

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 бакалавриата
(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Анализ особенностей и разработка эффективных путей повышения пожарной безопасности предприятий автомобильного сервиса (на примере ООО «АсАвто на Солнечной»)

Студент

А.А. Орлова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Д.п.н., профессор, Н.П. Бахарев

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

руководитель

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ особенностей функционирования и эксплуатации предприятий автомобильного сервиса.....	10
1.1 Причины возгораний и методы ликвидации пожаров на автомобильных СТО.....	10
1.2 Определение класса пожарной безопасности.....	12
1.3 Основные требования пожарной безопасности в автосервисе.....	14
2 Разработка системы технических решений, направленных на улучшение техносферной безопасности.....	22
2.1 Анализ существующих технических решений в области обеспечения пожарной безопасности на отечественных и зарубежных СТО.....	22
2.2 Разработка системы эффективных методов предупреждения и ликвидации пожаров на предприятия СТО.....	26
2.3 Проектирование надежной и оперативной системы анализа передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации.....	29
2.3.1 Концентрированные и распределенные системы пожарной сигнализации.....	32
2.3.2 Анализ потока передачи сигналов пожарной тревоги при повреждениях системы.....	33
2.3.3 Надежность структуры передачи сигналов пожарной тревоги.....	34
2.3.4 Проектирование системы эффективной передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации в аварийных ситуациях.....	35
3 Расчетные методы исследования пожаров.....	37
3.1 Моделирование пожара и его прогнозирование.....	37

3.1.1 Пример моделирования пожара на базе электротехнической школы «Никола Тесла»	38
3.1.2 Моделирование пожара и его результаты	42
3.1.3 Анализ результатов моделирования.....	42
3.2 Метод расчетной оценки возможности постепенного разрушения зданий в результате пожара	45
3.3 Методы анализа риска возникновения пожара и планирование систем противопожарной безопасности на ранней стадии проектирования.....	54
Заключение	74
Список используемых источников.....	76

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования.

Противопожарная защита является очень сложной и очень ответственной задачей во всех аспектах защиты человеческих жизней и свойств материалов. Развитие науки, техники, транспорта, промышленности, а также увеличение численности населения мира и множество других факторов подтвердили отмеченное предположение. Эта дисциплина развивалась на протяжении всей истории в соответствии с наукой и техническим развитием человеческого общества. Основные методы защиты от пожара и прекращения распространения огня состояли в удалении горючего материала, уменьшении выделения и отвода тепла и уменьшении концентрации кислорода, чтобы замедлить или остановить цепь химической реакции во время процесса пожара. На протяжении всей истории регулирование противопожарной защиты сопровождалось, в большинстве случаев, развитием науки и техники. Например, старейшим документом о правовом регулировании противопожарной защиты, а также первым документом о противопожарной защите в истории вообще, был закон Хаммурапи (18 век до н.э.) с 28 параграфами и 16 статьями. Также считалось, что первые подразделения организации огня были отмечены во время правления Августа Цезаря, известного как Октавиан (63 год до н.э.). Важная роль противопожарной защиты в Европе, как правило, была зафиксирована с 1100 до 1600 года, особенно в Англии и России. В Америке, например, первый закон о противопожарной защите появился в 1661 году после сильного пожара в Бостоне. Дальнейшее развитие противопожарной защиты до сегодняшнего дня сопровождалось многими новыми открытиями в области науки и техники, такими как электрическая пожарная сигнализация, автоматические пожарные извещатели, датчики дыма, тепла и пламени, центральные пожарные извещатели и т. д.

Текущий уровень противопожарной защиты предполагает проектирование всей системы пожаротушения на основе нормативных актов. Это очень сложный процесс, потому что, помимо многих исходных основ проектирования, которые были предписаны правовыми нормами, правилами и ссылками, он включает в себя множество факторов, которые были выявлены в соответствии с анализом пожарного риска, характеристиками конструкции объекта, характеристиками деятельности и производственный процесс на объекте, материалы и персонал на объекте, рабочая и профессиональная характеристика персонала и т. д. Это подразумевает очень сложный процесс определения элементарных проблем, который необходимо выполнить до процесса проектирования самой пожарной системы.

Можно сделать вывод, что одной из наиболее важных проблем в проектировании пожарных систем является потенциальное распространение огня.

ООО «АсАвто на Солнечной» является развивающимся предприятием, осуществляющим спектр нескольких работ. В сферу деятельности данного предприятия входит осуществление продаж автомобилей и их техническое обслуживание.

Так как сфера деятельности достаточно обширна и число сервисов, осуществляющих обслуживание автомобилей довольно распространено, причем не только в городе Тольятти, но и в целом, по стране, тема является актуальной.

В наше время практически в каждой семье насчитывается по одному и более автомобиля во владении. В среднем, за год требуется несколько раз проверить свой автомобиль или осуществить ряд работ на своем автомобиле. Так как на подобных предприятиях находится достаточно опасное (иногда взрыво- и пожароопасное оборудование) необходимо подходит крайне внимательно к безопасности организации.

Проанализировав несколько источников, было выявлено, что основной причиной аварий на предприятиях автомобильного сервиса, являются

пожары. В связи с этим, было принято решение, основное внимание в данной работе выделить на повышение уровня пожарной безопасности и разработке эффективных путей ее повышения.

Объект исследования: это процесс повышения пожарной безопасности в здании СТО компании ООО «АсАвто на Солнечной».

Предмет исследования: система противопожарной безопасности, построенная на основе надежной и оперативной системы анализа передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации на современных городских СТО.

Цель исследования: разработка системных мер повышения противопожарной безопасности на предприятиях СТО на основе теоретических и экспериментальных исследований температурных распределений пожара и внедрения мер противопожарной безопасности, основываясь на данных температуры пожара и сопротивления конструкции здания.

Гипотеза исследования состоит в том, что для обеспечения пожарной безопасности на СТО необходимо обеспечить организацию более современным оборудованием, способным улучшить пожарную безопасность предприятия автосервиса.

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

- анализ развития пожара на СТО;
- разработка системы методов исследования развития пожара на СТО;
- проведение экспериментальных и практических исследований;
- оценка результатов проведенного исследования.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: анализ, синтез, моделирование, метод дедукции и индукции, метод классификации, а также изучение и сбор информации.

Базовыми для настоящего исследования явились также Конституция РФ; санитарные нормы и правила РФ об обеспечении правильной эксплуатации общественных зданий и сооружений, федеральные законы о пожарной безопасности; приказы МЧС РФ, касающиеся тушения пожаров и надзора пожарной безопасности потенциально-опасных объектов. нормативно-правовые акты, регламентирующие действия пожарноспасательных подразделений и руководителей объектов опасных производств; постановления правительства РФ о функционировании системы взаимодействия отдельных служб.

Методы исследования. В данном диссертационном исследовании использовались теоретические и практические методы, такие как сравнительный анализ, синтез, моделирование, изучение и сбор информации, наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент.

Опытно-экспериментальная база исследования проводилась на месте производства работ - производственные помещения и цеха.

Научная новизна исследования заключается в постановке и решении приоритетных задач комплексной оценки технического состояния здания автосервиса, с учётом дальнейшей эксплуатации с позиции надежности и безопасности функционирования.

Выявлены недостатки действующей системы пожарной безопасности в здании СТО «АсАвто на Солнечной», позволяющие своевременно обнаружить и ликвидировать возгорание в начальной стадии пожара.

Выявлены основные причины возникновения пожара и предложены технические решения, повышающие надежность системы обнаружения пожара и препятствующие возникновению и развитию пожара на СТО, а также предложен комплекс мер по предупреждению пожаров в здании сервиса.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций по процедуре установления причин и условий возникновения

пожаров, причиной которых послужило нарушение требований пожарной безопасности, на основе результатов проведенного в настоящей работе исследования. Также определены основные пути направления и решения проблемы техническим путем.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования результатов исследования в деятельности предприятия с целью улучшения пожарной безопасности.

Достоверность и обоснованность результатов исследования выявлена посредством анализа совокупности теоретико-методологических оснований, избранной методологии исследования, его логики и практического подтверждения.

Личное участие автора:

- проведен анализ состояния системы пожарной безопасности в организации «АсАвто на Солнечной»;
- проведено сравнение преимуществ и недостатков рассмотренных технических решений для улучшения системы оповещения о пожаре;
- разработаны рекомендации по улучшению надежности функционирования систем, обеспечивающих пожарную безопасность на предприятии СТО.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течении всего исследования. Подготовлена и опубликована научная статья по теме: «Причины и методы ликвидации возгораний и пожаров на автомобильных СТО» опубликована в электронном сборнике Студенческий: научный журнал. - № 10 (96). Новосибирск: Изд. ООО «СибАК», 2020. –76 с. – Электрон. версия. печ. публ. – https://sibac.info/archive/journal/student/10%2896_1%29.pdf.

На защиту выносятся:

- выводы и рекомендации по улучшению пожарной безопасности СТО на основе информационного обзора литературных источников и нормативно-

технической документации относительно пожарной безопасности объектов автосервиса;

- методика определения особенностей функционирования потенциально опасных зон помещения автосервиса;

- технология выбора и обеспечения пути направления, в обеспечении пожарной безопасности выбранного объекта;

- предложения по разработке современных устройств по обеспечению противопожарной защиты.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 24 рисунка, 3 таблицы, список использованной литературы (40 источников). Основной текст работы изложен на 83 страницах.

1 Анализ особенностей функционирования и эксплуатации предприятий автомобильного сервиса

1.1 Причины возгораний и методы ликвидации пожаров на автомобильных СТО

Главными причинами возгораний и пожаров на автомобильных СТО являются:

- курение вне специально отведенных мест и другие варианты небрежного использования источников огня;
- устаревшая электропроводка, приводящая к коротким замыканиям и перенапряжениям в электросети;
- несоблюдение правил по эксплуатации и обслуживанию электрооборудования;
- неисправная вентиляционная система при лакокрасочных работах;
- несоблюдение правил пожарной безопасности при работе с электрогазосварочным оборудованием.

«Наиболее пожароопасными участками на станциях технического обслуживания являются:

- участки проведения сварочных работ;
- участки по проведению лакокрасочных работ;
- склады лакокрасочных материалов;
- склады горюче смазочных материалов.

Работники станции, в свою очередь, обязаны:

- проходить инструктаж по правилам пожарной безопасности;
- проводить плановый осмотр оборудования и энергосетей;
- знать особенности использования средств пожаротушения.

На предприятиях СТО требуется:

- установка противопожарного режима;
- определение мест для курения и их оборудование;

- установить специальные места для хранения лакокрасочных и горючих материалов, а также график и порядок их уборки;
- обесточивать помещение по окончании проведения работ;
- проводить лакокрасочные работы исключительно при исправно работающей системе вентиляции.

В любом случае, основной причиной пожаров на СТО является человеческий фактор, проявляемый в той или иной мере.

Существуют разновидности пожарных и охранопожарных систем, которые разделяют на следующие типы:

- пожарные извещатели (датчики), которые реагируют на изменение физических параметров (например, температура) при возникновении в помещении возгорания;
- приемно-контрольная станция, которая принимает сигналы от системы датчиков и передает их на основной пункт пожарной связи;
- источник питания;
- линии связи;
- световые или звуковые сигнальные устройства.

Различают следующие типы пожарных извещателей:

- дымовые пожарные - средства, основанные на обнаружении аэрозольных продуктов термического разложения (реагируют на дым).
- газовые - средства, основанные на обнаружении продуктов газообразного состояния термического разложения (реагируют на газ).
- тепловые - средства, основанные на обнаружении тепла от источника пожара (реагируют на температуру).
- пожарные - средства, основанные на обнаружении оптического излучения пламени источника пожара (реагируют на пламя).

Максимальное распространение в различных автоматических средствах пожарной сигнализации получили дымные и тепловые пожарные извещатели. Их популярность объясняется простотой конструктивных

решений данного типа извещателей и особенностями процесса горения большей части пожароопасных веществ.

Главным недостатком изначальных тепловых датчиков являлась их одноразовость. Под действием высокой температуры, сплав плавился, размыкая цепь, после чего подавался сигнал в блок управления.

В последствии был изобретен тепловой датчик многократного применения ИТМ.

Извещатель ИТМ - извещатель многократного использования, что дает возможность контролировать его работоспособность в системах пожарной сигнализации во время их эксплуатации и при работах по их обслуживанию.

Дымовые извещатели обнаруживают очаг возгорания значительно быстрее по сравнению с другими типами извещателями ввиду того, что дым сопутствует первой стадии горения. Этот тип извещателя в основном применяется в местах, где располагающиеся продукты горения имеют свойство тления при возгорании.

При попадании дыма в дымовой извещатель, время его срабатывания не превышает четырех-пяти секунд.

Применение дымовых извещателей позволит наиболее быстро и эффективно устранить пожар или возгорание на СТО» [1].

1.2 Определение класса пожарной безопасности

Разделение классов функциональной пожарной опасности проводится по нескольким критериям – нахождению на определенной территории людей, назначению помещений с функциональной точки зрения и т.д.

Помещение или объект сервиса в целом относится к определенному классу, который должен быть внесен в проектную документацию. При этом каждый из классов делится на несколько подклассов. Рассмотрим класс Ф5, в связи с тем, что в один из трех подклассов которого и включены автосервисы:

«Ф 5.1 - сооружения с размещенными внутри производствами и лабораториями;

Ф 5.2 - здания складского типа, автостоянки и архивные помещения;

Ф 5.3 - сельскохозяйственные организации» [2].

Соответственно, СТО относятся к классу Ф5, подклассу Ф5.2 пожарной опасности. Помимо этого, для каждого СТО дополнительно определяется категория по пожарной и взрывопожарной опасности, начиная с наименее опасной категории D и до А (наиболее опасной). Отнесение к той или иной категории должно опираться на следующих особенностей помещения:

- высоты потолков;
- материала, из которого сделано напольное покрытие;
- размеров автостоянки в целом и площади отдельных помещений;
- наличия вентиляционного оборудования и оборудования, используемого для автоматического тушения пожара;
- значений температуры внутри здания.

На всех СТО необходимо с учетом всех критериев определить категорию пожарной опасности, так как даже незначительные ошибки в расчетах и определении приводят к удручающим последствиям. Помимо этого, согласно законодательству, автосервис должен быть закрыт, в случае если на его территории не организован необходимый уровень пожарной безопасности. Помимо оснащения СТО противопожарным оборудованием, существуют требования к проведению инструктажа всех работников СТО на ежемесячной основе. Постоянное обеспечение пожарной безопасности на СТО в совокупности с наличием требуемого противопожарного оборудования является гарантом сохранения жизни людей и различных материальных ценностей [3].

1.3 Основные требования пожарной безопасности в автосервисе

Пожарную безопасность всех объектов требуется обеспечивать как при в процессе эксплуатации, изготовления, при аварийных ситуациях и поведении ремонта [4].

К основным требованиям пожарной безопасности, применяемых к станция технического обслуживания относят: требования пожарной службы и МЧС, требования к оборудованию, сотрудникам, освещению и проводке, к оборудованию, к отоплению, к помещению, к воде, к вентиляции, к атмосферному воздуху и пожарной сигнализации.

При трудоустройстве мастерам необходимо проходить медицинский осмотр, так как при работе у них имеется контакт с вредными производственными материалами.

Во время работы каждый из мастеров обязан использовать средства индивидуальной защиты - очки, сварочные маски, перчатки и т.д. Средства защиты должны быть предоставлены работодателем.

1.3.1 Требования к оборудованию

Подбор оборудования происходит на усмотрении руководителя СТО. Все оно должно быть сертифицировано и иметь гарантийное обслуживание и приобретаться официально. Рекомендуемо заключать договора на техобслуживание используемого оборудования с ответственными за данный вид работ организациями [5].

1.3.2 Требования пожарной службы и МЧС

Автосервис является взрыво- и пожароопасным объектом. Расчет уровень опасности производится индивидуально, с учетом характеристик помещения и объема проводимых на территории работ.

1.3.3 Требования освещению и проводке

Вся электрика в опасных для взрыва зонах должна монтироваться исключительно во взрывозащищенном исполнении. Осветительные приборы должны находиться во взрывозащитной арматуре. Исправность

электрооборудования необходимо проверять до начала каких-либо работ. Использование неисправного оборудования категорически запрещено [6].

1.3.4 Требования к вентиляции

Все кожухи, вентиляционные ходы, защитные короба, рукава выполняются из материала, отвечающего следующим требованиям:

- негорючий;
- огнеупорный;
- устойчивый к агрессивным условиям внешней среды.

Все стыки должны обрабатываться герметиками, чтобы исключить пропускание загрязненного воздуха. Согласно ТБ, каждый элемент системы вентиляции должен быть смонтирован в защитном коробе, но при условии, что доступ для ремонтных работ к ней не может быть затруднен [7].

1.3.5 Требования к пожарной сигнализации

Данные требования зависят от среднего количества обслуживаемых автомобилей в день и размеров самого помещения.

Согласно СП 113.13330.2016 [8] каждое помещение, которое ориентировано на сервисное обслуживание транспортных средств требуется оснащать АУПС, согласно СП 113.13330.2016 (п. 6.5.5). В тех случаях если:

- здание занимает более 50 квадратных метров устанавливают АУПС и СОУЭ 2 (СО+ЗО) (при количестве машиномест до 100 штук).

- когда обслуживаются более 3 автомобилей должна быть установлена (АУПТ) система автоматического тушения пожара согласно СП 113.13330.2016 (п. 6.5.3), СОУЭ 2.

Для крупных предприятий, обслуживающих от 100 машин, рекомендуется установка СЛУЭ 1. Если автомастерская использует лакокрасочные изделия, то все оборудование монтируется через искрозащиту.

1.3.6 Требования к отоплению

В каждом автосервисе, вне зависимости от площади предприятия, необходимо предусматривать систему отопления, обеспечивающую в

холодный сезон приемлемые рабочие условия сотрудникам. В качестве дополнительной меры следует утеплять входные ворота во время зимы.

Отопление на территории сервиса допускается делать централизованным либо производить установку специальных котлов, которые могут работать на природном газе, отработанном масле, пропане, дровах или угле.

Любой из этих видов топлива вне зависимости от условий внешней среды должен обеспечивать приемлемую температуру. Оптимальным вариантом считается 18 °С в рабочей зоне. В случае собственного, не централизованного, отопления на твердом топливе, в котлах должны быть предусмотрены пылеуловители.

1.3.7 Требования к воде

Для работы с агрегатами допускается использовать техническую воду. По содержащимся в ней химическим веществам и по патогенной микрофлоре она не должна нести опасность для работников.

«При проведении моечных работ любого объема стоки не должны содержать нефтепродукты, моющие средства, механические элементы в количествах, превышающих ПДК (ВК 167 и другое)» [9].

1.3.8 Требования к освещению

Эти требования можно найти в СП 52.13330.2016.

Таким образом вся осветительная техника должна быть установлена во взрыво- и пожаробезопасном исполнении.

«Системы ППБ включают в себя следующие основные компоненты для ремонтно-монтажных предприятий:

- извещатели, которые делятся на ручные, тепловые и дымовые. Для предприятий, которые обслуживают одновременно более трех автомобилей рекомендуется устанавливать датчики пламени;
- оповещатели, делящиеся на звуковые (например, сирены) и световые (указание путей эвакуации);

- КП (панель контроля, которая принимает сигнал и транслирует его ответственной пожарной службе)» [10].

При пожаре большое значение имеет быстрота вывода людей из зоны возгорания. За это отвечает система, которая управляет эвакуацией (СОУЭ).

1.3.9 Требования к помещению

В помещениях, которые предназначены для ТО и ТР и стоянки автомобилей в том числе на открытых площадках, где производится хранение транспорта и под навесами запрещается:

- размещать транспортные средства в количестве, которое превышает норму, уменьшать расстояние между соседними автомобилями, нарушать их план расстановки;

- заправлять транспортные средства топливом или сливать его;

- загромождать выездные ворота и проезды;

- хранить горючее и масла, а также тару из-под него;

- размещать транспортные средства с незакрытыми топливными баками и при наличии течи масла и топлива;

- производить зарядку аккумуляторов, непосредственно установленных на транспортные средства;

- подогревать двигатели с помощью открытого огня (паяльные лампы, факелы, костры), использовать открытые источники огня с целью освещения.

Промывку деталей используя ГЖ и ЛВЖ необходимо производить только в зонах, которые специально для этого отведены.

Также следует не забывать, что на территории СТО запрещается следующее:

- делать уборку с использованием керосина, бензина, других ГЖ и ЛВЖ;

- хранить и применять порох, ГЖ и ЛВЖ, баллоны с газами, взрывчатые вещества и другие пожаро- или взрывоопасные материалы и вещества;

- заставлять эвакуационные выходы и пути различным оборудованием, изделиями, материалами;

- производить работы с использованием открытого огня в местах непредусмотренных для этих целей, например, во время техосмотров или проведения ремонтных работ в качестве освещения;

- поручать лицам, которые не имеют соответствующей квалификации, техническое обслуживание транспортных средств;

- снимать и забивать двери эвакуационных выходов, предусмотренные проектом.

Руководитель или назначаемый им сотрудник, ответственный за пожарную безопасность на предприятии, должен обеспечить весь комплекс мер в автомастерской, которые направлены на предупреждение пожара.

В автомастерской обязательно должна обеспечиваться безопасность людей в случае пожара и в дополнение разработаны должностные инструкции о мерах пожарной безопасности для любого участка, который может быть отнесен к пожароопасным или взрывопожароопасным. Каждый работник автомастерской может иметь допуск к работе только после своевременного пройденного противопожарного инструктажа. Руководитель СТО несет персональную ответственность за надлежащее обеспечение пожарной безопасности на территории автомастерской.

В автомастерской табличка с указанием номеров телефона для вызова пожарной охраны должна быть вывешена на видном месте, а также установлен противопожарный режим, включающий в себя следующие требования:

- места для курения должны быть определены и оборудованы;
- необходимо установить порядок хранения промасленной спецодежды, уборки пыли и горючих отходов;
- в регламент должны быть внесены порядок проведения пожароопасных работ, в том числе временных огневых;

- необходимо установить порядок по обесточиванию электрооборудования по окончании рабочего дня и в случае пожара;

- требуется определить сроки и порядок занятий по пожарно-техническому минимуму и прохождения инструктажа по противопожарной безопасности, а также назначены ответственные лица за их проведение;

- должен быть установлен порядок проверки и закрытия помещений после окончания работы; до работников должны быть донесена информация о действиях при обнаружении пожара.

Мусор, горючие отходы, и т.п. необходимо собирать на выделенных специально для этого площадках в ящики или контейнеры, а после вывозить. В качестве тары для сбора обдирочных материалов должны быть установлены металлические ящики с крышками с возможностью их плотного закрывания.

В местах установки ацетиленовых генераторов должны быть вывешены плакаты: «Не курить», «Вход посторонним воспрещен - огнеопасно», «Не проходить с огнем».

Соединение сварочных проводов следует производить при помощи сварки, опрессования, специальных зажимов или пайки.

Провода, которые подключены к распределительным щитам, сварочным аппаратам и другому оборудованию, должны быть изолированы и в требуемых местах защищены от механических повреждений, воздействия высоких температур или химических воздействий.

Полы в местах, где постоянно проводятся сварочные работы, должны выполняться исключительно из негорючих материалов.

Не допускается проведение окрасочных работ при выключенных системах вентиляции.

Лакокрасочные материалы, пролитые на пол, требуется немедленно убрать при помощи воды, опилок или других средств.

В автомастерской при пользовании электроустановками не допускается пользоваться неисправными рубильниками, розетками, другими

электроустановочными изделиями, запрещено использовать самодельные (нестандартные) электронагревательные приборы, самодельные аппараты защиты от короткого замыкания и перегрузки, некалиброванные плавкие вставки. Переносные электросветильники должны иметь исполнение с применением гибких электропроводок, в обязательном порядке оборудованы стеклянными колпаками и в то же самое время быть защищенными предохранительными сетками, а также снабжены крючками для подвески. Места проведения огневых работ необходимо обеспечивать первичными средствами пожаротушения [11].

1.3.10 Требования к вентиляции

Виды данных требований обоснованы количеством обслуживаемой техники и размерами предприятия согласно СП 60.13330.2016 [12]. Выделяют три основополагающих варианта установки вентиляции на территории СТО:

Для мастерских, располагающихся на территории площадью менее пятидесяти квадратных метров, допускается использовать принудительную вытяжную систему с притоком, который осуществляется естественным путем.

Для СТО с габаритами, превышающим пятьдесят квадратных метров, требуется обустраивать другой вид вентиляции - приточно-вытяжную.

Собственники предприятий с такими размерами обязаны устанавливать систему местного индивидуального забора отработавших газов с возможностью непосредственного присоединения их к трубе транспортного средства.

Объем воздуха, к удаляемой местной отсосной установкой напрямую зависит от двигателя автомобиля:

- при мощности двигателя до 90 кВт или 120 л.с. необходимо удалять около 350 кубометров/час.

- в диапазоне мощностей от 90 до 130 кВт (120-180 л.с. соответственно)
- порядка пятисот кубометров/час.

- в промежутке от 180 до 240 л.с или от 130 до 175 кВт, - объем удаляемых газов должен составлять 650 кубометрам/час.

- сверх 175 кВт или 240 л.с. - скорость работы отсосной установки составляет минимум 800 кубометров/час.

Что касается параметров обменной вентиляции общего назначения они должны быть следующими:

В рабочую часть помещения и смотровые ямы должно быть обеспечено поступление свежего воздуха.

Из смотровых ям и потолочной зоны помещения организуется вытяжка в объеме, превышающем 120 кубометров/час.

Выводы по анализу особенностей функционирования и эксплуатации предприятий автомобильного сервиса.

Основной причиной пожаров на СТО признан человеческий фактор, а наиболее опасными участками являются цеха, в которых производятся ремонтные работы (в том числе сварочные и лакокрасочные).

Исходя из этого предложены основные рекомендации, которые позволят обеспечивать наиболее безопасные условия труда сотрудников в случае, если они будут регулярно выполняться. Соответственно, рекомендуется усилить контроль над выполнением всех норм и требований, введя ежедневный инструктаж и проверку рабочих мест с введением журнала инструктажа о пожарной безопасности.

Также рассмотрены приборы для обнаружения пожара, их ключевые особенности и недостатки. Исходя из этого, лучшим решением для обнаружения пожара являются дымовые извещатели, так как время срабатывания и долговечность превосходят остальные варианты.

2 Разработка системы технических решений, направленных на улучшение техносферной безопасности

2.1 Анализ существующих технических решений в области обеспечения пожарной безопасности на отечественных и зарубежных СТО

Проанализировав несколько источников, было выявлено, что основной причиной аварий на предприятиях автомобильного сервиса, являются пожары. В связи с этим, было принято решение, основное внимание в данной работе выделить на повышение уровня пожарной безопасности и разработке эффективных путей ее повышения.

Для улучшения техносферной безопасности автосервиса требуется особое внимание уделить системам предотвращения пожаров, так как предупреждение и своевременное обнаружение пожара обеспечит наибольшую безопасность на предприятии.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих систем противопожарной защиты автосервиса, современных стационарных средств оповещения о пожаре, данных по применению систем реагирования на возникновении неисправностей на предприятии;

- разработать способ наиболее оперативного оповещения о неисправностях, приводящим к возникновению пожароопасных ситуаций и о возникновении пожара на СТО.

Отметим, что в настоящее время наблюдаются следующие особенности, касающиеся предупреждения пожаров:

- оборудование, применяемое для оповещения о пожаре и тушения пожара, в основном технологически устарели;

- технические системы, способствующие предупреждению пожаров, не проходят своевременное обслуживание;

- персонал недостаточно проинформирован о действиях при возникновении возгораний или при возникновении неисправностей оборудования;

- персонал не ознакомлен с функциональными особенностями применяемого на сервисе противопожарного оборудования;

- сервисный центр не оснащен современными устройствами, обеспечивающими быстрое реагирование служб при возникновении аварийных ситуаций [13].

Основными системами, предотвращающими возникновение пожаров на выбранном объекте, являются: противодымная вытяжная система вентиляция, сплинкерные оросители, АПС, СОУЭ, датчики пожарной сигнализации [14].

Для эффективной и наиболее качественной работы представленных технических систем был проведен анализ нескольких технических решений как отечественных, так и зарубежных, в результате которого были выявлены недостатки и преимущества каждого образца. По итогам работы, обнаружены основные принципы эффективной работы технических решений и предложены оптимальные средства для достижения цели работы.

Положительными эффектами от использования предлагаемых технических решений являются:

- улучшение надежности;

- обеспечение долговечности;

- упрощение конструкции, в результате которого происходит экономия трудовых затрат;

- повышается эффективность технического объекта посредством расширения его функций и увеличения диапазона возможных областей использования.

Для определения наилучших технических решений для автосервиса «АсАвто на Солнечной» был проведен анализ основного противопожарного оборудования. На сайте российской базы патентов <https://www1.fips.ru/> и международной базы <https://worldwide.espacenet.com/> произведен выбор патентов по выбранному нами оборудованию [15-19]. Проанализировав каждый патент, обозначены положительные и отрицательные стороны внедрения данного технического решения. Данные были внесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Анализ технических решений

№ п/п	Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	Противодымная вытяжная система вентиляция	В качестве примеров такого типа известных технических устройств можно отметить: - патент РФ на изобретение RU 2 666 339 С1 (опубликован 06.09.2018); - патент РФ на изобретение RU 163522 U1 (опубликован 20.07.2016); - патент РФ на изобретение RU 113818 U1 (опубликован 27.02.2012); - патент Японии на изобретение JP 2007263549 А (опубликован 11.10.2007); - патент Австралии на изобретение AU2013101580А4 (опубликован 09.01.2014).	Данные технические устройства предназначены для обеспечения устойчивой вытяжной вентиляции независимо от температурных и климатических условий в течение всего года. Также обеспечивается надежность и долговечность использования данного технического решения.	Сложность конструкции, трудности монтажа и технического обслуживания, так как для установки необходимо демонтировать большое количества оборудования и монтировать его обратно.

Продолжение таблицы 1

2	Сплинковые оросители (установка пожаротушения)	<p>-патент РФ на изобретение RU 193318 U1 (опубликован 23.10.2019);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 89400 U1 (опубликован 10.12.2009);</p> <p>- патент СССР на изобретение SU 955958 A1 (опубликован 07.09.1982);</p> <p>-патент РФ на изобретение RU 152951 U1 (опубликован 27.06.2015);</p> <p>- патент Кореи на изобретение KR 20130118723A (опубликован 30.10.2013);</p> <p>- патент Японии на изобретение JP 2002224238 A (опубликован 13.08.2002).</p>	<p>Данные технические решения обладают рядом преимуществ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - более технологичный процесс сборки; - упрощение конструкции; -доступность технических материалов и оборудования. 	<p>Использование данных технических устройств повышает риск возникновения заклинивания или ошибочного срабатывания устройства.</p>
3	Автоматическая пожарная сигнализация (АПС)	<p>- патент СССР на изобретение SU 1 300 521 A1 (опубликован 30.03.1987);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 77786 U1 (опубликован 10.11.2008);</p> <p>- патент РФ на RU 187123 U1 изобретение (опубликован 21.02.2019);</p> <p>- патент Китая на изобретение CN205140122U (опубликован 24.11.2015);</p> <p>- патент Японии на изобретение JP2000132758A (опубликован 12.05.2000).</p>	<p>Достигается высокая эффективность пожаротушения и повышение безопасности процесса тушения пожаров при меньшем использовании огнетушащего вещества (увеличена производительность устройства).</p>	<p>Ряд параметров технических решений требуют ручного управления, что усложняет обслуживание данных устройств.</p>
4	Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)	<p>- патент РФ на изобретение RU 183792 U1 (опубликован 02.10.2018);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 2 471 277 C1 (опубликован 27.12.2012);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 170473 U1 (опубликован 25.04.2017);</p> <p>- патент Японии на изобретение JP2008217754A (опубликован 18.09.2008);</p> <p>- патент Китая на изобретение CN106355534A (опубликован 25.01.2017).</p>	<p>Технические решения обладают повышенной надежностью и дополнительным источником бесперебойной работы, благодаря которому исключаются сбои в работе устройства.</p>	<p>Данные устройства затрачивают большое количество энергии для обеспечения бесперебойной работы.</p>

Продолжение таблицы 1

5	Датчики пожарно й сигнализации	<p>- патент СССР на изобретение SU 1 168 993 A1 (опубликован 23.07.1985);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 187749 U1 (опубликован 18.09.2019);</p> <p>- патент РФ на изобретение RU 2 253 902 C1 (опубликован 10.06.2005);</p> <p>- патент Японии на изобретение JP2007305114A (опубликован 22.11.2007);</p> <p>- патент Китая на изобретение CN109741562A (опубликован 10.05.2019).</p>	Приведенные технические решения обладают преимуществом быстрого срабатывания и быстрого обнаружения наличия продуктов сгорания.	Недостатком является сложность конструкции и высокая стоимость конструкции и ее обслуживания.
---	--------------------------------	--	---	---

На основе данного анализа был выявлен ряд факторов, которым необходимо уделить особое внимание и выбраны наиболее эффективные технические решения, применение которых в организации существенно улучшит пожарную безопасность и поможет достигнуть цели проекта.

2.2 Разработка системы эффективных методов предупреждения и ликвидации пожаров на предприятия СТО

Выбор метода предупреждения пожаров на предприятиях СТО зависит от исходных параметров организации, так как некоторые сервисы могут иметь необходимые составляющие и необходимость в изменении может отсутствовать.

В качестве основного метода предупреждения пожаров выбрано улучшение имеющегося противопожарного оборудования и замена технических систем по предотвращению возгораний.

Проблема устаревшего и в некоторых случаях не функционирующего оборудования является актуальной, поэтому необходимо проанализировать

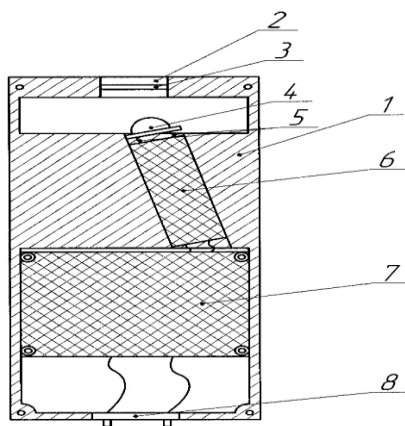
имеющиеся системы и выбрать наиболее оптимальное решение для ее улучшения [20].

«Основные типы пожарных сигнализаций на СТО и их особенности:

- дымовая (наиболее часто применяемая);
- тепловая (бесполезны для СТО, большинство из недорогих систем срабатывает уже тогда, когда помещение выгорело);
- линейные (эффективны в больших цехах);
- пламени (очень дорогие, и используются в основном в помещениях с дорогим электронным оборудованием)» [21].

Наиболее эффективным типом пожарной сигнализации выбрана линейная сигнализация, так как она успешно применяется в аналогичных предприятиях и имеет недорогую стоимость.

В качестве предлагаемого технического решения был выбран охранно-пожарный оповещатель (патент на полезную модель № 170473 Оповещатель охранно-пожарный лазерный, рисунок 1) [16].



- 1- корпус, 2- сквозное отверстие, 3- оптический элемент, 4- лазерный диод, 5- проводное соединение, 6- драйвер тока, 7- преобразователь напряжения, 8- клеммная колодка

Рисунок 1 - Вид сверху оповещателя с взаимным расположением элементов

Принцип его работы: оповещатель охранно-пожарный лазерный указывает безопасное и кратчайшее направление движения людей при эвакуации. Оповещатель охранно-пожарный световой, закрепленный на

потолке, ориентирован так, чтобы стрелка, проецируемая на пол, указывала направление эвакуации для ускорения эвакуации людей из помещения, за счет вывода предупреждающей информации направления эвакуации посредством проецирования изображения стрелки на пол помещения.

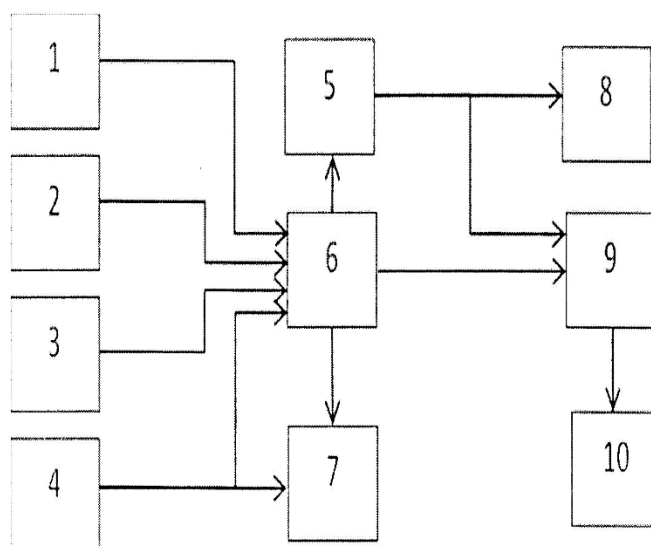
Так как любая техническая установка на предприятии автосервиса нуждается в периодическом обслуживании, важно соблюдать нормы по обслуживанию технических систем.

АПС реагирует на повышение температуры и дым, так как на автосервисе есть зоны, где не рекомендуется установка сигнализации (может произойти ложное срабатывание из-за воздействия воды и тепла), требуется обеспечить работу вентиляционных систем.

Вентиляционные противодымные системы бывают приточные и вытяжные. Наиболее эффективной для организации «АсАвто на Солнечной» является вытяжная вентиляция, так как она гораздо быстрее среагирует при возникновении пожара и сможет быстрее очистить задымленный воздух.

Противодымная вытяжная вентиляционная система необходима для незамедлительного удаления продуктов горения из помещения. Так как она работает совместно с АПС, необходимо спроектировать системы так, чтобы их действие происходило одновременно. Требуется также уделить внимание ознакомлению сотрудников с принципами работы систем для быстрого реагирования в случае опасных ситуаций.

В качестве решения предлагается использовать автоматизированную систему взрывопожарной безопасности (патент на изобретение № 2666339 Автоматизированная система взрывопожарной безопасности на основе газового контроля, рисунок 2) [18].



1 - блок раннего обнаружения аварии, 2 - блок обнаружения пожара, 3 - блок датчиков технологического процесса и оборудования, 4 – метеокомплекс, 5 - блок обработки и передачи информации, 6 - пульт оператора, 7 - блок ликвидации ЧС, 8 - блок оповещения и эвакуации, 9 - блок автоматического ориентирования видеокамер, 10 – видеокамеры

Рисунок 2 - Блок-схема автоматизированной системы раннего обнаружения пожаро-взрывопожарной безопасности на основе газового контроля

Несмотря на сложность конструкции, она обеспечит надежную и долговечную службу, а оперативное действие поможет избежать больших потерь на предприятии.

2.3 Проектирование надежной и оперативной системы анализа передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации

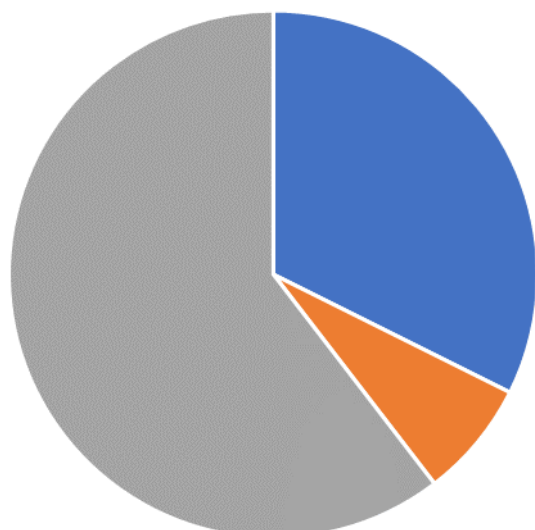
SSP - это система, которая включает в себя устройства сигнализации, используемые для автоматического обнаружения и отправки информации о пожаре, а также приемники пожарной сигнализации и приемники сигналов о повреждениях. Сигналы пожарной тревоги, генерируемые SSP, отправляются с использованием системы мониторинга огня [22].

Мониторинг пожара включает автоматическую отправку пожарной тревоги в соответствующие центры приема сигнала. Пожарная тревога должна быть отправлена без какой-либо человеческой деятельности на постоянно укомплектованный участок, который отправляет персонал и ресурсы пожарной бригады, указанные соответствующим командующим округа (города), где установлена станция приема пожарной тревоги. Сигналы о повреждении системы автоматически отправляются на приемную станцию, управляемую оператором системы мониторинга пожара. В качестве примера можно привести данные, приведенные в отчете Пожарной бригады за 2017 год в Самарской области [23]. Согласно этому документу, подразделения пожарной бригады в 2017 году выезжали на вызов в общей сложности 6921 раз, в том числе:

- 1627 пожаров (1568 малых, 47 средних, 12 крупных);
- 661 ложных тревог (48 умышленных, 403 устраненных до приезда бригады, 216 ложных срабатываний систем мониторинга).

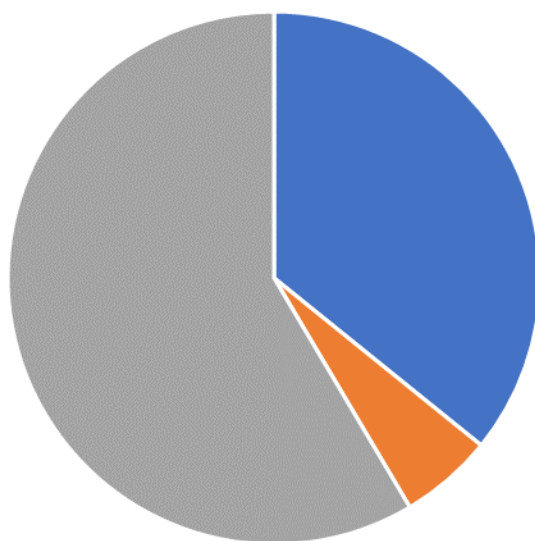
Особое внимание следует уделить данным, указывающим на 216 ложных срабатываний от систем мониторинга пожара из общего числа 661 всех сообщенных ложных тревог, что графически представлено на рисунке 3.

Для сравнения, доля ложных тревог от систем мониторинга пожара в общем количестве ложных тревог в той же области в 2015 году была следующей, где общее количество всех ложных тревог было 458, умышленных - 26, устраненных до приезда бригады - 268 и аварийные сигналы от систем пожарного мониторинга 164 (рисунок 4).



- 33% ложные срабатывания систем мониторинга
- 7% умышленные
- 60% устраненные до приезда бригады

Рисунок 3 - Доля ложных тревог от систем мониторинга пожаров в общем количестве всех ложных тревог в 2017 году в Самарской области



- 36% ложные срабатывания систем мониторинга
- 6% умышленные
- 58% устраненные до приезда бригады

Рисунок 4 - Доля ложных тревог от систем мониторинга пожара в общем количестве всех ложных тревог в 2015 году в Самарской области

Принимая во внимание приведенные данные, можно сказать, что доля 33% ложных тревог от систем мониторинга пожаров в общем количестве всех ложных тревог указывает на необходимость осуществления мероприятий, направленных на уменьшение этого числа. На возникновение ложной тревоги влияют как системы пожарной сигнализации, так и устройства, передающие сигналы о пожаре.

2.3.1 Концентрированные и распределенные системы пожарной сигнализации

Использование систем SSP определенного типа зависит от требований законодательства, относящихся к этим системам, и касающихся охраняемой территории, принятого объема функциональных требований пожарной безопасности, что должно быть учтено в установленной SSP. Одиночные открытые линии контроля, также известные как радиальные линии, должны контролировать площадь пожара до 1600 м² в соответствии с требованиями, тогда как максимальное количество комнат, защищаемых одной открытой линией, составляет 10. Установка допускается до 32 пожарных датчиков или до 10 ручных пожарных сигнализаций (ROP) в пределах одной линии (рисунок 5).

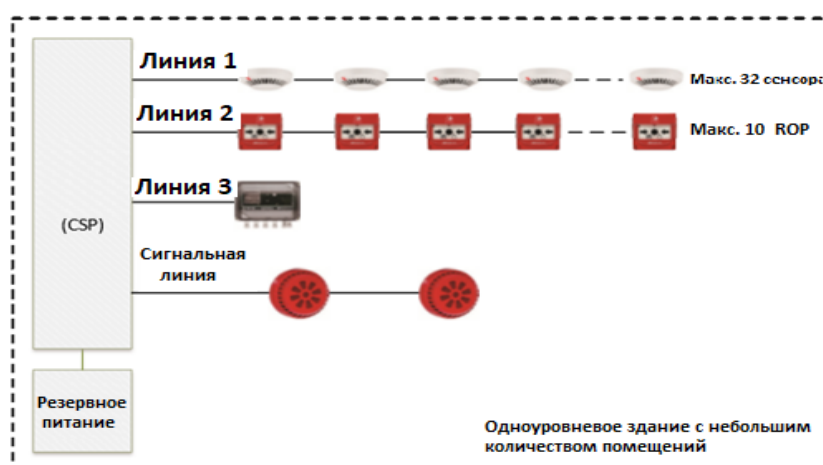


Рисунок 5 - Концентрированный SSP с открытыми линиями мониторинга, без подключения к системе оповещения пожарных

Такие системы могут быть снабжены выходами для подключения передатчиков пожарной сигнализации и передатчиков аварийной сигнализации (UTAPS).

2.3.2 Анализ потока передачи сигналов пожарной тревоги при повреждениях системы

Схематическое представление структуры системы передачи пожарной сигнализации, соответствующей базовым организационным и техническим требованиям представлено на рисунке 6.

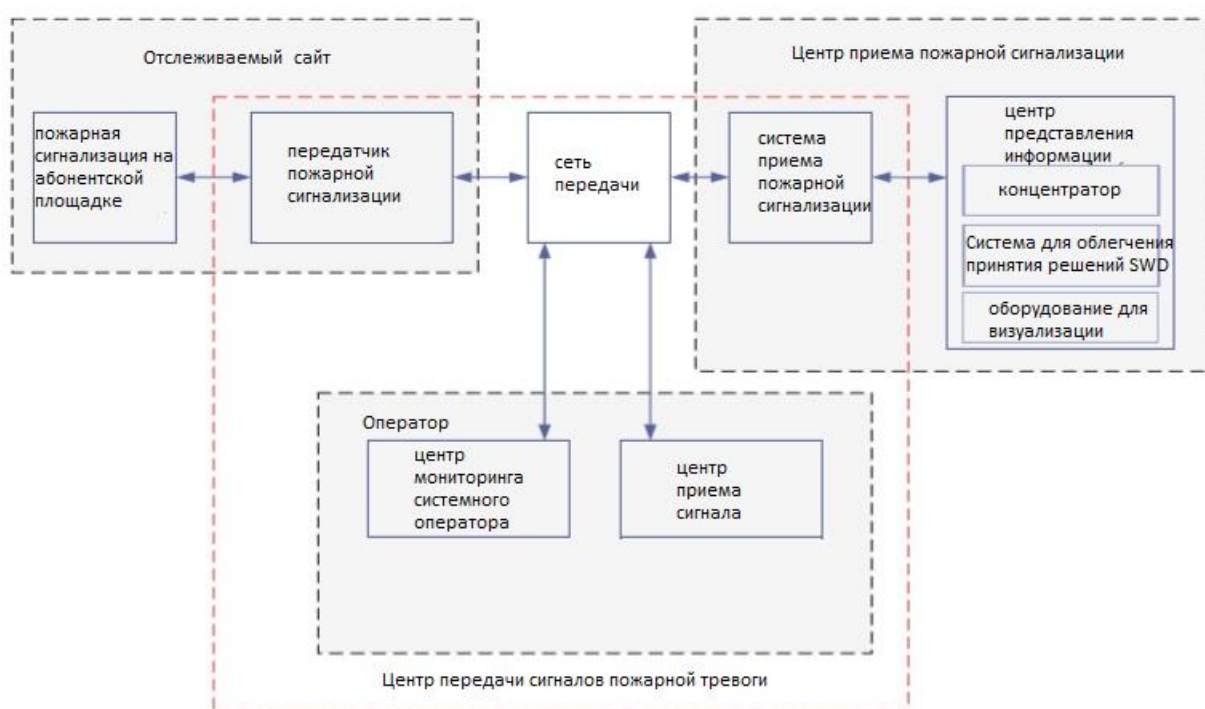


Рисунок 6 - Схема передачи пожарной сигнализации и сигналов о повреждениях

Первым элементом системы передачи пожарной сигнализации является передатчик сигнала пожарной тревоги и повреждения (UTASU), установленный на контролируемой площадке. Сигнал отправляется из UTASU через передающую сеть, непосредственно в центр приема пожарной тревоги (COAP) или через промежуточную станцию оператора системы. Сигналы повреждения отправляются непосредственно оператору системы.

2.3.3 Надежность структуры передачи сигналов пожарной тревоги

Станция пожарной сигнализации CSP на контролируемой площадке подключена к первому элементу системы передачи пожарной сигнализации, а именно к передатчику сигналов пожарной тревоги и повреждения (UTASU), обычно около CSP, в той же комнате. Сигнал отправляется из UTASU через передающую сеть, непосредственно в центр приема пожарной тревоги (COAP) или через промежуточную станцию оператора системы. График, иллюстрирующий работу системы передачи сигналов пожарной тревоги и повреждения, представлен на рисунке 7.

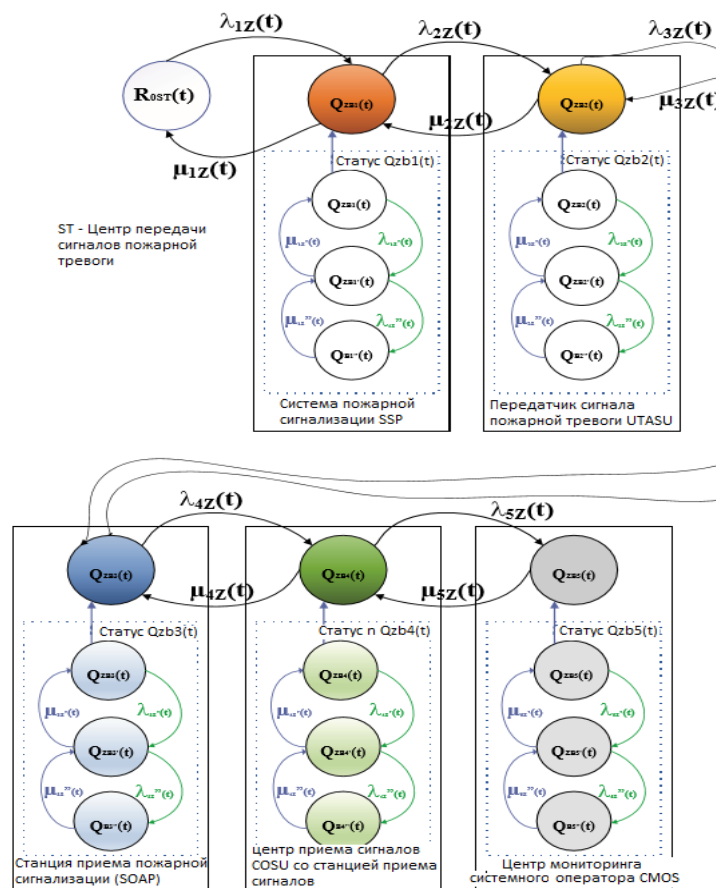


Рисунок 7 - График, иллюстрирующий работу системы передачи сигналов пожарной тревоги и повреждения

Сигналы о повреждениях системы отправляются непосредственно оператору. Если система повреждена, оператор обязан уведомить центр

приема пожарной сигнализации о повреждении, препятствующем отправке пожарной сигнализации с контролируемого участка. После ремонта оператор должен немедленно уведомить центр приема пожарной сигнализации (СОАР) о восстановлении функциональности системы. Система может присутствовать в следующих функциональных состояниях: $RO(t)$ - функция вероятности для системы в полностью рабочем состоянии. SPZ , $QZB(t)$ - функция вероятности для системы, представляющей угрозу безопасности. условие SZB , $QB(t)$ - функция вероятности для системы в состоянии сбоя безопасности SB .

2.3.4 Проектирование системы эффективной передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации в аварийных ситуациях

Система передачи сигналов пожарной тревоги и повреждения имеет сложную структуру надежности смешанного, параллельно-последовательного типа. Система передачи включает в себя систему SSP, которая может использовать различные избыточности, например, избыточность элементов - например, датчики, ROP; избыточность сопротивления - различные кабельные трассы и узлы, избыточность информации - различные методы, используемые для отправки информации в системы представления информации и т. д. Цель использования таких технических решений в системах SSP - повысить эксплуатационную надежность таких систем во всех функциональных условиях, например мониторинг, повреждение или тревога. Такие системы также используют правило безопасного повреждения, применимое, в частности, к станциям сигнализации. Одно повреждение системы не приводит к катастрофическим последствиям. Передатчики пожарной сигнализации, установленные на объекте, контролируемом системой SSP, должны быть расположены в отделенном от огня помещении, что значительно повышает надежность передачи сигналов пожара и повреждения. Система передачи сигналов пожарной тревоги и повреждения всегда должна основываться на проводном соединении и системе радиопередачи [24].

Выводы по разработке системы технических решений, направленных на улучшение техносферной безопасности.

Для функционирования предприятий СТО необходимо уделять большое внимание системам оповещения и передачи тревожных сигналов.

После проведения анализа технических решений по улучшению противопожарной безопасности было определено, что лучшим решением является использование систем SSP, которые повышают эксплуатационную надежность во всех функциональных условиях, например, мониторинг тревожных сигналов.

В качестве предлагаемого технического решения также был выбран охранно-пожарный оповещатель (патент на полезную модель № 170473 Оповещатель охранно-пожарный лазерный), который ориентирован так, чтобы стрелка, проецируемая на пол, указывала направление эвакуации для ускорения эвакуации людей из помещения, за счет вывода предупреждающей информации направления эвакуации посредством проецирования изображения стрелки на пол помещения, что приведет к сохранению человеческих жизней и уменьшит риск возникновения паники.

3 Расчетные методы исследования пожаров

3.1 Моделирование пожара и его прогнозирование

Одним из наиболее успешных и наиболее часто используемых способов прогнозирования потенциального пожара является использование программного обеспечения для моделирования, а одним из наиболее часто используемых программ для решения этой проблемы является программное обеспечение FDS.

Fire Dynamics Simulator (FDS) представляет модель вычислительной гидродинамики (CFD) потока пожарной жидкости. Это программное обеспечение решает численно форму вихревого моделирования уравнений Навье-Стокса, подходящих для низкоскоростного потока с тепловым приводом, с акцентом на перенос дыма и тепла от пожаров.

FDS - это бесплатное программное обеспечение, разработанное Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) Министерства торговли США в сотрудничестве с Центром технических исследований VTT Финляндии. На протяжении всей своей разработки FDS была нацелена на решение практических проблем пожара в технике противопожарной защиты, в то же время предоставляя инструмент для изучения фундаментальной динамики пожара и горения.

FDS - это компьютерная программа, которая решает уравнения, описывающие развитие процесса пожара. Это программа на языке FORTRAN, которая считывает входные параметры из текстового файла, вычисляет численное решение управляющих уравнений и записывает заданные пользователем выходные данные в файлы.

Smokeview - это сопутствующая программа, которая читает выходные файлы FDS и создает анимацию на экране компьютера. Smokeview имеет простой интерфейс на основе меню. Однако существуют и другие

программы, разработанные для создания текстового файла, содержащего входные параметры, необходимые для FDS, такие как PyroSim 2012 [25].

3.1.1 Пример моделирования пожара на базе электротехнической школы «Никола Тесла»

Первоочередной задачей прогнозирования потенциального пожара является спасение человеческих жизней, а также сохранение материальных ценностей в виде дорогостоящего оборудования, части здания или здания в целом и так далее. Многие объекты с большим количеством людей требуют детальной проработки и тщательного подхода к проектированию соответствующей системы развития процесса пожара. Хорошим примером такого рода объектов являются школы, университеты, детские сады и тому подобное.

В качестве примера моделирования пожара рассмотрена электротехническая школа «Никола Тесла» - средняя профессиональная школа с более чем 800 учениками и более чем 100 работающими. Сам школьный объект имеет большие габариты и состоит из лабораторной части, классной комнаты с кабинетами, туалетами, библиотекой и физкультурным залом. Ориентировочная площадь объекта составляет около 2542,91 м². Объект имеет три этажа с максимальной высотой около 12 метров. Лабораторная часть Электротехнической школы «Никола Тесла» также имеет три этажа.

Имитационная модель Электротехнической школы «Никола Тесла» в Нише разработанная с помощью программного обеспечения PyroSim, вид спереди, вид сбоку, вид сзади и вид изнутри наглядно представлены на Рисунках с 8 по 11.

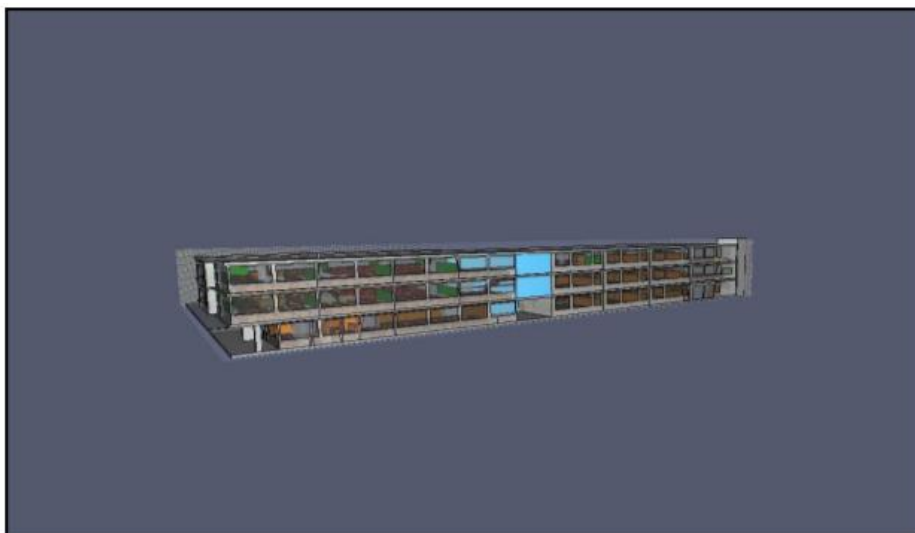


Рисунок 8 - Имитационная модель Электротехнической школы «Никола Тесла» - вид сбоку в программном обеспечении PyroSim 2012

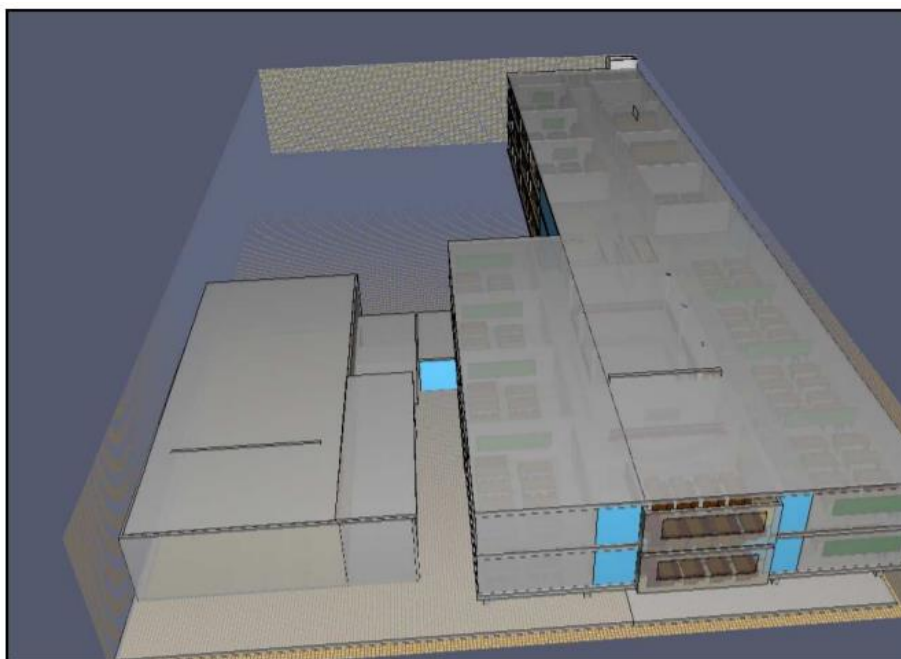


Рисунок 9 - Имитационная модель Электротехнической школы «Никола Тесла» - вид спереди в программном обеспечении PyroSim 2012

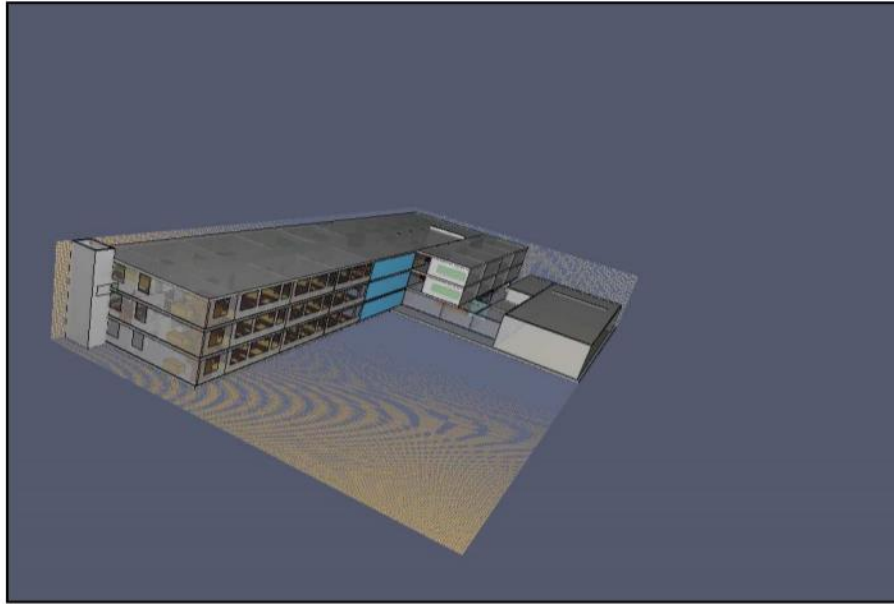


Рисунок 10 - Имитационная модель Электротехнической школы «Никола Тесла» - вид сзади в программном обеспечении PyroSim 2012



Рисунок 11 - Имитационная модель Электротехнической школы «Никола Тесла» - вид изнутри в программном обеспечении PyroSim 2012

Список объектов, которые были расположены внутри школы (в лабораториях, столовой, столовой), которые могут оказать значительное

влияние на пожар во всей школе, с ее собственными размерами и количеством представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Список объектов в Электротехнической школе «Никола Тесла»

Объект	Количество объектов	Размеры
Стул	967	0,4м×0,4м×0,4м (толщина 0,05м)
Стол плотника	1	3м×1,5м×0,75м (толщина 0,042м)
Стол средний	76	2м×0,8м×0,75м (толщина 0,035м)
Шкаф большой	22	1,8м×1м×2м
Шкаф малый	37	1,5м×1м×1м
Пол	34	8,9м×6,8м×0,0015м
Дверь	12	1,97м×0,4м×0,03м
Пол	1	13м×11м×0,0025м
Скамья	6	4м×0,25м×0,25м (толщина 0,1м)
Стол	55	2,5м×1,27м×0,0025м
Панели проектора	7	2м x 2м
Деревянные панели	2670	1м×0,04м×0,005м
Двери	61	1,97м×0,85м×0,037м

На первом этаже лабораторной части расположены несколько лабораторий, офис персонала, столовая, место отдыха для учеников и помещение для холодильников. На первом и втором этаже есть только лаборатории. Учебная часть Электротехнической школы «Никола Тесла» также имеет три этажа. На первом этаже находятся библиотека, кабинет учителя, административные помещения (кабинеты директора и заместителя директора, юридическая и финансовая службы), комната ожидания и приемная для родителей. Первый и второй этаж учебных помещений состоят из восемнадцати классных комнат, по девять на каждом этаже. На каждом этаже есть туалеты для мужчин и женщин. Зал физкультуры представляет особый объект, который связан со школой на первом этаже.

3.1.2 Моделирование пожара и его результаты

Полная имитация распространения пожара в электротехнической школе «Никола Тесла» из Ниша длилась 600 секунд.

Сам пожар был смоделирован с помощью горелки мощностью 300 кВт. На каждом этаже было несколько мест, где была реализована имитация пожара. Причиной этого был тот факт, что на каждом этаже были разные конструкции и материалы с разными горючими свойствами.

Большое количество датчиков, имитирующих термопары, были расположены для измерения наибольшей температуры в каждом помещении и в целом объекте.

3.1.3 Анализ результатов моделирования

Моделирование длилось от 18 до 23 часов. В зависимости от положения горелки, например, от стола, верхней части шкафа, были получены разные результаты моделирования. Рост температуры в течение времени моделирования в 600 секунд, когда термопары были расположены на 10 см выше горелки показан на рисунках с 12 - 14. Различные результаты ожидалось в зависимости от того, что горелки были на разных материалах. Результаты для классных комнат были почти такими же, в то время как результаты для других комнат в «Никола Тесла» из Ниша отличались. Очень важно отметить, что самые большие температуры были зафиксированы на втором этаже лабораторной части и что они увеличивались на протяжении всех 600 секунд. Наибольшее значение температуры было 949, 76 °С, и оно было зарегистрировано в лаборатории 2. Второй этаж был закончен несколько лет назад, в соответствии с базовым зданием, которое было построено в 1972 году, и большая часть его была построена из легковоспламеняющихся материалов, таких как фанера, дуб, гипс и тому подобное. Самое стремительное повышение температуры и дыма были также зарегистрированы в этой части школы. Анализируемые результаты были показаны для нормальных условий и определенного положения горелки. Для различных значений горелки были реализованы похожие формы кривых.

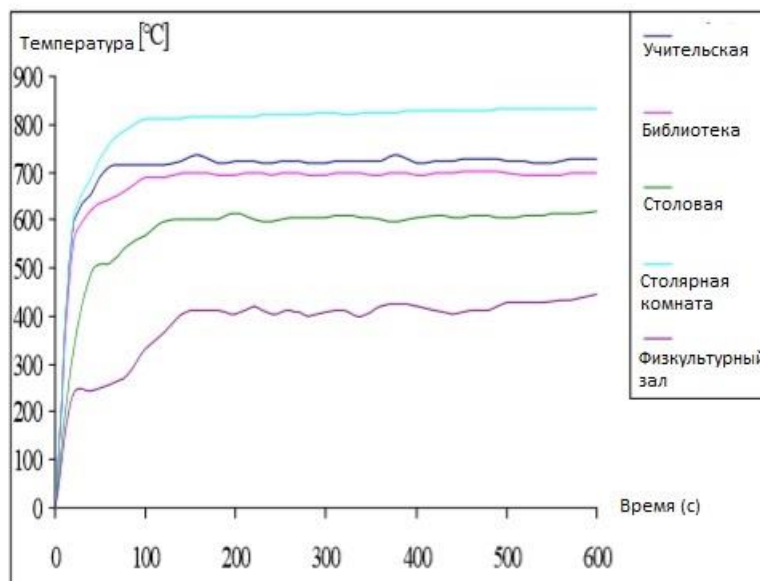


Рисунок 12 - Температура от термопар, которые были расположены на 10 см выше горелки для помещений на цокольном этаже

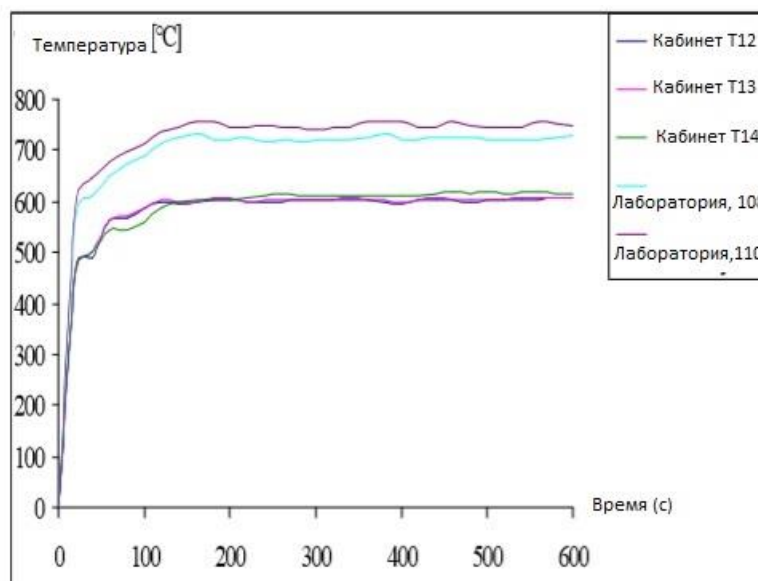


Рисунок 13 - Температура от термопар, которые были расположены на 10 см выше горелки для помещений на первом этаже

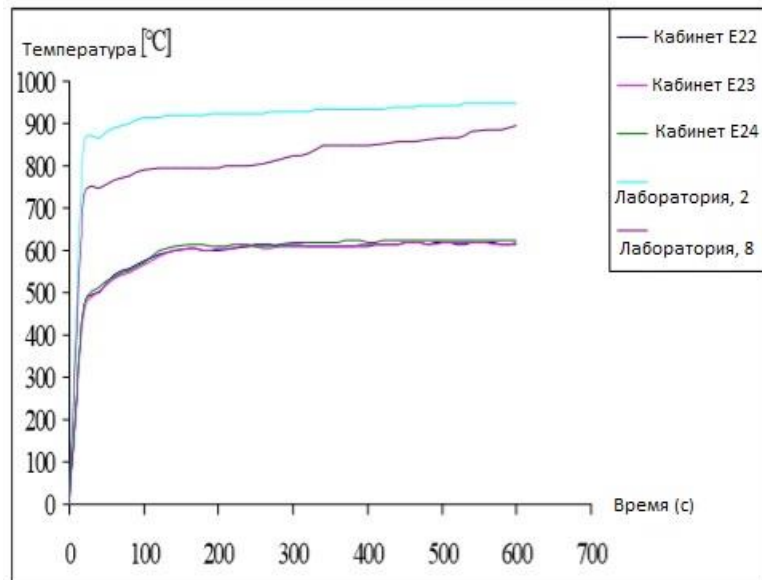


Рисунок 14 - Температура от термопар, которые были расположены на 10 см выше горелки для помещений на втором этаже

Прогнозирование огня - очень важная и сложная задача, особенно для объекта с большим количеством людей. Обнаружение пожара на ранней стадии очень важно, в противном случае пожар может нанести значительный ущерб свойствам материала и разрушить сам прибор для обнаружения пожара. Имитация некоторого конкретного объекта, позволяет определять различные параметры, например, температуру, скорость тепловыделения, дымность и т.п. Знание этих параметров и возможного распространения пожара является существенным фактором для обнаружения пожара на ранней стадии, строительства и определения возможных путей эвакуации. Результаты моделирования могут показать оптимальные позиции для пожарных извещателей, детекторов дыма, детекторов угарного газа, детекторов пламени и других противопожарных установок для обеспечения безопасности человеческих жизней, свойств материалов и прекращения пожара. Результаты подобного анализа также могут показать самые быстрые пути эвакуации людей. На объектах, где много людей внутри, во время пожара может произойти неконтролируемое событие. Например, одним из таких событий является паника. Принимая во внимание тот факт, что пожар

может вызвать много дыма с окисью углерода, который может гораздо быстрее связывать гемоглобин с кислородом (в несколько сотен раз быстрее), вместе с паническим и стрессовым поведением, может вызвать трагические последствия.

В связи с тем, что наша компания развивается, в будущем планируется расширение территории СТО, в том числе рассматривается вариант постройки второго этажа, тем самым рассмотренный выше метод моделирования, прогнозирования и расчета пожара, в дальнейшем может пригодиться при проектировании системы пожарной безопасности.

3.2 Метод расчетной оценки возможности постепенного разрушения зданий в результате пожара

Статистика пожаров и пожароопасных происшествий показывает, что одним из наиболее опасных факторов является разрушение несущих железобетонных конструкций. В этом случае разрушение достигает своего наивысшего уровня, так как ущерб, причиненный одному или нескольким элементам конструкций, приводит к серии обрушений других элементов, что приводит к обрушению части или целого здания. В случае постепенного разрушения, социально-экономические потери будут максимальными. Одной из эффективных мер по обеспечению сохранности зданий и их сооружений является внедрение современных методов расчета для прогнозирования возможности постепенного разрушения и применения соответствующих инженерных мер по укреплению строительных конструкций.

Согласно исследованиям, одним из наиболее эффективных и экономичных методов инженерной оценки возможности поступательного разрушения зданий и сооружений является кинематический метод. Метод используется в исследованиях и определяет работу внутренних сил (W) и внешнюю нагрузку (U) для каждого из ранее принятых механизмов прогрессивного разрушения, в который преобразуется статическая система.

Условием сохранения статической системы без изменений является решение проблемы неравенства 1:

$$W \geq U \quad , \quad (1)$$

Модель каркаса здания, находящегося в критическом состоянии, предполагает полное удаление разрушенной колонны из конструкции здания. Удаленная колонна больше не считается частью механизма, преобразующей здание, вместе с имеющимися в нем пластиковыми шарнирными соединениями. В то же время у этого метода есть определенный недостаток: линии пластиковых шарнирных соединений прямые, а разделенные зоны между линиями пластиковых шарнирных соединений имеют форму треугольных граней. Этот подход может привести к тому, что необоснованная перестройка модели пластических линий шарнирных соединений дополнительными линиями может привести к значительному искажению полученных результатов и обуславливает необходимость введения дополнительных коэффициентов запаса прочности для исследуемых конструкций.

Другой подход к расчетному прогнозированию прогрессирующего разрушения основан на использовании конечных элементов в сочетании с разделением и их совместным нанесением, вновь сформированными в процессе расчета аварийной системы. Этот подход требует использования трудоемких и долгосрочных расчетов с использованием сложного программного обеспечения и квалифицированных инженеров [26].

3.2.1 Цели и задачи метода

Целью исследования (основные результаты которого представлены в данной главе) является разработка математического описания работы внешних и внутренних сил в кинематической модели системы, в которую трансформируется структура здания при вставке пластиковых шарнирных соединений в потолках. Они ограничивают криволинейные участки этой

геометрически изменяемой системы совершенствуя кинематический метод расчета для прогнозирования постепенного разрушения в зданиях с железобетонными конструкциями.

3.2.2 Основные теоретические положения для расчета

Для рассмотрения постепенного разрушения была использована универсальная модель расчета. Эта модель соответствует кинематическому расчету части здания с одним элементом, который предполагается разрушить в случае пожара. Также принимается во внимание, что разрушение колонны происходит после разрушения потолка, которое может произойти в результате возможного пожара.

Для рассмотрения прогрессивного разрушения была использована универсальная модель расчета (рисунок 15). Эта модель соответствует кинематической схеме части здания с одним элементом, который предположительно разрушится в случае пожара. Также учитывается, что разрушение колонны происходит после разрушения потолка, которое может произойти в результате возможного пожара.

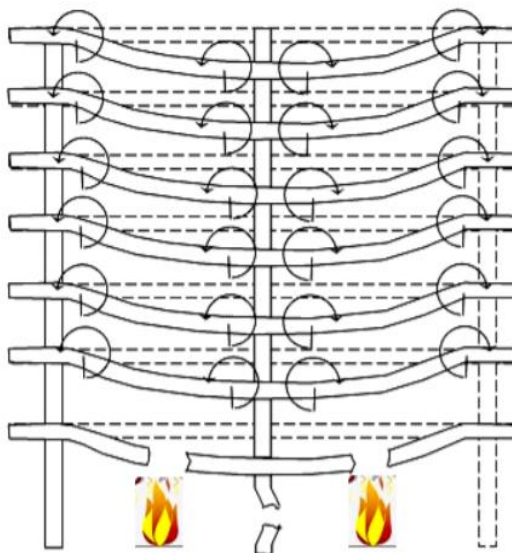


Рисунок 15 - Расчетная модель, используемая для расчета прогрессивного разрушения здания с железобетонными конструкциями

Модель воспроизведения линий пластического шарнирного соединения по кривым Безье представлена на рисунке 16.

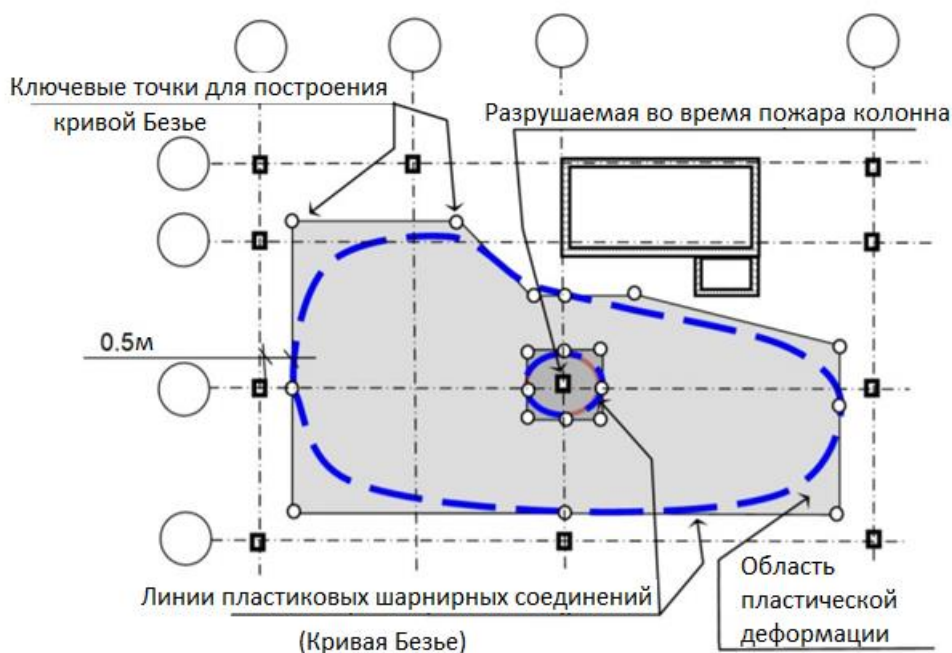


Рисунок 16 - Воспроизведение линий формирования пластического шарнирного соединения по кривым Безье

Согласно рисунку 16 следует рассмотреть две линии формирования пластических шарнирных соединений: линию вокруг колонны (диафрагма жесткости) и линию, которая охватывает сжатые несущие элементы выбранной части здания, которая подвергается воздействию прогрессивного разрушения. Применение аппроксимации (замены) обусловлено тем, что кривые Безье непрерывны относительно производных первого и второго порядка, поэтому позволяют учесть особенности зоны пластической деформации и определяют текущие значения соответствующих геометрических параметров используются для определения как внутренних, так и внешних силовых факторов.

Уравнение функции, описывающей кривую Безье, записано в неявной форме и представляет собой систему двух параметрических уравнений 2 и 3:

$$x(u) = \sum_{k=1}^n x_k B_{k,n}(u), y(u) = \sum_{k=1}^n y_k B_{k,n}(u), \quad (2)$$

где x_k и y_k - координаты узловых точек для построения кривой Безье.

В формуле (2) полиномы Бернштейна определяются по формуле 3:

$$B_{k,n}(u) = \frac{n!}{k!(n-k)!} u^k (1-u)^{n-k} \quad (3)$$

где n - количество контрольных точек;

k - текущий номер узловой точки.

Гипотеза о том, что пластиковые линии шарнирных соединений могут быть воссозданы с использованием кривых Безье, была принята в предположении о расположении пластиковых шарнирных соединений на касательных, которые делят параллельные линии на ряд неповрежденных столбцов и стенок в процентах, коррелирующих с переменной функцией кривых Безье.

3.2.3 Математический аппарат для расчета работы внутренних сил

Используя выражения (2) и (3), виртуальная работа внутренних сил может быть определена в соответствии с моделями, показанными на рисунках 17 и 18.

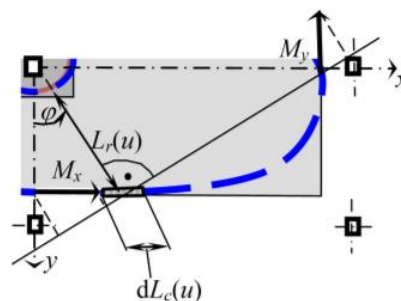


Рисунок 17 - Модель для определения работы граничных внутренних сил в пластиковых шарнирных соединениях потолка

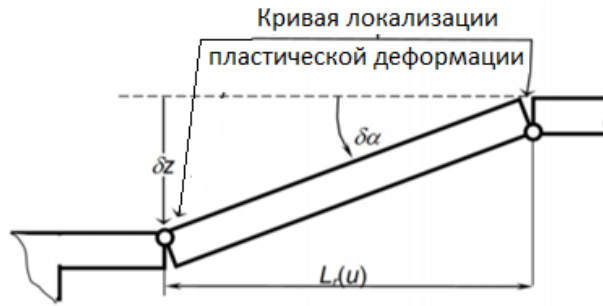


Рисунок 18 - Модель определения возможных смещений при определении работы внутренних сил в потолках

Следующие расчетные модели определяют работу внутренних сил на возможном смещении δz , используя следующие выражения 4-7:

$$W_{sl1} = \int_0^1 (M_{x1} \cos \varphi + M_{y1} \sin \varphi) L_{c1}(u) \frac{\delta z}{L_r(u)} du,$$

$$W_{sl2} = \int_0^1 (M_{x2} \cos \varphi + M_{y2} \sin \varphi) L_{c2}(u) \frac{\delta z}{L_r(u)} du, \quad (4)$$

$$\cos \varphi = \frac{tg \varphi}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi}}, \sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi}}, tg \varphi = y(u) / x(u) \quad (5)$$

$$L_{c1}(u) = \sqrt{\left(\frac{dx_1(u)}{du}\right)^2 + \left(\frac{dy_1(u)}{du}\right)^2}$$

$$L_{c2}(u) = \sqrt{\left(\frac{dx_2(u)}{du}\right)^2 + \left(\frac{dy_2(u)}{du}\right)^2} \quad (6)$$

$$L_r(u) = \sqrt{(x_1(u))^2 + (y_1(u))^2} - \sqrt{(x_2(u))^2 + (y_2(u))^2}, W = W_{sl1} + W_{sl2} \quad (7)$$

где M_x , M_y - боковые граничные моменты при пластической граничной деформации потолочных плит, определяемые методом граничных деформаций.

Первые производные функций, описывающих кривые Безье, определяются следующим выражением 8:

$$\frac{dx(u)}{du} = \sum_{k=1}^n x_k B'_{k,n}(u), \frac{dy(u)}{du} = \sum_{k=1}^n y_k B'_{k,n}(u), B'_{k,n}(u) = B_{k,n}(u) \frac{k-nu}{u(1-u)} \quad (8)$$

Также могут применяться следующие формулы 9 и 10:

$$x_2(u) = \sum_{k=1}^n x_k B_{k,n}(p(u)), y_2(u) = \sum_{k=1}^n y_k B_{k,n}(p(u)), \quad (9)$$

$$p(u) = \frac{p_1(u) - p_2(u) + \sqrt{p_2^2 - p_1(u)p_3(u)}}{p_1(u) - 2p_2(u) + p_3(u)}, p_k(u) = y_k - x_k \frac{y_1(u)}{x_1(u)} \quad (10)$$

При реализации этого метода расчета, значение переменной должно быть получено для определения функции кривой Безье вокруг вертикального опорного элемента, соответствующего текущему углу φ .

3.2.4 Математический аппарат для расчета работы внешних сил

Следующие расчетные модели определяют работу внутренних сил в одном квадранте на возможном смещении δz , используя следующие выражения 11-13:

$$U_{sl} = U_{sl1} + U_{sl2}, U_{sl1} = \frac{1}{6} \eta_{fi} Q_{sl} \delta z \int_0^1 L_{c1}(u) du - \frac{1}{2} \eta_{fi} Q_{sl} \delta z \int_0^1 \frac{L_{c1}(u) L_{r2}(u)}{L_r(u)} \left(\frac{1}{3} L_{r2}(u) + L_r(u) \right) du \quad (11)$$

$$U_{sl2} = \frac{1}{2} \eta_{fi} Q_{sl} \delta z \int_0^1 L_{c2}(u) L_{r2}(u) du - \frac{1}{4} \eta_{fi} Q_{sl} \delta z \cdot S_c, \quad (12)$$

$$L_{r1}(u) = \sqrt{(x_1(u))^2 + (y_1(u))^2}, L_{r2}(u) = \sqrt{(x_2(u))^2 + (y_2(u))^2} \quad (13)$$

Также необходимо определить работу внешних сил за счет собственного веса колонн. Для этого применяется следующая формула 14:

$$U_c = (\rho_c A_c + \rho_s A_s) L_c (1 + 1/N) \delta z \quad (14)$$

где ρ_c - плотность бетона;

ρ_s - плотность арматурной стали;

N - количество потолков, которые не были разрушены пожаром;

S_c - площадь поперечного сечения колонны или диафрагмы жесткости;

S_s - площадь поперечного сечения колонны усиления или диафрагмы жесткости;

L_c - длина колонны в рамках пола.

Общая работа внешних сил при возможных смещениях выглядит следующим образом по формуле 15:

$$U = U_{sl} + U_c \quad (15)$$

Интегрирование выражений (4), (11) и (12) выполняется одним из численных методов. В этом конкретном случае рекомендуется применять метод Ромберга для повышения точности вычислений.

3.2.5 Расчетный метод оценки возможности прогрессивного разрушения

Для расчета, направленного на определение возможности постепенного разрушения здания в результате пожара, необходимо выполнить следующие процедуры:

- определить, что одна или несколько колонн (диафрагм) удаляются из конструкции жесткости здания, разрушенной в результате пожара;

- определить точки границы зоны пластических деформаций для первой и второй линий пластиковых шарнирных соединений; полученная зона должна иметь границы, проходящие через точки, расположенные на расстоянии 0,5 м от групп неповрежденных колонн и диафрагм жесткости, а полученная зона разделена на несколько частей осевыми линиями, проведенными через центр тяжести секции колонны или секции группы колонн;

- определить граничные моменты в потолочных плитах в условиях нормальных температур;

- определить местоположение точек, через которые должны проходить кривые локальной пластической деформации (линия Безье); координатный вектор этих точек записывается для параметрических функций, которые описываются в соответствии с формулой (2).

- применяя формулы (4) - (10), определить возможную работу внутренних сил в каждой из частей, на которые ранее была разделена зона пластических деформаций, расположенных вокруг удаленных колонн; общий объем возможной работы определяется как сумма всех полученных компонентов;

- применяя формулы (11) и (15), определить сумму возможной работы внешних сил;

- проверить выполнение условия (1) и сделать вывод о возможности постепенного разрушения здания в случае пожара.

В ходе исследования были получены следующие результаты:

- разработан математический аппарат для определения виртуальной работы для внешних и внутренних сил кинематических систем, в которые входят конструктивные системы зданий, в том числе вышедшие из строя, преобразованы в результате пожара;

- на основе предложенного математического аппарата усовершенствован метод кинематического расчета для прогнозирования возможности прогрессивного разрушения [27].

3.3 Методы анализа риска возникновения пожара и планирование систем противопожарной безопасности на ранней стадии проектирования

3.3.1 Анализ развития пожара на СТО с целью повышения пожарной безопасности

На стадиях воспламенения и развития пожара, помимо изучения образования дыма и токсичных газов, мы должны проанализировать повышение температуры с течением времени (чтобы проверить, способны ли конструкции противостоять термическим воздействиям). Большинство жертв умирают от удушья и интоксикации из-за высокой концентрации продуктов сгорания (CO , CO_2 , HCN , Sox , NOx). Эти виды газов при высоких температурах могут вызывать ожоги, раздражение глаз и проблемы с дыханием, вызывая смерть, даже если человек не подвергался прямому воздействию пламени. Дым, цвет которого определяется материалами, участвующими в сгорании, имеет способность уменьшать видимость, что затрудняет спасение жертвы и помощь спасателей. Следовательно, на первом этапе развития пожара необходимо особое внимание уделить обеспечению безопасности конструкции во время развития пожара [28].

Чтобы обеспечить безопасные условия в помещении, важно изучить такие параметры, как огневая позиция, количество горючих материалов и протяженность вентиляционных отверстий, влияющих на возможное возникновение вспышки, что является значимым моментом после того, как пожар полностью развился.

Как только образуется вспышка, единственная процедура, которая может быть применена, — это держать под контролем огонь до тех пор, пока не погаснет пламя. На различные стадии, характеризующие развитие пожара (до и после вспышки), влияют значения RHR (скорость выделения тепла), которые связаны с тепловой мощностью [кВт] и скоростью распространения

пламени. На RHR влияют скорость пламени, количество воздуха и скорость обмена, также важно определить значение RHR_{lim} , которое, если оно не будет превышено, не позволит огню достичь вспышки.

Это связано с температурой, которая достигается в этой области: необходимо избегать температуры (около 500 °C), которая может разбить окна. Действительно, такое условие провоцирует добавление горючего реагента, который питает пламя. Если эту ситуацию невозможно предотвратить, стойкость конструкции должна быть обеспечена в течение определенного промежутка времени, чтобы спасательные отряды смогли работать в безопасных условиях во время развития пожара вплоть до его тушения [29-32].

Вот почему важно контролировать внутреннюю температуру во время фазы после вспышки.

3.3.2 Подходы для анализа пожара

Существует два различных подхода, которые могут быть применены для анализа пожара на этапе после вспышки. Первый исследует тепловые воздействия номинального огня на конструктивные элементы. Вторым методом используется система оценивания на основании показателей эффективности, категорию которого можно определить в соответствии с точностью, требуемой при оценке.

Согласно нормативам, описывающим возгорания, используют модели условного пожара, которые до сих пор широко применяются в некоторых странах (например, в Италии). Для моделирования условного пожара требуются основные входные данные — это время, тогда как единственными выходными данными является температура газов относительно времени $T(t)$, без учета внешней структуры здания и пространственного распределения горючего.

Методика проведения исследования заключается в оценке развития изменений температуры пожара на основании графика $(T-t)$, определенного регламентом EN 1991-1-2 [33]. В отношении пожарной нагрузки можно

определить максимально достигаемую температуру пожара. Следовательно, можно определить фазу вспышки (переход из начальной стадии пожара в объемную), которую важно избегать, устанавливая максимальное ограничение по времени (t_{lim}) на основе объема O_2 в рассматриваемой области. Также необходимо определить максимально допустимую эквивалентную нагрузку на имеющиеся материалы, то есть количество материала, сгораемое за этот промежуток времени. Инженер-проектировщик определяет вышеупомянутую эквивалентную нагрузку, с целью не превышать значение RHR_{lim} , установленное нормами. Такой метод не принимает во внимание ни тип деятельности организации, ни тип горючего, но его можно легко применять, потому что любой тип пожара может быть связан изменением температуры на основании графика (Т-t). Иногда эта методика считается слишком сложной по сравнению с требуемыми условиями надежности. В крайнем случае, можно использовать другой подход – «Проектирование противопожарной безопасности», который способен прогнозировать динамическое развитие пожара посредством применения моделей оценки.

Этот метод используется в разных странах (особенно в англоязычных), тогда как в Италии он не является обязательным, и инженер может использовать его по своему усмотрению. Этот метод исследует тепловые воздействия по отношению к физическим моделям и может использоваться для описания любого типа пожара с помощью моделей развития пожара, которые могут быть либо упрощенными, либо усовершенствованными (в них используются кривые $RHR(t)$ тепловыделения, которые не имеют ограничений для их применения и может привести к моделированию CFD - методам вычислительной гидродинамики). По этим кривым можно определить, как пожар и его последствия детально влияют на здание, оборудование и людей. Основным преимуществом оценочного метода является исключительная гибкость, позволяющая моделировать сложные типы пожаров с предварительной оценкой некоторых входных параметров

(расположение оцениваемой области, тип и количество горючего вещества, вентиляции, кривая RHR: скорость высвобождения тепла/время нагрева и т.д.), которым должны быть присвоены переменные данные в зависимости от типа модели. Поэтому точность результатов расчета зависит от величины значения рабочей модели и входных данных. Для достижения максимальной точности необходимо ввести ограничение применяемого подхода: экспериментальная проверка используемой модели иногда может являться проблемой из-за разрушительного характера испытаний, которые должны быть выполнены. Более того, комплексные модели требуют длительной оценки и временных интервалов [34-35].

3.3.3 Планирование систем противопожарной безопасности на ранней стадии проектирования

В качестве примера рассмотрим конкретный случай и, используя оценочный метод, определим, что развитие пожара контролируется как видом горючего, так и воздушной средой. Основная задача исследования заключается в том, чтобы провести общий анализ и определить, какие значения рассматриваемых параметров, таких как пожарная нагрузка и скорость выделения тепла, приводят к пожару: (i) воздействие температуры, которая, если не превышена, гарантирует стабильность конструкций (запланированных согласно параметрам REI) во время проведения мероприятий по обеспечению безопасности; (ii) установка в этой области температур, которые в случае превышения тепловых потоков, должны поддерживаться под контролем, чтобы гарантировать механическую устойчивость конструкций. Из этого следует, что для инженера-проектировщика важно применить подход к планированию проекта помещения с автоматическими системами пожаротушения.

Анализ уровня безопасности конструкций проводится путем сравнения кривой графика (T-t) во время фазы после вспышки (предписывающий метод) и естественной кривой (метод, учитывающий изменения значений нагрузки горючего «q» и скорость выделения тепла «O»).

Когда кривая графика (Т-t) ISO 834 [36] представляет более низкие температуры, чем у естественных кривых, стабильность структур не может быть гарантирована. Результаты, которые были определены на основе разновидности типа здания, «q» и «O», дали возможность реализовать график, способный предоставить необходимую информацию архитекторам при установке противопожарных систем. Действительно, если график описывает эти системы, можно снизить температуру при наличии пожара, чтобы гарантировать стабильность конструкции и позволить спасательным отрядам работать в безопасных условиях, пока происходит тушение пожара.

Проведенный анализ был полезен для получения графика, основанного на типе здания и значениях «q» и «O». Это может являться руководством для архитектора для того, чтобы на ранней стадии проектирования выполнить планирование, учитывающее необходимые противопожарные системы безопасности для рассматриваемой конструкции (в отношении наиболее важных из существующих нормативов) [37].

3.3.4 Методика исследования, основанная на данных температуры пожара и сопротивления конструкции здания

Во время этого исследования был изучен пожар в строении, используемом для ремонта и обслуживания автомобилей. Размер конструкции составляет $32 \times 21 \times 5$ м ($L_1 \times L_2 \times Z$), стены были сделаны из бетона (плотность стены = 2300 кг м^{-3} , удельная теплоемкость $c_p = 913 \text{ Дж, кг}^{-1} \text{ К}^{-1}$ и проводимость = $1,45 \text{ Вт м}^{-1} \text{ К}^{-1}$). Структура характеризуется 5 окнами 1.20×2.00 м (подоконник в 2 м от земли) и 2 дверями 3.20×3.50 и $2,40 \times 3,50$ м ($B_1 \times B_2$) соответственно 25 000 кг древесины были размещены на поверхности площадью 100 м^2 с теплотворной способностью $H = 17,5 \text{ МДж Кг}^{-1}$ (рисунок 19).

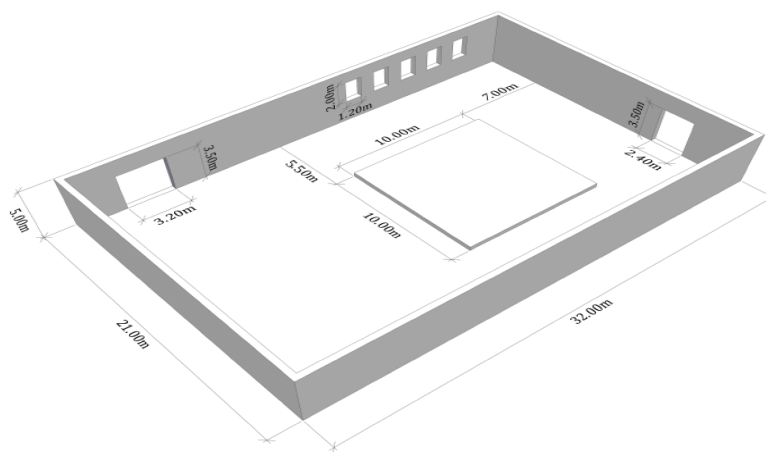


Рисунок 19 - Модель помещения основного здания СТО

В данном исследовании рассматривается здание из бетона (таблица 1 показывает, что это здание типа С), где представлен минимальный уровень мер защиты с риском класса II (обычный риск) и уровнем производительности класса III, который требуется в соответствии с исследуемой структурой. Следуя методологии расчета запланированная удельная пожарная нагрузка $q_{f,d}$ составляет $973,5 \text{ МДж м}^{-2}$, следовательно, предел огнестойкости конструкций REI 90 (5400 с).

Были приняты следующие условия: (i) уровень производительности III для конструктивных элементов здания, который способен гарантировать спасательным отрядом работу в надлежащих безопасных условиях; (ii) риск типа II, соответствующий области с типичными условиями риска, с точки зрения вероятности возникновения пожара, скорости распространения пожара и возможности спасательных отрядов держать его под контролем; (iii) минимальные меры противопожарной защиты в отношении регулирования.

Правила устанавливают минимальные требования безопасности путем принятия предписывающих мер, когда оценка риска проводится законодательно. Это детерминированный подход, который не дает возможности провести количественную оценку уровня пожарной

безопасности, и это ограничение возникает в сложных конструкциях. Стандартная кривая графика ISO 834, подходящая для гражданских сооружений, которые характеризуются целлюлозными материалами, помогает определить условия, когда температура повышается в соответствии с уравнением (16):

$$Tg = 345 \cdot \log_{10}(8x + t + 1) + 20 \quad (16)$$

Вышеупомянутые условия, которые определяют предел огнестойкости, позволяют оценить максимальную температуру, выявленную в этой области, и интервал времени, в течение которого огонь достигает данной температуры. Этот метод не учитывает фазу воспламенения и фазу, в течение которой огонь разгорается при резком повышении температуры $t = 0$ с, что соответствует вспышке. Температуры, выявленные с помощью этого метода, являются максимальными температурами, которые нельзя превышать, чтобы гарантировать стабильность конструкции [38].

Кривая графика, если углеводороды сгорают, описывается уравнением (17):

$$Tg = 1080 \cdot (1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20 \quad (17)$$

Такая кривая используется для описания пожаров и оценки огнестойкости конструктивных элементов, где температура может расти быстрее, чем температура стандартной кривой графика.

Таким образом, достигаются более высокие значения температур (как у горючих жидкостей).

3.3.5 Подход, основанный на эффективности: естественные графики пожара через упрощенные модели

В упрощенных подходах, основанных на характеристиках, анализ риска возникновения пожара проводится количественным путем по формуле, которая позволяет определить температуру горячего газа $T_g(t)$ относительно времени от фазы воспламенения до фазы тушения пожара. Другими факторами, влияющими на пожар, являются система вентиляция «О», тепловая инерция стен «В» и пожарная нагрузка «q», характеризующаяся площадью. Упрощенные естественные кривые являются динамическими по сравнению с кривыми графиками (Т-*t*) по характеристике природных пожаров, и они требуют простых математических вычислений. Процесс пожара предполагает, что в какой-то момент температура газа является однородной на исследуемом участке, и это ограничивает их применение только на этапе после вспышки. Для оценки температуры за промежуток времени при наличии растущего пожара в зданиях, лишенных вентиляционных отверстий, можно использовать следующие параметрические модели согласно уравнению 18:

Кривая А:

$$T_g(t) = T_{\max} \cdot \left(\frac{t}{t_{\max}}\right) \cdot e^{\left(1 - \frac{t}{t_{\max}}\right)} \quad (18)$$

$$T_{\max} = b + c \cdot (1 - e^{-d \cdot t}) \cdot q^{(m-n \cdot t)} \quad (19)$$

$$T_{\max} = b + c \cdot (1 - e^{-d \cdot t}) \cdot q^{(m-n \cdot t)} \quad (20)$$

И где пожарная нагрузка q , измеренная в макал (м^{-2}), оценивается по уравнению (21):

$$q = \frac{\sum_i g_i \cdot h_i}{1000 \cdot A} \quad (21)$$

Скорость выделения тепла O вычисляется по формуле (22):

$$O = Av \frac{h_{eq}^{0.5}}{At} \quad (22)$$

$$h_{eq} = \sum_i \frac{A_{vi} \cdot h}{A_v} \quad (23)$$

И коэффициенты «а, b, с, d, m, n» зависят от типа конструкций, и их значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения коэффициентов «а, b, с, d, m, n» для различных структур, характеризующих исследуемую область

Тип здания	a	b	c	d	m	n
A	1800	250	692	17	0.13	0.67
B	1800	250	623	11	0.14	0.38
C	1800	250	933	70	0.04	0.43
D	1800	250	633	26	0.13	0.70
E	1800	250	685	26	0.14	0.91

A - кирпичное здание; B - здание со стенами из бетона; C - здание со стенами из облегченного бетона или изоляционного материала; D - здание с 50% стен из бетона или кирпичной кладки, а остальные 50% из облегченного бетона; E - здание с 50% стен из облегченного бетона, 30% из бетона или кирпичной кладки, а остальные из теплоизоляционных панелей.

Кривая B: при поверхности пола менее 500 м², с максимальной высотой 4 м, где горючий материал может быть ассимилирован с бумагой или

деревом. В этом случае, когда температура увеличивается, используется уравнение (24):

$$Tg = 1325 \cdot (1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-1.9t^*}) \quad (24)$$

В уравнении 24 значения скорости выделения тепла «O», тепловой инерции стенок «b» (уравнение 25) и безразмерного коэффициента G (уравнение 26) имеют место:

$$b = \sqrt{\rho_w \cdot C_{pw} \cdot \lambda} \quad (25)$$

$$G = (1900 / 0.04)^2 \cdot (O / b)^2 \quad (26)$$

Пожарная нагрузка $q_{t,d}$ (уравнение 27):

$$q_{t,d} = \frac{q_{f,d} \cdot A}{A_t} \quad (27)$$

$$t' = t \cdot G \quad (28)$$

Когда температура снижается, используются уравнения (29) и (30):

$$t'_{\max} < 0.5h \quad Tg = T_{\max} - 625 \cdot (t^* - t^*_{\max}) \quad (29)$$

$$0.5h < t'_{\max} < 2h \quad Tg = T_{\max} - 250 \cdot (3 - t^*_{\max}) \cdot (t^* - t^*_{\max}) \quad (30)$$

$$t'_{\max} = 0.0002 \cdot \frac{q_{t,d}}{O} \cdot G \quad (31)$$

Исходя из данных уравнений, можно вычислить изменение температуры и ее влияние на конструкции во время пожара.

3.3.6 Определение класса огнестойкости конструкций относительно величины пожарной нагрузки

Предел огнестойкости - это несущая способность конструкции, которая указывает на ее способность сохранять достаточное механическое сопротивление при наличии огня. Это можно описать с помощью параметра REI (EN 13501-2) [39], который определяет время (в минутах), в течение которого конструкция сохраняет: (i) механическое сопротивление; (ii) устойчивость к пламени и горючим газам; (iii) теплоизоляция. Такое значение может быть определено через номинальное значение удельной пожарной нагрузки (уравнение 32):

$$q_{f,k} = \frac{\sum_i g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \quad (32)$$

где g_i - масса i -го горючего материала [кг];

H_i - теплотворная способность ниже, чем у i -го горючего материала [МДж кг⁻¹];

m_i - это коэффициент участия в сжигании i -го горючего материала (он равен 0,80 для древесины и других целлюлозных материалов и 1,00 для всех других горючих материалов);

ψ_i - фактор, ограничивающий участие в сжигании i -го горючего материала (он равен 0 для материалов, хранящихся в контейнерах, предназначенных для защиты от огня, 0,85 для материалов, хранящихся в несгораемых контейнерах, которые не были запланированы для защиты от огня, и 1,00 во всех остальных случаях);

A - общая площадь пола [м²].

Затем следует оценить величину пожарной нагрузки (уравнение 33):

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad (33)$$

где δ_{q1} - это фактор, который учитывает риск возникновения пожара в отношении размера зоны;

δ_{q2} - это коэффициент, который учитывает риск возникновения пожара в отношении вида деятельности, осуществляемой в этой области;

δ_n - это значение фактор, который учитывает различные принятые меры защиты.

Учитывая $q_{f,d}$, можно определить соответствующий класс сопротивления REI. Оценивая значение REI, можно определить временные рамки для конструкций, которые после превышения здания, подверженного пожару, не могут гарантировать его прочность и обеспечивать безопасные условия для оперативных подразделений, работающих в этой среде.

3.3.7 Построение графиков изменения температур относительно времени

Тенденция изменения температуры (номинальная кривая и упрощенные модели, основанные на характеристиках) с течением времени, от вспышки (t_0) до предела, связанного с классом огнестойкости представлена на рисунке 20. Для оценки параметров «q» и «O», должны быть приняты во внимание уравнения 21 и 22. В этом исследовании выявлены значения, где $q = 233,6 \text{ МДж м}^{-2}$ и $O = 0,0289 \text{ м}^{0,5}$.

При рассмотрении рисунка 20, используя входные данные проводимого исследования (тип горючего, пожарная нагрузка и скорости выделения тепла), можно заметить, как естественная «кривая В» никогда не превышает номинальную кривую EN 1991-1-2:2002 [33], в то время как направление кривой «А» переплетается с номинальной кривой и превосходит ее. В случае пожара во время фазы после вспышки, конструкции могут быть не в состоянии противостоять тепловому потоку в течение интервала времени,

установленного REI (90 мин), вследствие чего спасательные отряды не смогут работать в безопасных условиях. Вот почему важно: (i) руководить планированием, чтобы обеспечить область противопожарными мерами, способными повлиять на огонь, ограничивая, таким образом, их целостность: (ii) вмешиваться на этапе планирования на основе величины скорости выделения тепла, уменьшающего площадь поверхности окон.

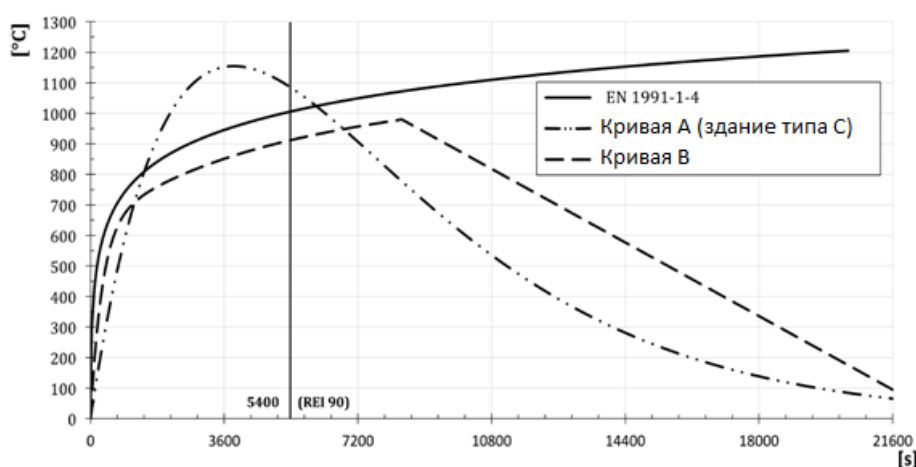


Рисунок 20 - График изменения температуры относительно времени ($q = 233,6 \text{ МДж м}^{-2}$; $O = 0,0289 \text{ м}^{0,5}$) на основании нормативного подхода (EN 1991-1-2) и упрощенных моделей, основанных на характеристиках уравнение 18: «Кривая А со зданием типа С»; уравнение 24 «Кривая В»), с особым акцентом на время, касающееся структур REI 90

Можно изучить и представить через график направление номинальных кривых. На основании изменения: (i) коэффициента вентиляции «O» при одинаковом типе здания (тип С, таблица 1) (рисунок 21); (ii) пожарная нагрузка «q», присутствующая в зоне, с одинаковым типом здания (тип С, таблица 3) (рисунок 22); III); (ii) тип здания, где «O» и «q» одинаковы (рисунок 23).

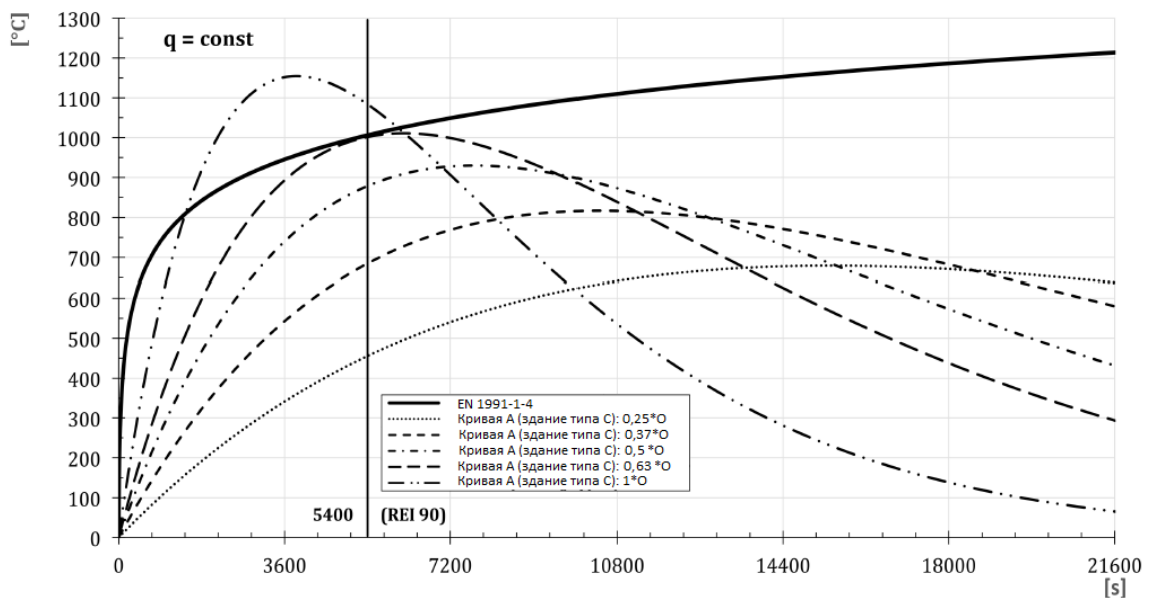


Рисунок 21 - График изменения температуры относительно времени ($q = 233,6 \text{ МДж м}^{-2}$; $O = 0,0289 \text{ м}^{0,5}$) на основании нормативного подхода (EN 1991-1-2) и упрощенного подхода, основанного на характеристиках (уравнение 18): «Кривая А со зданием типа С») меняется со скоростью выделения тепла «O»

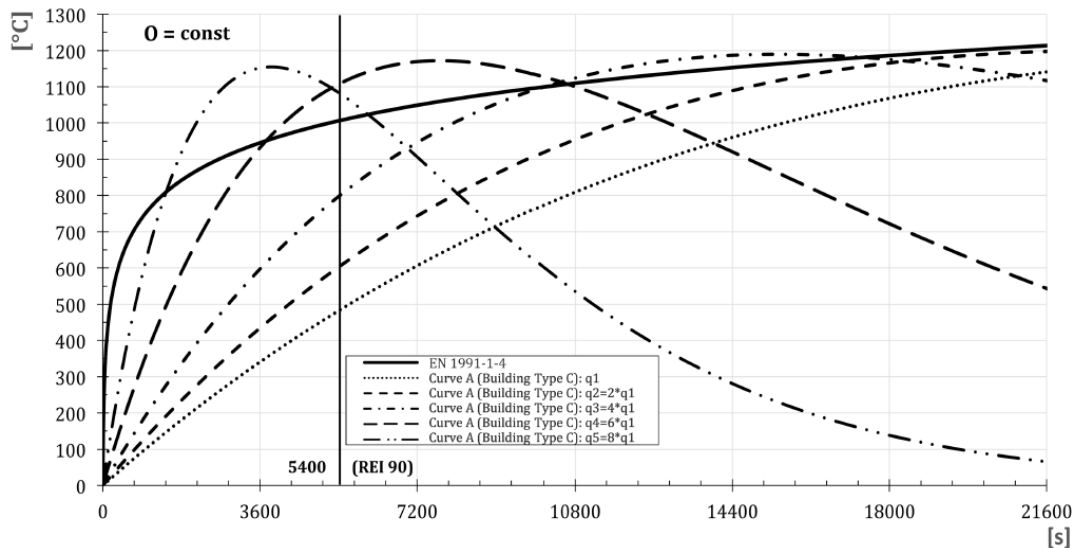


Рисунок 22 - График изменения температуры относительно времени ($q = 233,6 \text{ МДж м}^{-2}$; $O = 0,0289 \text{ м}^{0,5}$) на основании нормативного подхода (EN 1991-1-2) и упрощенного подхода, основанного на характеристиках уравнение 18): «Кривая А со зданием типа С»), изменяющаяся с изменением пожарной нагрузки «q»

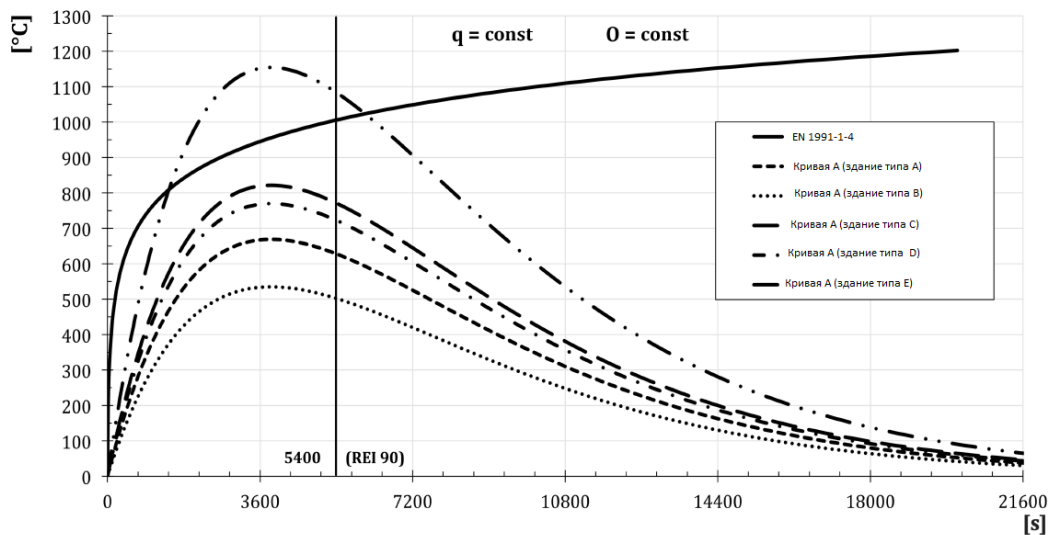


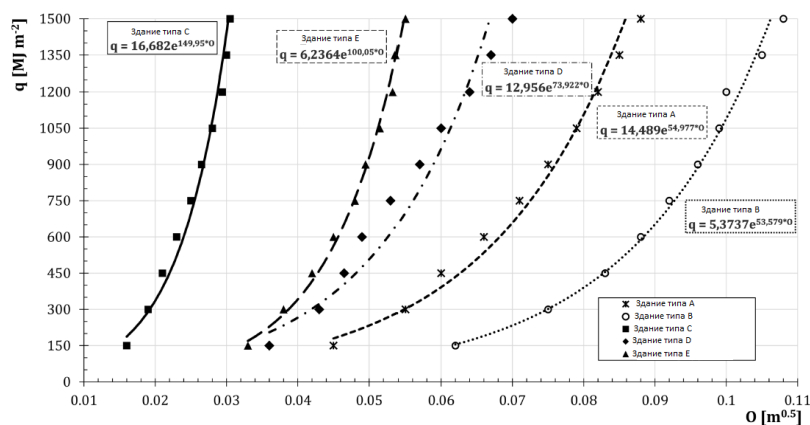
Рисунок 23 - График изменения температуры относительно времени ($q = 233,6 \text{ МДж м}^{-2}$; $O = 0,0289 \text{ м}^{0,5}$) на основании нормативного подхода (EN 1991-1-2) и упрощенного подхода, основанного на характеристиках уравнение 18): «Кривая А») меняется с изменением в здании (таблица 2)

Можно заметить, что на основе значения пожарной нагрузки и скорости выделения тепла значение температуры в упрощенных естественных кривых типа А превышает значение, представленное предписывающей номинальной кривой. В этих случаях невозможно гарантировать сопротивление конструкции до предела, ожидаемого в соответствии с классом огнестойкости. Поэтому необходимо принять меры пожарной безопасности, которые могут быть реализованы мгновенно, чтобы уменьшить тепловые потоки, выделяемые при пожаре.

Номинальные кривые В не дают полезной информации для проверки того, превышает ли температура значение, установленное на основании норматива, в отношении скорости выделения тепла « O » и пожарной нагрузки « q », характеризующей выбранную область. Эти параметры будут влиять на временной интервал, когда температура достигает своего максимального значения, таким образом, сдвигая этот момент к более высоким значениям по абсциссе на графике. Однако следует также сказать, что вышеупомянутый метод А является более предусмотрительным.

3.3.8 Анализ значений пожарной нагрузки и скорости выделения тепла

При изучении информации, представленной номинальной кривой типа А, можно заметить, что для определенных объединенных значений скорости выделения тепла и пожарной нагрузки, температура, указанная на графике, выше, чем температура, относится к регламентированным методам. Это означает, что важно принять конкретные меры пожарной безопасности. Архитектор узнает об этом, как только он выполнит полный комплекс оценивания на этапе планирования. Поэтому, было бы полезно иметь количественный график, показывающий информацию на предыдущем этапе в отношении этапа планирования на основе следующих факторов: (i) тип здания, предусмотренный правилами (таблица 1); (ii) значение пожарной нагрузки «q»; (iii) значение скорости выделения тепла «O». Стандартные типы пожаров в гражданских зданиях, для которых характерны целлюлозные материалы представлены на рисунке 24.



А- кирпичная кладка, В- здание со стенами из бетона, С- здание со стенами из легкого бетона или изоляционного материала, D- здание с 50% стен из бетона или кирпичной кладки, а остальные 50% из легкого бетона, Е - здание с 50% стен из легкого бетона, 30% из бетона или кирпичной кладки и остальных изоляционных панелей

В-

Рисунок 24 - Пороговые кривые, раскрывающие важность планирования мер противопожарной защиты при стандартных пожарах в гражданских зданиях, для которых характерны целлюлозные материалы

Как только тип кривой в зависимости от здания определен, в том случае, если значения, представляющие «q» и «O», расположены с правой стороны кривой, структура будет подвергаться нагрузке в фазе после вспышки из-за тепловых потоков при соблюдении условий безопасности, которые должны быть гарантированы для спасательных отрядов в течение интервала времени, определенного через класс REI. С другой стороны, на левой стороне кривой это не произойдет, и важно установить это значение, поскольку на первых этапах планирования необходимы меры противопожарной защиты, чтобы держать под контролем возможные тепловые потоки (например, автоматические системы обнаружения, автоматические системы пожаротушения и т. д.).

Принимая во внимание рисунок 24, можно предположить, что требования будут рассмотрены с точки зрения планирования противопожарной защиты здания типа А, характеризующегося пожарной нагрузкой «q», равной 600 МДж мА^{-2} , и скоростью выделения тепла «O», равной $0,06 \text{ м}^{0,5}$. Если эти параметры не могут быть изменены (поскольку они зависят от конкретных требований), так как их координаты («O», «q») расположены в левой части кривой, на графике будет предложено выполнить проектирование противопожарных систем (как установка спринклеров). Однако такой график также дает возможность следовать другим путем, если установка дорогих или сложных систем слишком сложна; на самом деле можно найти значение («O», «q») с правой стороны кривой, увеличивая таким образом значение скорости выделения тепла «O» выше $0,068 \text{ м}^{0,5}$ или уменьшая значение пожарной нагрузки «q» ниже 400 МДж мА^{-2} .

3.3.9 Итоги проведенного исследования по методам анализа риска возникновения пожара

Понимание методов анализа риска возникновения пожара имеет большое значение для обеспечения надлежащих условий безопасности в зданиях на этапе после возникновения пожара, во время которого работают

спасательные отряды. В некоторых странах, например, в Италии, для анализа риска возникновения пожара могут быть приняты разные подходы. Проектировщик должен выбрать используемый подход, то есть выбрать предписывающий или оценочный подход. Первый метод облегчает работу проектировщика, потому что законодательный орган устанавливает все пределы эквивалентной пожарной нагрузки, которая может быть допустима в определенном помещении (без подробного изучения характеристик пожара). Таким образом, гарантируется, что температура внутри области не будет превышать максимальную температуру, которая, если она будет достигнута, приведет к разбиванию окон, что провоцирует поступление кислорода и разжигает огонь. В зависимости от площади территории и количества кислорода температура номинальной кривой (T-t) поддерживается под контролем, поэтому интервал времени, в течение которого огонь достигает этих условий, также контролируется. Таким образом, пожарная нагрузка держится под контролем и поддерживается ниже максимально допустимой нагрузки, оцениваемой с учетом того, что присутствующий горючий материал будет расходоваться до достижения такой температуры.

Тем не менее, этот подход может считаться слишком сложным в отношении реальных требований безопасности, потому что он может серьезно влиять или ограничивать нагрузку на здание. Подходы, основанные на характеристиках, даже если они могут гарантировать, что конструкции будут противостоять тепловым потокам во время фазы после вспышки, дают возможность исследовать, как переменные, такие как тип конструкций, характеризующих здание, удельная пожарная нагрузка и параметры охвата территории могут повлиять на развитие пожара. В частности, благодаря оценке удельной пожарной нагрузки и коэффициента охвата территории можно понять, являются ли температуры (следовательно, тепловые потоки, возникающие при сгорании) слишком высокими для конструкции. Если температура, выявленная с помощью упрощенного метода, основанного на характеристиках, превышает ту, что была определена с помощью

упрощенного метода, помещение должно быть оснащено противопожарной защитой, чтобы контролировать тепловые направления пожара. Такая гипотеза особенно влияет на стоимость этих систем, и этот фактор необходимо принимать во внимание с самого начала. Основываясь на данных тематического исследования, цель состояла в том, чтобы сделать процесс оценки как можно более обобщенным, сосредоточив внимание на этапе после вспышки и на важности наличия условий, способных гарантировать сопротивление конструкций здания во время работы спасательных отрядов.

Схематический подход, предложенный здесь, позволяет понять уровень риска пожарной опасности здания с помощью всего лишь нескольких параметров и может быть полезен для классификации зданий, расположенных вблизи районов с высоким уровнем риска пожара. Принимая во внимание максимально допустимую величину пожарной нагрузки относительно параметра, который может быть определен, как коэффициент открытости, здания могут быть классифицированы и нанесены на карту на основе их уровня риска. Этот подход полезен в городах, расположенных вблизи территорий, характеризующихся высоким уровнем риска (как зеленые зоны с лесами). В будущем, было бы полезно предложить архитекторам использовать серию простых номограмм, чтобы помочь экспертам при планировании противопожарной системы. Кроме того, при рассмотрении результатов, достигнутых в области изучения распространения огня, проведенный здесь анализ можно изучить более глубоко и расширить, выйдя за рамки рекомендаций, предусмотренных действующими нормативами. Данный подход может быть рассмотрен вместе с новыми теориями, такими как исследования, характеризующие метод перемещающегося огня (и дальнейшие разработки) [40]. Таким образом, динамическую природу пожара лучше принимать во внимание и получать, тем самым, более реалистичную информацию о пожарах, происходящих на больших территориях.

Выводы по расчетным методам исследования пожаров.

Прогнозирование пожара и его моделирование может наглядно показать наиболее опасные с точки зрения пожарной безопасности участки расположения различных предметов, направление распространения пожара в зависимости от нахождения источника возгорания, а также спроектировать наиболее безопасные эвакуационные пути.

В результате проведения экспериментальных исследований было выявлено, что лучшим решением для предотвращения возникновения и развития пожара на предприятиях СТО является использование негорючих материалов для различных предметов мебели и конструкций. Также необходимо учитывать взаиморасположение предметов, одни из которых могут стать источником огня, а другие могут ускорять распространение пожара.

Заключение

В результате выполнения магистерской диссертационной работы выполнены основные задачи, поставленные в начале работы. Был проведен анализ особенностей функционирования и эксплуатации предприятий автомобильного сервиса, анализ технических решений в области обеспечения пожарной безопасности СТО, в том числе произведен поиск необходимых патентов, найдены преимущества и недостатки каждого из прототипов, а также рассмотрен анализ надежности передачи тревожных сигналов пожарной сигнализации.

По итогам анализа теоретической информации было выяснено, что основной причиной пожаров на СТО признан человеческий фактор, а наиболее опасными участками являются цеха, в которых производятся ремонтные работы (в том числе сварочные и лакокрасочные).

Исходя из этого предложены основные рекомендации, которые позволят обеспечивать наиболее безопасные условия труда сотрудников в случае, если они будут регулярно выполняться. Соответственно, рекомендуется усилить контроль над выполнением всех норм и требований, введя ежедневный инструктаж и проверку рабочих мест с введением журнала инструктажа о пожарной безопасности.

Также рассмотрены приборы для обнаружения пожара, их ключевые особенности и недостатки. Исходя из этого, лучшим решением для обнаружения пожара являются дымовые извещатели, так как время срабатывания и долговечность превосходят остальные варианты.

В качестве мер по улучшению противопожарной ситуации рекомендуется установка специально обустроенных мест для курения, проверка о своевременном прохождении инструктажа по противопожарной безопасности, а также своевременная замена электропроводки.

Для функционирования предприятий СТО необходимо уделять большое внимание системам оповещения и передачи тревожных сигналов.

После проведения анализа технических решений по улучшению противопожарной безопасности было определено, что лучшим решением является использование систем SSP, которые повышают эксплуатационную надежность во всех функциональных условиях, например, мониторинг тревожных сигналов.

В качестве предлагаемого технического решения также был выбран охранно-пожарный оповещатель (патент на полезную модель № 170473 Оповещатель охранно-пожарный лазерный), который ориентирован так, чтобы стрелка, проецируемая на пол, указывала направление эвакуации для ускорения эвакуации людей из помещения, за счет вывода предупреждающей информации направления эвакуации посредством проецирования изображения стрелки на пол помещения, что приведет к сохранению человеческих жизней и уменьшит риск возникновения паники.

В третьей главе были рассмотрены расчетные методы исследования пожаров. Было использовано различное программное обеспечение как для представления различных зданий в качестве трехмерных моделей, так и для непосредственного расчета различных параметров при протекании пожара.

Произведено исследование прогнозирования развития пожара, в зависимости от расположения источника возгорания и несущих конструкций, разрушение которых может привести к уничтожению помещений и целого здания.

Прогнозирование пожара и его моделирование может наглядно показать наиболее опасные с точки зрения пожарной безопасности участки расположения различных предметов, направление распространения пожара в зависимости от нахождения источника возгорания, а также спроектировать наиболее безопасные эвакуационные пути.

В результате проведения экспериментальных исследований было выявлено, что лучшим решением для предотвращения возникновения и развития пожара на предприятиях СТО является использование негорючих материалов для различных предметов мебели и конструкций.

Список используемых источников

1. Орлова А.А. Причины и методы ликвидации возгораний и пожаров на автомобильных СТО [Электронный ресурс] // электронный сборник Студенческий: научный журнал. – № 10(96). Новосибирск: Изд. ООО «СибАК», 2020. С. 74-75. URL: https://sibac.info/archive/journal/student/10%2896_1%29.pdf (дата обращения: 12.04.2020).
2. СНиП 21-01-97. Строительные нормы и правила. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001022> (дата обращения: 17.04.2020).
3. Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума : учеб. пособие / 205А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. – М. :Пожнаука, 2008.– 314 с.
4. Куров Л.Н. Оценка пожаровзрывоопасности на предприятиях автомобильного транспорта // Объед. научный журнал. 2002. - №12. С. 51-52.
5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 26.04.2020).
6. СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865870> (дата обращения: 13.04.2020).
7. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901787814> (дата обращения: 27.04.2020).
8. СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456044290> (дата обращения: 13.05.2020).

9. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006938> (дата обращения: 29.04.2020).

10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. URL: <https://ugraces.ru/wp-content/uploads/2017/06/СП-53.13.330.2016.pdf> (дата обращения: 05.05.2020).

11. Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: <https://rpn.gov.ru/upload/iblock/ea8/ea81a7f6115e7abbd3e8b7c7ec429659.pdf> (дата обращения: 12.05.2020).

12. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения: 12.05.2020).

13. Беляков Г.И. Учебное пособие для вузов «Пожарная безопасность» Издательство: Гриф УМО ВО, 2018.

14. Михайлов Л. А. Учебник «Пожарная безопасность» Издательство: Академия. Москва 2013.

15. Устройство для комбинированного тушения пожаров и пожаровзрывопредотвращения пеной низкой и средней кратности // Патент RU 187 123 U1. 21.02.2019 Бюл. № 6 / Куприн Г. Н.

16. Оповещатель охранно-пожарный лазерный // Патент RU 170 473 U1. 25.04.2017 Бюл. № 12 / Лопатин С.В., Зуев А.В.

17. Датчик дыма // Патент 187 749 U1. 18.03.2019 Бюл. № 8 / Петров А.Ю., Захаров С.А.

18. Автоматизированная система взрывопожарной безопасности на основе газового контроля // Патент RU 2 666 339 С1. 06.09.2018 Бюл. № 25 / Лукьянченко А.А., Свиридок Е.В., Севрюков И.Т., Бедило М.В., Соколов А.В.

19. Ороситель сплинкерный быстродействующий // Патент RU 193 318 U1. 23.10.2019 Бюл. № 30 / Виноградский В.В., Дерябина Т.Е., Майоров Р.И., Поцелуев А.Б., Чудаев А.В., Чириков В.В.

20. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования), - 2-е издание, стереотип. - СПб.: СПб ИПБ МВД РФ, 1997. - 562 с.

21. Сергей Лебедев " Пожарная безопасность СТО: Авось и его последствия..." [Электронный ресурс] URL: <http://sec4all.net/modules/myarticles/article.php?storyid=811> (дата обращения: 13.05.2020).

22. Klimczak Tomasz, Pas Jacek Reliability and Operating Analysis of Transmission of Alarm Signals of Distributed Fire Signaling System [Электронный ресурс] URL: <https://doaj.org/article/1928423a71d048389ad3134e77f998d8> (дата обращения: 18.04.2020).

23. Статистические данные о пожарах в Российской Федерации за 2015 – 2017 г.г./ Под редакцией Е.А. Серебренникова, А.В. Матюшина. –М.: ФГУ ВНИИПО МВД России. – 2018. – 44 с.

24. Paś J., Dąbrowski T., Wiśnios M.: Teaching methodology of the diagnosing process on the example of the fire alarm system. Journal of KONBiN, No. 41, 2017, DOI 10.1515/jok-2017-0014 [Электронный ресурс] URL: [https://www.researchgate.net/publication/320844206_Teaching_methodology_of_the_diagnosing_process_on_the_example_of_the_fire_alarm_system/fulltext/59fde13c0f7e9b9968c34e94/320844206_Teaching_methodology_of_the_diagnosing_pr ocess_on_the_example_of_the_fire_alarm_system.pdf?origin=publication_detail](https://www.researchgate.net/publication/320844206_Teaching_methodology_of_the_diagnosing_process_on_the_example_of_the_fire_alarm_system/fulltext/59fde13c0f7e9b9968c34e94/320844206_Teaching_methodology_of_the_diagnosing_process_on_the_example_of_the_fire_alarm_system.pdf?origin=publication_detail) (дата обращения: 15.05.2020).

25. Jevtić, B. R, Ničković, T.J., Simulation of residential object evacuation, 57th ETRAN CONFERENCE, Zlatibor, 2013. URL: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0040-2176/2014/0040-21761401153J.pdf> (дата обращения: 10.05.2020).

26. Рудченко И. И. Основные процессы и параметры, характеризующие поведение строительных материалов в условиях пожара [Текст] / И. И. Рудченко, А. А. Мусатов // Труды Кубанского государственного аграрного университета.– 2015. – № 57. – С. 190–197.

27. Serhii Pozdieiev1, Olha Nekora, Tetiana Kryshtal, Vitalii Zazhoma and Stanislav Sidnei Method of the calculated estimation of the possibility of progressive destruction of buildings in result of fire [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/328988795_Method_of_the_calculated_estimation_of_the_possibility_of_progressive_destruction_of_buildings_in_result_of_fire/fulltext/5beebe284585150b2bba8363/328988795_Method_of_the_calculated_estimation_of_the_possibility_of_progressive_destruction_of_buildings_in_result_of_fire.pdf?origin=publication_detail (дата обращения: 16.05.2020).

28. Luciano Santarpia, Simone Bologna, Virgilio Ciancio, Iacopo Golasi and Ferdinando Salata Fire Temperature Based on the Time and Resistance of Buildings—Predicting the Adoption of Fire Safety Measures [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/332336993_Fire_Temperature_Based_on_the_Time_and_Resistance_of_Buildings-Predicting_the_Adoption_of_Fire_Safety_Measures/fulltext/5cae9619a6fdcc1d498c0fc6/332336993_Fire_Temperature_Based_on_the_Time_and_Resistance_of_Buildings-Predicting_the_Adoption_of_Fire_Safety_Measures.pdf?origin=publication_detail (дата обращения: 18.05.2020).

29. Troitzsch, J.H. Fires, statistics, ignition sources, and passive fire protection measures. J. Fire Sci. 2016, 34, 171–198.

30. Alarie, Y. Toxicity of Fire Smoke. Crit. Rev. Toxicol. 2002, 32, 259–289.

31. Shi, J.; Ren, A.; Chen, C. Agent-based evacuation model of large public buildings under fire conditions. Autom. Constr. 2009, 18, 338–347.

32. Thomas, P.H.; Bullen, M.L.; Quintiere, J.G.; McCaffrey, B.J. Flashover and instabilities in fire behavior. *Combust. Flame* 1980, 38, 159–171.

33. Национальное приложение. EN 1991-1-2:2002. Еврокод 1: Воздействия на сооружения – Часть 1-2 [Электронный ресурс]: Основные воздействия – Воздействия на сооружения при пожаре. URL: https://www.srogen.ru/upload/files/doc/proekt_snip/16_EN_1991-1-2.pdf (дата обращения: 13.03.2020).

34. Рудченко И. И. Повреждения конструкций зданий и сооружений при воздействии высоких температур [Текст] / И. И. Рудченко, М. П. Бугриев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 63. – С. 184– 190.

35. Корольченко А .Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения: Справочник в 2-х т. М.: Пожнаука, 2004. - Т. 1-2.

36. Испытания на огнестойкость. Элементы конструкции здания. Часть 11. Специальные требования к оценке противопожарной защиты элементов конструкционной стали. I. 92 / SC 2, Противопожарная защита, ISO 834-11: 2014; ISO: Женева, Швейцария, 2014; Том 53.

37. Дегтярев Г. В. Современные методы проектирования зданий [Текст] / Г. В. Дегтярев, А. А. Бойко // Актуальные вопросы экономики и технологического развития отраслей народного хозяйства : материалы регион. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, магистрантов и преподавателей КубГАУ. – Краснодар : Изд-во «Магарин О. Г.», 2016. – С. 28– 34.

38. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Части зданий и сооружений : учеб. пособие / сост. С. В. Шархун, В. В. Смирнов.; под общ. ред. О. А. Мокроусовой. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2013. – 84 с.

39. Национальное приложение. EN 13501-2:2016. Пожарная классификация строительных изделий и строительных конструкций. Часть 2

[Электронный ресурс]. Классификация по результатам испытаний на огнестойкость, кроме частей вентиляционных систем. URL: <http://docs.cntd.ru/document/440151910> (дата обращения: 10.03.2020).

40. Rackauskaite, E.; Hamel, C.; Rein, G. Improved Travelling Fires Methodology—iTfM. In Proceedings of the Applications of Structural Fire Engineering, Dubrovnik, Croatia, 15–16 October 2015.