 168 с.
8. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций. М.: Спецтехника, 2001. 481 с.
9. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68–ФЗ (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 № 309-ФЗ). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5295/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/) (дата обращения: 13.03.2021).

10. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69–ФЗ (с изменениями на 22 декабря 2020 года). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/) (дата обращения: 13.03.2021).

11. Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций [Электронный ресурс]: Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 (ред. от 30.11.2016) (Зарегистрировано в Минюсте России 12.02.2003.№4209).URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40987/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40987/) (дата обращения: 13.03.2021).

12. Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. М.: Институт риска и безопасности, 2013. 320 с.

13. Пат. РФ № RU 2 645538 огнестойкий состав и огнестойкая теплоизоляционная плита. МПК С09К 21/14 (2006.01) С08L 101/00 (2006.01) С08L 61/04 (2006.01) В32В 21/08 (2006.01) В32В 27/04 (2006.01) Авторы: Жиксин Ксю, Ганг Шен, Джинхонг Ли. Заявка: 2015116328. Заявл.: 12.04.2013, опубл.: 21.02.2018 Бюл. № 6.

14. Пат. РФ № RU2596024С2 огнестойкая гипсовая панель с низкой массой и плотностью. С04В 28/14 (2006.01) Е04С 2/00 (2006.01) С04В 40/00 (2006.01). Авторы: Цян Ю, Уэйксин Давид Сонг, Сринивас Веерамасунени, Вэньци Луан. Заявка: 2013143229/03. Заявл.: 24.02.2012, опубл.: 27.03.2015 Бюл. № 9.

15. Пат. РФ № RU 2 491 318 С1 огнестойкий полимерный композиционный материал и способ его получения. С09К21/14. Авторы: Есаулов Сергей Константинович. Заявка: 2012106193/05,. Заявл.: 22.02.2012, опубл.: 27.08.2013 Бюл. № 24.

16. Ройтман В.М. Инженерные решения, по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2016. 382с.

17. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2009 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 19.09.2020).
18. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 19.09.2020).
19. Собурь С.В. Доступно о пожарной безопасности: брошюра: учебное пособие 11-е изд., с изм. М.: ПожКнига, 2019. 33 с., ил.
20. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие. 15-е изд., с изм. М.: ПожКнига, 2014. 480 с., ил.
21. Собурь С.В. Установки пожарной сигнализации: Учебно-справочное пособие – 8-е изд., (с изм.). М.: ПожКнига, 2019. 248 с. ил.- Пожарная безопасность предприятия.
22. Собурь С.В. Установки пожаротушения автоматические: Справочник. 4-е изд. (с изм.). М.: ПожКнига, 2015. 384с.
23. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 №123 (ред. 27.12.2018). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699) (дата обращения 10.10.2020).
24. Харисов Г.Х., Бубурь Н.Ф., Воронин Б.И. Рекомендации по расчету надежности технических средств защиты людей от опасных факторов пожара. М., ВНИИПО МВД СССР, 1988, 54 с.
25. Хафизов Ф.Ш., Бакиров И.К. Расчет пожарных рисков объектов топливно-энергетического комплекса // Пожаровзрывобезопасность. Т.19. № 11. 2010. С. 31-35.
26. Юшков С.В. Комплексное управление пожарной безопасностью в крупных городах // Студенческий научный журнал. – № 7(135). Часть 1.

Новосибирск: Изд. ООО «СибАК», 2021. 88 с. Электрон. версия. печ. публ.  
[https://sibac.info/archive/journal/student/7\(135\\_1\).pdf](https://sibac.info/archive/journal/student/7(135_1).pdf)

27. HUANG Yan-boa, HAN Binga , ZHAO Zheb Research on Assessment Method of Fire Protection System // Procedia Engineering 11, 2017. pp. 147–155

28. Hurley M. J., Bukowski R. W. (2008). Fire Hazard Analysis Techniques In: Fire Protection Handbook. Cote A. E. (ed.) // NFPA, Ch. 7, pp. 121-134.

29. Eoin Loughlin, Simon Lay, Structural fire resistance: Rating system manifests crude, inconsistent design [Электронный ресурс]: Case Studies in Fire Safety, Volume 3, 2015. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214398X15000035> (дата обращения: 13.03.2021).

30. Matthew A. Johann, Performance-Based Structural Fire Safety [Электронный ресурс]: Journal of Performance of Constructed Facilities? Vol 20, № 1. URL: [https://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2006\)20:1\(45\)](https://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)0887-3828(2006)20:1(45)) (дата обращения: 13.03.2021).

31. Коо JH, Ng PS, Cheung F-B. Effect of High Temperature Additives in Fire Resistant Materials [Электронный ресурс]: Journal of Fire Sciences. 2017, 15(6). URL: <https://doi:10.1177/073490419701500605> (дата обращения: 13.03.2021).