

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)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Сенсоры и датчики в системах противопожарной безопасности

Обучающийся

В.В. Попов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## **Аннотация**

Выпускная квалификационная работа содержит 67 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 5 рисунков, 22 источника литературы.

Тема работы - Сенсоры и датчики в системах противопожарной безопасности.

В рамках настоящей работы проведён анализ пожарной безопасности помещений МБДОУ «Детский сад «Малыш», проанализировано обеспечение требований пожарной безопасности в учреждении в плане оснащения здания автоматической системой обнаружения возгораний, проведена оценка состояния датчиков пожарной безопасности. По результатам проведённого анализа выданы рекомендации, направленные на снижение уровня пожарной нагрузки на объекте защиты в рамках настоящей работы.

В качестве рекомендаций по улучшению безопасности в учреждении предложена установка в помещениях пожарных двухдиапазонных дымовых извещателей адресного типа фирмы Bosch (модель FAP-425-DO-R) в количестве 25 штук и блока индикации и управления фирмы Bosch.

Были исследованы условия труда на самых опасных рабочих местах: повар, кухонный рабочий и машинист по стирке и ремонту спецодежды. А также, внесены предложения по снижению риска на том рабочем месте, где профессиональный риск выше низкого.

Рассмотрено влияние на окружающую среду и оценена степень вредного воздействия на экологию в процессе деятельности исследуемого объекта.

Оценена эффективность по внедрению на исследуемом объекте высококачественных пожарных извещателей по сравнению с внедрением типовых пожарных извещателей. Основанием для принятия к рассмотрению предлагаемых пожарных извещателей послужил вычисленный положительный интегральный экономический эффект.

## Содержание

Введение.....	4
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Исследование базовых данных по применению датчиков и сенсоров.....	7
2 Анализ практического применения датчиков и сенсоров в системах противопожарной безопасности.....	22
3 Предложения по применению перспективных датчиков и сенсоров в системах противопожарной безопасности.....	28
4 Охрана труда.....	40
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	45
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	52
Заключение.....	62
Список используемой литературы.....	64

## Введение

Вопрос пожарной безопасности стоял перед человеком с момента начала пользования огнем. Пожары всегда приносили материальные потери и были причиной многочисленных человеческих жертв. Поэтому проблема осуществления пожарной безопасности никогда не перестанет быть актуальной.

В попытках уменьшить потери от пожаров или избежать их вовсе создавались и продолжают создаваться различные технические устройства, помогающие предупредить, обнаружить, локализовать и ликвидировать пожар. К одним из устройств по обнаружению пожаров относятся противопожарные датчики (или, как их правильнее называть, извещатели) и различные сенсоры, несущие функцию «органов чувств» для противопожарных устройств.

К сегодняшнему дню разнообразие противопожарных устройств настолько велико, что только профессионалам по плечу не потеряться в этом разнообразии. К большому разочарованию, не все продаваемые датчики способны надежно выполнять свои функции. Это связано и с ошибками выбора устройства, и с ошибками проектировки и монтажа, и с различными нарушениями эксплуатации. Хуже всего, когда датчики и сенсоры не способны в полной мере выполнить свои функции из-за низкого качества самих устройств. И, если с ошибками выбора, монтажа и эксплуатации можно бороться силами потребителей и персонала, то с проблемой качества нужно бороться только методами стандартизации и сертификации.

Особенно важно соблюдение пожарной безопасности в зданиях с большим скоплением людей, на значимых объектах инфраструктуры, на больших предприятиях, в крупных организациях и учреждениях. К таким объектам относятся и детские дошкольные учреждения [20].

К огромному сожалению, многие детские сады оборудованы морально устаревшими противопожарными устройствами, которые уже не могут в полном объеме выполнять возложенные на них функции по соблюдению

пожарной безопасности. На таких объектах требуется полная замена или модернизация систем пожарной безопасности. В большинстве случаев, детские дошкольные учреждения оснащаются дешевыми типовыми пожарными датчиками. Выбор датчиков по ценовому параметру связан с тем, что финансирование данного типа учреждений происходит исключительно из бюджета, так как детские сады не являются автономными учреждениями (у них нет статьи доходов по предпринимательской деятельности). Поэтому экономия на системах автоматической пожарной сигнализации для детских садов связана с ограниченностью бюджетного финансирования.

Целью настоящей работы является снижение уровня пожарной опасности в МБДОУ «Детский сад «Малыш» путём установки современных датчиков дыма.

Для достижения поставленной цели, нужно решить следующие задачи:

- провести исследование базовых данных по применению датчиков и сенсоров в системах пожарной безопасности;
- проанализировать данные по практическому применению датчиков и сенсоров в системах пожарной безопасности;
- проанализировать выгоды от применения устройств более высокого технического уровня;
- проанализировать соблюдение охраны труда в МБДОУ «Детский сад «Малыш»;
- проанализировать соблюдение охраны окружающей среды в МБДОУ «Детский сад «Малыш»;
- вычислить эффективность предлагаемых мероприятий по улучшению техносферной безопасности в МБДОУ «Детский сад «Малыш».

Объектом изучения в рамках настоящей работы является Муниципальное бюджетное дошкольное образовательное учреждение «Детский сад №4 «Малыш», расположенный по адресу: 684000, Камчатский край, г. Елизово, ул. В. Кручины, 29.

## Перечень сокращений и обозначений

- АПИ – автономный пожарный извещатель;
- АПС – автоматическая пожарная сигнализация;
- ГОСТ – государственный стандарт;
- ГУАП – государственный университет аэрокосмического приборостроения;
- ДТЛ – датчик тепловой легкоплавкий;
- ИДПЛ – извещатель дымовой пожарный линейный;
- ИИ – искусственный интеллект;
- ИК – инфракрасный;
- ИП – извещатель пожарный;
- ИПР – извещатель пожарный ручной;
- ИСОП – интеллектуальная система обнаружения пожара;
- ИЭЭ – интегральный экономический эффект;
- МБДОУ – Муниципальное бюджетное дошкольное образовательное учреждение;
- МЧС – Министерство чрезвычайных ситуаций;
- НД – нормативный документ;
- ПИ – пожарный извещатель;
- САПТ – система автоматического пожаротушения;
- СОУТ – специальная оценка условий труда;
- СП – свод правил;
- СПС – система пожарной сигнализации
- УТ – условия труда;
- УФ – ультрафиолетовый.

## **1 Исследование базовых данных по применению датчиков и сенсоров**

История создания сенсоров и датчиков противопожарной безопасности уходит своими корнями очень далеко в прошлое. Предками современных пожарных извещателей были ручные способы оповещения: трещотки, горны, тревожные колокола и т.д. [2].

Первым автоматическим пожарным извещателем можно считать изобретение в 1846 году устройства, представляющего собой гирию, подвешенную на веревке над петардой. Вербка перегорала, и гирия падала. Позже петарда была заменена на группу контактов, при замыкании которых включались тревожные колокола.

Впоследствии было изобретено множество различных тепловых извещателей, которые основывались на физических процессах, происходящих в жидкостях и металлах при нагревании. Это были и сосуды с жидкостями или ртутью, и устройства с биметаллическими пластинами, работающие на тепловом расширении веществ при нагревании [2].

В попытке создать датчик отравляющих газов в 1938 году Вальтер Йегер, случайно для самого себя, положил начало созданию ионизационных дымовых датчиков. При испытании датчик отказывался работать на отравляющих газах, но сработал на дым случайно подкуренной сигары [12].

Первым автоматическим пожарным датчиком, который стал массово применяться в нашей стране с 1960 года, стал тепловой пожарный сигнализатор ДТЛ. Извещатель состоял из двух пружинистых пластин, соединенных припоем. При повышении температуры выше 72 °С припой плавился и цепь размыкалась.

Первый домашний извещатель, работающий на аккумуляторе, был изобретен в 1965 году. Позже аккумулятор был заменен на две батарейки АА типа.

Начиная с 60-х годов XX века и по настоящее время изобретено огромное количество пожарных извещателей, работающих на базе различных сенсоров и

имеющих различные параметры, отличающиеся по типу передачи сигнала, контролируемым параметрам, конструктивным особенностям, режиму работы сенсора, типу соединения и т.д. [12].

Классификация автоматических пожарных извещателей очень многообразна, она представлена в 4 разделе ГОСТ 34698-2020.

По характеру обмена информацией с контрольным прибором:

- пороговые;
- аналоговые [6].

По контролируемому фактору пожара:

- тепловые;
- дымовые;
- пламени;
- газовые;
- комбинированные;
- мультикритериальные [6].

По характеру реакции на контролируемый фактор пожара:

- максимальные;
- дифференциальные;
- максимально-дифференциальные [6].

По принципу действия:

- оптико-электронные;
- ионизационные;
- электроиндукционные [6].

По конфигурации измерительной зоны:

- точечные;
- линейные;
- многоточечные [6].

По области спектра:

- ультрафиолетового;
- инфракрасного;



- видимого;
- многодиапазонные [6].

По способу электропитания:

- питаемые по шлейфу;
- питаемые по отдельному проводу;
- питаемые от автономного источника [6].

По физической реализации линии связи с приемо-контрольным прибором:

- проводные;
- оптоволоконные;
- радиоканальные;
- комбинированные [6].

По возможности установки адреса:

- неадресные;
- адресные [6].

Сенсоры делятся на:

- оптические;
- тепловые;
- сенсор фиксации CO и CO<sub>2</sub>;
- инфракрасные.

Более подробно остановимся на сенсорах, применяемых в пожарных датчиках с делением извещателей по контролируемому признаку пожара:

Первый тип датчиков – дымовой. Эти датчики являются самыми распространенными и применяемыми.

Чаще всего в них используется оптический сенсор. Среди таковых бывают диффузные оптические и абсорбционные оптические дымовые датчики. В основе работы диффузных датчиков диффузия света на частицах дыма. Принцип действия: камера обскура наполнена воздухом из помещения; оптическое устройство источника света, встроенного в датчик (светодиод), подает узконаправленный пучок света в камеру; если в камере обскура есть

дымовые газы, то пучок света рассеивается на них и улавливается боковым фотоэлементом (фотодиодом); при обнаружении света фотоэлемент подает сигнал тревоги [14].

На рисунке 1 представлена схема дымового оптико-электронного извещателя.

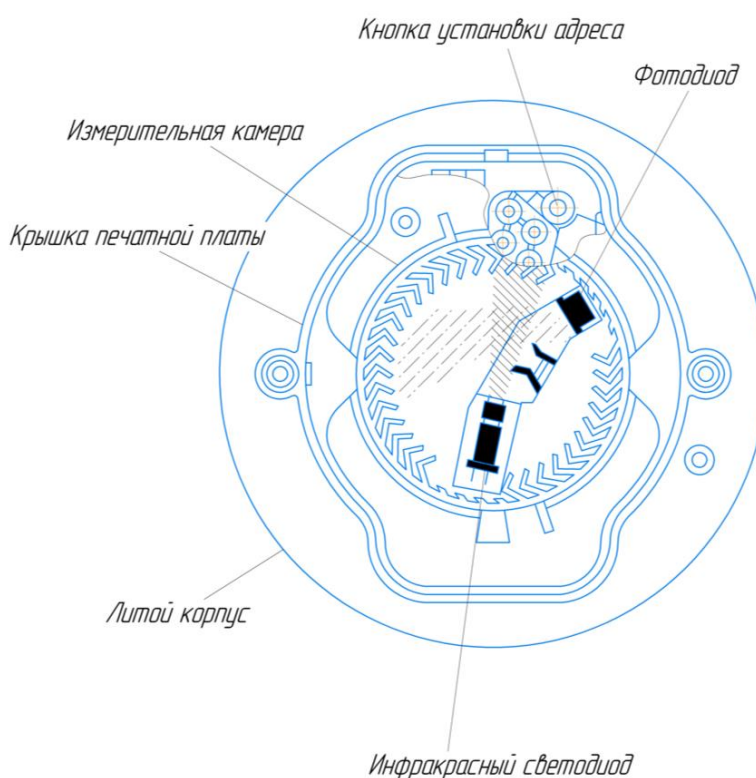


Рисунок 1 – схема оптического дымового датчика

В основе работы абсорбционных датчиков лежит абсорбция диффузия света на частицах дыма. Принцип действия: генерируемый источником света (светодиодом) пучок света направлен на фотоэлемент (фотодиод); светодиод и фотодиод расположены на одной линии; как только в камере появляется дым, световой пучок начинает рассеиваться на частицах дыма; пучок света ослабляется, и его световая энергия, принимаемая фотодиодом, падает; фотодиод регистрирует падение световой энергии и подает сигнал тревоги.

Также дымовые датчики могут быть ионизационного типа. Это самые непопулярные датчики в силу их более высокой стоимости и дорогой

утилизации. К ионизационным датчикам относят два вида: радиоизотопные и электроиндукционные. Принцип действия радиоизотопных датчиков: радиоактивное вещество ионизирует воздух камеры, при введении в камеру электродов возникает индукционный ток; заряженные ионы прилипают к тяжелым частицам дыма и индукционный ток уменьшается; подается сигнал тревоги. Принцип действия электроиндукционных датчиков основан на индуцировании электрического потенциала частицами дыма (аэрозоля), получившими электрический заряд при прохождении через область ионизации и последующем измерении их суммарного объемного заряда индукционным способом [14].

Второй тип датчиков – тепловой. Тепловые датчики, в пределах радиуса действия, фиксируют перепад тепловых показателей, срабатывают и передают аварийный сигнал. Конструктивно они могут иметь четыре варианта исполнения сенсорных элементов. Первый тип – контактные: данное устройство одноразовое, состоит оно из двух стальных проводников, которые покрыты легкоплавким материалом; если температура воздуха становится выше допустимых значений, то покрытие разрушается и контакты замыкаются, подавая аварийный сигнал. Второй тип – оптические: главным элементом этих датчиков служит оптоволоконный кабель, который под воздействием высокой температуры меняет свою структуру; изменение структуры прекращает передачу светового сигнала, что формирует аварийный сигнал. Третий тип – механические: работает на основе теплопары, представляющей из себя трубки, которые изготовлены из металла и заполнены газом, который находится под давлением; с повышением температуры давление тоже повышается; изменение давления фиксируется электронным блоком управления. Четвертый тип – электронные: основой является кабель с вмонтированными внутри температурными сенсорами; при повышении температуры изменяется сопротивление кабеля и, соответственно, величина электрического тока; информация передается на контролируемую панель.

На рисунке 2 представлена схема действия теплового датчика на базе термистора.

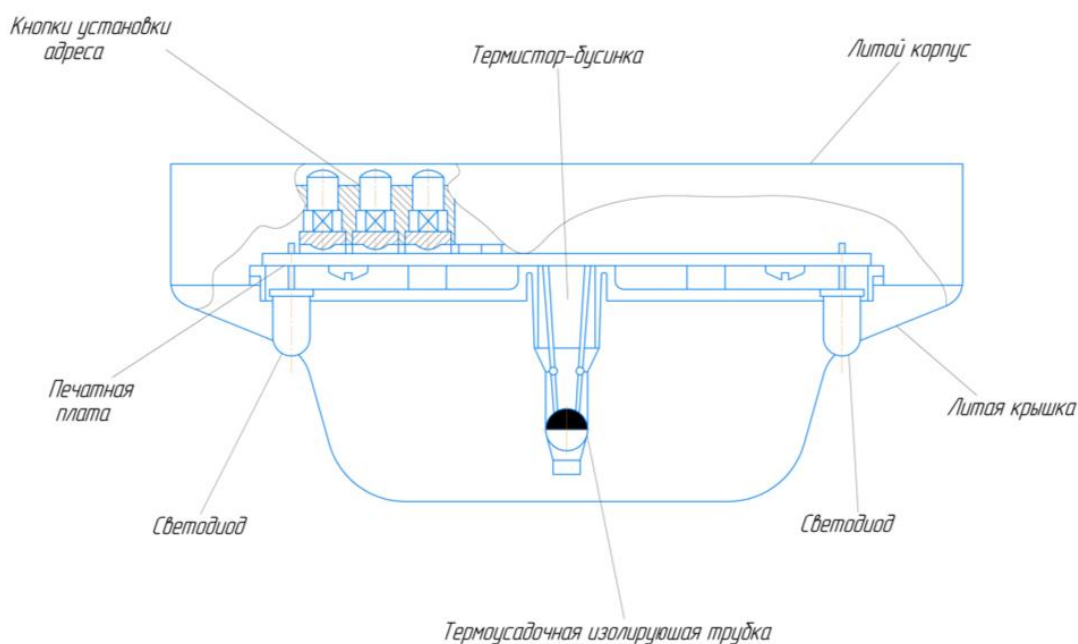


Рисунок 2 – схема действия теплового датчика на базе термистора

Третий тип датчиков – газовый. Пожарные датчики этого типа оснащены устройствам газового анализа, они фиксируют повышение в воздухе продуктов горения, образуемых в результате горения различных веществ и материалов. Если сравнивать эффективность и оперативность реагирования, то данный тип датчиков сопоставим с дымовыми, так как они могут срабатывать до начала открытого горения, то есть в процессе тления материалов. При работе такой датчик реагирует на CO, CO<sub>2</sub> и прочие газы, возникающие на этапе тления и дальнейшего перехода к открытому пламени.

Четвертый тип датчиков – пламени. Эти датчики фиксируют ультрафиолетовое излучение при помощи встроенных оптических элементов. Кроме того, они могут также регистрировать инфракрасное излучение, а могут быть комбинированными и иметь приемный модуль фиксации, регистрирующий УФ- и ИК-излучение одновременно. По принципу

технического действия данный тип извещателей может реагировать на разные виды внешнего воздействия в регистрируемом электромагнитном диапазоне: могут реагировать на мерцания или пульсации; могут регистрировать непрерывное горение; либо могут улавливать инфракрасное излучение, различных спектров.

Помимо стандартной классификации типовых пожарных извещателей, хотелось бы отдельно упомянуть АПИ (автономный пожарный извещатель). Особенностью АПИ является абсолютная простота их монтажа, что делает их очень популярными и доступными [8].

Отдельно стоит отметить относительно свежие виды пожарных извещателей. Некоторые из них уже хорошо завоевали рынок, а какие-то пока не являются популярными в силу того, что пока выпускаются только за рубежом и (или) имеют очень высокую стоимость.

К таким моделям относятся:

- мультисенсорные (мультикритериальные) извещатели: в такой извещатель встроено до четырех независимых сенсоров (сенсор оксида углерода СО, фотоэлектрический дымовой сенсор, тепловой сенсор и световой инфракрасный сенсор), управляемых встроенным микропроцессором по сложным адаптивным алгоритмам; извещатель оснащен датчиком загрязнения, результат действия которого оценивается и отображается на пожарной панели в трех стадиях, что приводит к активной корректировке порогового значения (компенсация загрязнения) и к выводу сигнала о неисправности в случае сильного загрязнения; исследование, проведенные производителями извещателей установило, что мультисенсорные извещатели более эффективны для снижения ложных срабатываний, чем стандартные дымовые извещатели;
- двухдиапазонные дымовые извещатели: извещатели оснащены двойным оптическим сенсором, использующим свет разных длин волн инфракрасного и синего диапазонов (технология Dual Ray), что

- позволяет исключить ложные тревоги от пыли, пара и аэрозолей, обнаруживать пожары на ранней стадии и надежно распознавать даже самое небольшое количество дыма;
- линейные однокомпонентные дымовые извещатели: предназначены для обнаружения задымления на объектах с протяженными зонами, большими площадями, высокими потолками и сложными условиями эксплуатации; принцип работы – оптический; преимущество перед двухкомпонентным ИДПЛ в том, что передатчик и приемник находятся в одном корпусе, а терминалом служит пассивный отражатель, который не нуждается в питании; в процессе работы луч движется от передатчика, отскакивает от отражателя и возвращается; линейные ИДПЛ оснащены двумя видами излучателей (инфракрасным и ультрафиолетовым), что однозначно идентифицирует частички дыма любого размера (распознает очаги от TF1 до TF5) и позволяет определять наличие задымленности даже в помещениях с парами, пылью и иными аэрозолями;
  - аспирационные дымовые извещатели: принцип работы заключается в том, что воздух из защищаемой зоны всасывается через перфорированные трубки, расположенные в различных местах, включая труднодоступные, закрытые пространства, и направляется в центральный детектор, который анализирует его на наличие частиц дыма, что позволяет извещателю работать в любых условиях эксплуатации; имеет существенный минус – сложность установки и очень высокая стоимость;
  - извещатели с GSM модулем: суть GSM модуля в пожарных извещателях заключается в создании связи между извещателем и внешним миром через мобильную сеть, что позволяет извещателю обмениваться данными, даже если проводной интернет недоступен или оборван в результате пожара или других чрезвычайных ситуаций; среди однозначных преимуществ – огромная скорость передачи

данных, отсутствие проводов, не требуется тонкая настройка, универсальность построения схемы установки, удаленный контроль, возможность переноса места установки [7].

Что касается примеров успешного применения автоматических датчиков пожарной сигнализации, то их бесконечное множество. За последние 10 лет случаев спасения людей, благодаря установленным пожарным извещателям, так много, что перечислить их всех просто невозможно.

Так как объектом практики является МБДОУ «Детский сад «Малыш», то остановлюсь немного на некоторых примерах удачного применения автоматических датчиков в детских дошкольных учреждениях страны:

- 01 января 2014 года своевременное срабатывание автоматических датчиков позволило спасти от выгорания детский сад №188 на ул. Международная в Саратове;
- 14 октября 2014 года в прачечной детского сада в г. Кирово-Чепецке произошло возгорание белья из-за короткого замыкания в стиральной машине, благодаря АПС персонал и дети были эвакуированы, возгорание ликвидировано;
- 07 апреля 2015 года около 5 часов утра в детском саду «Сказка» в Маймаксанском округе Архангельска вспыхнула розетка в подсобном помещении, к прибытию пожарных в здании было сильное задымление, благодаря сигналу АПС пожар ликвидирован, другие помещения не пострадали;
- 25 мая 2015 года в селе Моховое Кунгурского района во время тихого часа в помещении музыкального зала началось задымление по причине короткого замыкания, детей разбудили и эвакуировали, возгорания удалось избежать;
- 13 августа 2015 года в 07:09 в детском саду № 50 по ул. Котовского в Томске сигнализация сработала из-за короткого замыкания потолочного светильника, дети и персонал детского сада были эвакуированы, а пожар предотвращен;

- 03 ноября 2020 года в детском саду города Саянска загорелся светильник в помещении бассейна, сработала АПС, персонал и 122 ребенка были эвакуированы, здание спасено;
- 29 декабря 2022 года в Толмачево Новосибирской области неисправность электросети привела к возгоранию обшивки комнаты горячего пара в помещении бассейна детского сада, благодаря АПС персонал и 101 ребенок были эвакуированы, а пожар ликвидирован.

И таких примеров действительно очень много. Стоит отметить, что спасают тысячи жизней не только автоматизированные противопожарные системы, но и АПИ (автономные пожарные извещатели). На данный момент во многих регионах работает социальная программа по бесплатному оборудованию квартир и жилых домов АПИ для незащищенных слоев населения. По словам замглавы МЧС Анатолия Супруновского, благодаря этой программе за последние 5 лет только в частных жилых домах установлено более 900 тысяч АПИ, которые спасли жизни 4229 человек, из них 1969 детей. А в 2022 году был достигнут исторический минимум по числу детских смертей от пожаров за всю историю статистики МЧС.

На мой взгляд, население недостаточно информировано в отношении установки датчиков пожарной безопасности. Согласно статистике, только за прошлый год в России было зафиксировано более 350 тысяч пожаров, в которых погибло порядка 7,2 тысяч человек. Когда современные системы противопожарной безопасности войдут в каждый дом, эти цифры в разы станут меньше.

Теперь рассмотрим инновационные разработки, которые уже на слуху, но ещё не распространены повсеместно и им ещё только предстоит завоевать рынок в очень ближайшем будущем. Итак, перспективные новинки в области противопожарной безопасности.

#### Технология цифровых двойников Digital Twin

Digital Twin представляет собой систему, которая позволяет контролировать процессы и состояние объектов, прогнозировать их поведение



и предотвращать инциденты на производстве. В сфере противопожарной безопасности эта технология используется для профилактики бедствий на различных объектах. Технология цифровых двойников в противопожарной безопасности реализуется в три этапа:

- установка системы датчиков и сенсоров на реальном объекте для оценки нужных параметров в каждый момент времени;
- создание точной цифровой копии объекта в виртуальной среде;
- налаживание передачи непрерывного потока данных от физических датчиков объекта к его цифровому двойнику.

Цель этого процесса — моделирование текущего состояния объекта в виртуальной среде для своевременного выявления конструктивных проблем, оптимизации процессов и составления планов действий на основе актуальной информации. Плюсы внедрения технологии цифровых двойников в противопожарной безопасности:

- рост эффективности и надёжности систем пожарной безопасности;
- сокращение времени реакции на пожарные ситуации;
- упрощение планирования и принятия решений при пожаре.

#### Видеообнаружение пожаров (камеры с встроенным ИИ)

В этой технологии используются видеокамеры с встроенным искусственным интеллектом, то есть нейронная сеть, которая, следуя предварительно заданным алгоритмам, анализирует изображение и определяет источник возгорания, сообщая об этом на центральный пульт. Скорость и точность систем с искусственным интеллектом существенно превышают возможности обычных датчиков дыма.

#### Видеообнаружение пожаров (камеры-тепловизоры)

Камеры с теплочувствительной матрицей, возможно, станут альтернативой традиционным извещателям. Азиатские вендоры уже предлагают на тестирование такие устройства. Но пока непонятно, смогут ли они заменить собой по функциональности традиционные извещатели, станут

ли тепловизоры со временем доступнее в отношении цены, ведь сейчас их стоимость достаточно высокая, и внесут ли тепловизоры в ГОСТ.

### Линейный лазерный датчик от ГУАП

В прошлом году появилась приятная новость о том, что инженеры из Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП) разработали пожарный датчик, способный подать сигнал тревоги на 10 секунд раньше существующих аналогов. Линейный лазерный датчик российских инженеров основан на оптических принципах. От источника лазера, к другому конца устройства направляется луч. Он измеряет показатель преломления воздуха, который меняется при первых признаках пожара — при повышении температуры или задымлении. Разработка способна выявлять не только дым, как все датчики, но и тепловой поток, вызванный возгоранием. Она передает сигнал тревоги при температуре 44 °С, что на 10 °С меньше, чем у имеющихся аналогов. При этом датчику для работы нужно не больше электричества, чем простой лазерной указке. Испытания показали, что на небольшом расстоянии детектор способен засечь даже пламя свечи. Таким образом, датчик может обнаруживать бездымное горение, которое происходит, например, при тлении. Специальное программное обеспечение отличает простое изменение температуры от пожара и задымления, позволяя тем самым избежать ложных срабатываний из-за, например, курения возле датчика. Прибор предназначается для контроля протяженных помещений и рассчитан на большие дальности — около 100 метров. По задумке специалистов, использовать его можно будет на взрывоопасных производствах. При необходимости можно регулировать протяженность луча, поэтому разработку можно адаптировать под любое помещение. Стоимость устройства несколько выше, чем того оборудования, которое сейчас используют в противопожарных системах. Однако за счет более высокой чувствительности таких датчиков требуется меньше, поэтому затраты не возрастут. Предполагается, что после доработки датчик сможет регистрировать концентрацию в воздухе определенных веществ,

выделяющихся во время пожара. Если говорить об инновациях в системах обеспечения пожарной безопасности, то и тут есть несколько направлений, позволяющих повысить уровень защиты многократно по сравнению с применением привычных систем защиты объектов. Рассмотрим самые актуальные инновации в системах пожарной безопасности:

- Интеллектуальные системы обнаружения пожара (ИСОП): они представляют собой комплексное решение на базе современных технологий и алгоритмов; их основой является сеть современных датчиков, которые расположены по всему объёму объекта, регистрирующих самые различные параметры (дым, температуру, изменение уровня кислорода в воздухе, наличие в воздухе посторонних газов); эти датчики в режиме реального времени посылают считываемые параметры в блок обработки и анализа данных, где используются специальные алгоритмы и классификационные модели для анализа информации, полученной от датчиков; выявляют пожар на более ранней стадии, когда ещё можно предотвратить возгорание или максимально эффективно потушить, что сводит убытки и жертвы к минимуму; по характеристикам пожара проводят дифференцирование пожара по типу и степени опасности, что позволяет оперативно принимать необходимые меры по эвакуации и тушению; минимизируют ложные срабатывания благодаря используемым алгоритмам и целому комплексу датчиков;
- Использование ИИ: использование ИИ в противопожарных системах позволяет принимать во внимание различные контекстные факторы (расположение и размер помещения, наличие и количество людей, точное расположение пожара и имеющиеся ресурсы для его тушения, ресурсы времени и т.д.), что позволяет разрабатывать персонализированные стратегии локализации и ликвидации пожара и предлагать наиболее эффективные меры предупреждения и эвакуации; так же, ИИ минимизирует количество ложных тревог;

- Использование технологии «умный» дом: данные технологии имеют возможности: мониторинга пожарных датчиков и систем безопасности удаленно через смартфоны и иные устройства, контроля состояния помещений и обнаружения пожара с помощью датчиков и камер, активации сигнализации, вызова пожарных служб, интеграции с другими системами внутри дома (автоматическое закрытие окон, выключение кондиционеров и других электроприборов), удаленного управления системой владельцем объекта;
- Интеграция с «Интернетом вещей» (IoT): ожидается широкое применение и нарастание роли интернета вещей (IoT) в системах пожарной безопасности; благодаря IoT сетевые устройства и датчики могут быть связаны в единую систему, обмениваться информацией, предоставлять реально-временные данные о состоянии объекта и предупреждать об угрозах; также предполагается в ближайшем будущем развитие аналитических систем, которые смогут анализировать большие объемы данных и выявлять предвестники пожара заблаговременно до наступления пожароопасной ситуации [4].

Что касается прогнозов в плане конструктивных и эксплуатационных характеристик датчиков и сенсоров, то тут очень сложно что-либо загадывать, можно лишь предполагать направления развития:

- Миниатюризация пожарных датчиков: ожидается, что с развитием технологий компоненты датчиков будут становиться все более компактными и миниатюрными; малогабаритные датчики смогут быть интегрированы в самые разные объекты и устройства, что позволит более широко охватить потенциально опасные зоны и улучшить обнаружение пожаров;
- Оснащение беспроводных пожарных извещателей «пожизненными» источниками энергии: одним из перспективных направлений модернизации автономных датчиков является увеличение срока

- службы их батарей, чтобы потребителю не приходилось менять источник энергии в течении всего срока службы датчика;
- Создание датчиков со встроенным ИИ: в данный момент уже есть «умные» датчики с возможностью «самообучения» и анализа данных, но это не является пределом и можно пробовать расширить интеллектуальные возможности пожарных датчиков, что позволит автономным датчикам стать ещё совершеннее и завоевать рынок;
  - Увеличение площади охвата: многие современные пожарные датчики имеют ограниченную площадь охвата, что приводит к необходимости установки большого количества датчиков, так как датчики с большей площадью охвата более конкурентоспособны даже при более высокой стоимости.
  - Совершенствование сенсоров: извечная задача конструкторов и инженеров – создание принципиально нового сенсора, который превзошел бы по своим техническим характеристикам все имеющиеся на данный момент сенсоры: однозначно бы идентифицировал пожарную опасность, не имел бы ложных срабатываний или отказов, был бы надежным, долговечным и живучим [13].

Вывод по разделу.

За всю историю разработок пожарных датчиков и сенсоров, они многократно модернизировались и совершенствовались, менялись принципы работы, появлялись совершенно революционные технологии и конструкции. Казалось бы, всё давно уже изобретено и создано, но это далеко не так. Каждый год появляются новые устройства, которые в той или иной степени более функциональны, более удобны, более «умны», более надежны и т.д. За последние несколько десятилетий функциональность, надежность и удобность сенсоров и датчиков многократно возросли, что незамедлительно влечет за собой рост популярности и массовость используемости. Именно по этой причине наблюдается положительная динамика по минимизации ущерба от пожаров и человеческих жертв.

## **2 Анализ практического применения датчиков и сенсоров в системах противопожарной безопасности**

Список эксплуатационных характеристик пожарных детекторов очень внушительный и перечислять абсолютно все характеристики не имеет смысла.

Остановимся на самых основных:

- чувствительность / порог срабатывания;
- инерционность срабатывания;
- диапазон рабочих температур;
- максимально допустимая относительная влажность;
- максимально допустимая освещенность;
- степень жесткости по устойчивости к воздействию электромагнитных помех;
- степень защиты оболочки от проникновения внутрь твердых тел;
- максимально-допустимая защищаемая площадь;
- средняя наработка на отказ;
- средний срок службы.

Конечно же, для различных типов и моделей ИП списки характеристик будут отличаться и по набору характеристик, по числовым значениям. Хочу отметить только одно, что две характеристики из этого списка относятся к понятию надежности. Действительно, согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 34698-2020, условием безотказности является средняя наработка на отказ ИП (не менее 43500 ч. для извещателей, имеющих в своем составе механически подвижные элементы конструкции, и не менее 60000 ч. для всех остальных), а условием долговечности – максимальный срок службы.

Надежность пожарного извещателя, как электронного устройства, зависит от уровня разработки, от качества элементной базы, от технологии сборки и тестирования. К сожалению, среди огромного разнообразия ИП, предлагаемых на рынке пожарного оборудования в нашей стране, можно встретить как ИП высокого качества, так и кустарную подделку или просто

изделия низкого качества. Сложность контроля этого параметра объясняет наличие на рынке изделий, вероятность отказа которых на входном контроле почти 10%, при монтаже системы 50%, а через год может достигать и все 100%. Если же мы говорим об извещателях высокого качества, то наработка на отказ для них превышает 500 – 700 тыс. часов (80 лет), то есть, этап старения изделия начинается за пределами всех разумных сроков эксплуатации, когда изделие уже полностью морально устарело.

В "Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации принимается равной 0,8. А по статистике, эффективность работы установок пожарной сигнализации при пожарах еще ниже: реальная статистика говорит о том, что при пожаре задачу выполняют только 65-75% установок. При этом, согласно статистике, в 10 – 20% случаев установки вообще не срабатывают и часто причиной тому являются отказы датчиков. Отсюда можем сделать вывод, что статистика отказов датчиков пожарной безопасности действительно выглядит весьма удручающе.

Среди причин отказов можно выделить следующие:

- неправильно произведенный технический монтаж;
- нарушение целостности кабельных каналов и проводов, соединяющих датчики с устройством обработки данных;
- заводской брак оборудования;
- старение и выход из строя конструктивных элементов датчика;
- ограниченная точность детекции [5].

И если первые две причины зависят больше от монтажа и потребителя, то последние три причины полностью зависят от производителя, а это уже говорит о том, что пока в нашей стране очень много продается и покупается детекторов низкого качества.

Если говорить о надежности в более полном смысле слова, а не по утвержденному ГОСТу, то в это понятие должны входить:

- достоверное обнаружение возгорания на начальной стадии развития пожара (отсутствие отказа);
- отсутствие ложных тревог (ложных срабатываний) [9].

Со статистикой ложных срабатываний в нашей стране всё очень сложно: этой статистики просто нет как таковой. Если брать примерные цифры, разнящиеся по разным объектам, то на ложные срабатывания приходится от 25 до 50% всех срабатываний, а иногда и более 50%. Причем эта цифра зависит от огромного множества факторов: количества и качества извещателей в установке, климатических и сезонных параметров (наличие насекомых, влажность, температура), качества монтажа, наличия электромагнитных помех и так далее.

В сентябре 2021 г. вступил в силу национальный стандарт ГОСТ Р 59638–2021 "Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность". В соответствии с этим стандартом к причинам ложных срабатываний относятся:

- "Нежелательное срабатывание": воздействие факторов, схожих с факторами пожара (например, из-за табачного дыма, тумана, высоких температур и т.д.), или непреднамеренного воздействия на ручной извещатель;
- "Неисправность": неисправность оборудования (например, внешние электромагнитные воздействия, насекомые, вода, загрязнение, окисление и нарушение контактов и т.д.);
- "Хулиганство": злонамеренные действия человека;
- "Ошибочная активация": человек подал сигнал о пожаре по ошибке;
- "Неизвестная причина": причина ложного срабатывания не может быть достоверно установлена [16].

СП 484.1311500.2020 предусматривает защиту от ложных срабатываний, которую следует обеспечивать одним или комбинацией следующих мероприятий:



- выбором типа ИП;
- применением ИП, не реагирующих на факторы, схожие, но не связанные с пожаром и которые присутствуют при нормальном функционировании объекта [пыль, пар, резкие перепады температуры (например, при открытии дверей), сценический дым, дым и излучение от сварочных работ, солнечное излучение и т.п.];
- использованием мультисенсорных (мультикритериальных) ИП;
- применением экранированных кабелей, кабелей типа "витая пара", оптоволоконных линий связи;
- использованием алгоритмов принятия решения о пожаре В или С;
- тепловые ИП не следует устанавливать над источниками тепла (радиаторы, нагретые в нормальном состоянии агрегаты), а также рядом с помещениями, открытие дверей в которые может привести к повышению температуры (помещения саун, кухонь, тепловых камер и т.п.);
- газовые ИП не следует применять для помещений при наличии в нормальном состоянии газов с концентрациями, которые могут вызвать их ложное срабатывание, а также при пламенном горении горючей нагрузки;
- во избежание случайных нажатий рекомендуется применять ИПР с откидной крышкой или ИПР класса В [17].

Если же с помощью приведенных рекомендаций частоту ложных срабатываний в течение года эксплуатации так и не удалось снизить до приемлемого уровня, то СПС считается не соответствующей предъявляемым к ней требованиям. Тогда она должна быть модернизирована с применением оборудования и технических решений, которые способны обеспечить более высокий уровень защиты от ложных срабатываний. Данные требования касаются всех смонтированных и эксплуатирующихся СПС.

Отступаясь от нормативных документов, рассмотрим для самых распространенных ИП (точечных дымовых оптико-электронных) статистику

отказов и ложных срабатываний, в зависимости от причины возникновения, и сведем их в диаграмму, представленную ниже на рисунке 3:

- запыление дымовой камеры (порядка 35 – 40% случаев);
- попадание насекомых в дымовую камеру (20 – 25%);
- воздействие испарений, пыли, повышенной влажности, аэрозолей, в том числе курения (порядка 20%);
- электромагнитное воздействие (порядка 15%);
- прочие причины (порядка 5%).

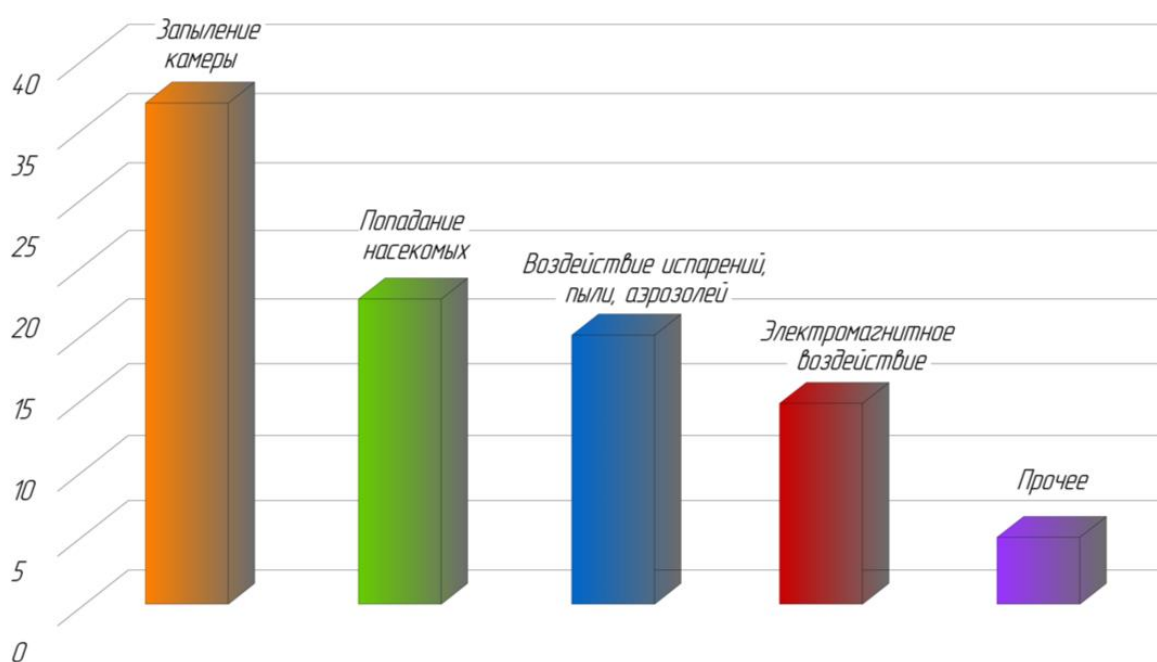


Рисунок 3 – статистика отказов и ложных срабатываний дымовых оптико-электронных ИП

Вывод по разделу.

Среди особенно важных характеристик пожарных извещателей есть такое понятие, как надежность, характеризуемое паспортной характеристикой – средней наработкой на отказ. Но в условиях реальности, когда число отказов детекторов оставляет желать лучшего, следует всё же полагаться не на цифру в паспорте, а на рейтинг производителей, то есть приобретать заведомо

высококачественные изделия, которые с большей вероятностью отработают весь положенный ресурс.

Одна из основных проблем пожарных детекторов – ложные срабатывания пожарной сигнализации. Это может быть вызвано различными факторами, такими как пыль, пар, химические испарения или даже технические сбои в системе детекции. Ложные срабатывания приводят к недоверию к системе и возможным неприятностям для персонала, а также повышенным расходам на обслуживание и обследование системы. Причем, тремя главными причинами ложных срабатываний самых распространенных детекторов (точечных дымовых оптико-электронных) являются: запыление дымовой камеры, попадание насекомых в дымовую камеру и воздействие испарений, пыли, повышенной влажности, аэрозолей, в том числе курения.

Вторая проблема – отказ в детекции. Причины отказов различные: от производственного брака и нарушений монтажа до отказов рабочих элементов в процессе работы из-за физического старения устройства. В том числе, отказ может быть связан с ограниченной точностью детекции: некоторые существующие системы пожарной сигнализации могут быть ограничены в точности и надежности детекции пожара, то есть они могут не обнаруживать некоторые типы пожаров или детектировать их с задержкой. Точность детекции является критическим аспектом пожарной сигнализации, и улучшение этого параметра является важной задачей.

Причины отказов и ложных срабатываний обязательно необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации детекторов для уменьшения их числа, так как от правильной работы ИП зависит устойчивость и корректность работы АПС, что, безусловно, влияет на удобство использования АПС и снижение затрат на её обслуживание.

### **3 Предложения по применению перспективных датчиков и сенсоров в системах противопожарной безопасности**

Сложно переоценить выгоды от применения устройств более высокого технического уровня. Так всегда было и будет: чем выше технический уровень, тем изобретение будет более функциональным, надёжным, долговечным, удобным и полезным. Конечно, основным минусом всегда будет стоимость технологичных новинок, но, когда речь идёт о пожарной безопасности важных объектов, сохранность объекта и спасение человеческих жизней оказываются намного важнее стоимости противопожарного оборудования.

Например, изначально автоматические пожарные детекторы были исключительно проводными. На смену им пришли детекторы с радиоканальным способом передачи информации. Конечно, сейчас это уже не является новшеством, но когда-то это было инновацией [19].

Перечислим выгоды, которые получены от данной технологии:

- сокращение времени, необходимого на монтаж оборудования, т.к. не требуется прокладывание линий связи;
- беспроводные системы менее подвержены механическому воздействию (возникновение короткого замыкания между проводами или их обрыв);
- радиоканальные системы монтируются с минимальным нарушением интерьеров объектов и не отражаются негативно на эстетичном виде помещения;
- радиоканальные системы не ограничивают расстояние между связываемыми техническими средствами в отличие от проводных систем, так как любой кабель имеет собственную погонную емкость и индуктивность, а значительное удлинение проводов приводит к ограничению максимально возможной передаваемой частоты электрического сигнала, снижению его уровня за счет воздействия собственной емкости и индуктивности и к искажению сигнала;

- в беспроводных датчиках нет помех (провода – это антенны для помех (грозы, сварка), более 70 % ложных тревог происходят из-за наведенных помех на сигнальные провода от силовых проводов и кабелей);
- радиоканал устойчив к огню, а провода перегорают в начале пожара;
- в большинстве случаев проводные системы едва обеспечивают вторую степень устойчивости к электромагнитным помехам, а беспроводные системы могут обеспечить и третью, и четвертую степени;
- при ремонте или реконструкции зданий и сооружений радиоканальные системы продолжают функционировать и минимально мешают работам, то есть систему можно не отключать, а проводные системы требуют отключения, что негативно сказывается на пожарной безопасности.

Иными словами, выгоды от новых разработок есть всегда.

Основными преимуществами применения перспективных датчиков и сенсоров являются:

- современные технологии позволяют достичь более высокой точности и надежности в обнаружении пожаров: интеллектуальные датчики и системы детекции, интеграция смарт-технологий и использование искусственного интеллекта значительно снижают вероятность ложных срабатываний и обеспечивают более точную и своевременную реакцию на реальные пожарные ситуации (интеллектуальные датчики и системы детекции могут обнаруживать пожарные признаки даже в сложных условиях и средах, таких как высокая пылевая активность или наличие опасных химических веществ);
- современные технологии позволяют создать более интегрированную и связанную систему безопасности, что приводит к более эффективному управлению и реагированию: интеграция смарт-технологий и Интернета вещей позволяет связать пожарную сигнализацию с

другими системами безопасности, такими как системы контроля доступа или видеонаблюдение, что обеспечивает более полное представление о ситуации и позволяет принимать лучшие решения при управлении пожарной безопасностью;

- современные технологии позволяют максимально быстро оповещать и своевременно эвакуировать людей: благодаря интеллектуальным системам детекции и интеграции смарт-технологий, оповещение может быть мгновенным и доставлено с помощью различных каналов связи, включая мобильные устройства, что минимизирует задержки в реакции на пожар и обеспечивает более быструю эвакуацию людей из здания.

Говоря о плюсах инноваций, нельзя не упомянуть о проблемах, сопряженных с новыми технологиями и его внедрением:

- высокие затраты на внедрение, что не всегда приемлемо для небольших объектов;
- необходимость в квалифицированном персонале для обслуживания, так как новые технологии требуют более профессионального подхода;
- необходимость в надежном обеспечении кибербезопасности, так как взлом или несанкционированный доступ к системам пожарной сигнализации может иметь серьезные последствия, включая возможность отключения системы или распространения ложных сигналов.

Конечно же, помимо прочего, необходимо учитывать проектную и эксплуатационную специфику при переходе на оборудование нового уровня:

- требуется полное обновление системы СПС/САПТ: переход на совершенно новые панели управления и переход на передовые технологии детектирования, а не частичный отказ от устаревших датчиков, так как нельзя заменить в системе только часть датчиков;
- требуется интеграция сетей и коммуникаций: одним из ключевых аспектов современного проектирования пожарной сигнализации

является интеграция сетей и коммуникаций, так как системы пожарной сигнализации теперь могут быть связаны с другими системами безопасности, такими как системы контроля доступа, эвакуации, видеонаблюдения и управления зданиями, что позволяет оперативно передавать информацию о возгорании и координировать действия различных систем в случае пожарной тревоги (интеграция сетей и коммуникаций улучшает эффективность и оперативность реакции на пожарные ситуации, а также обеспечивает централизованное управление и мониторинг);

- желательно применение искусственного интеллекта и аналитики данных: алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные с датчиков пожарной сигнализации в реальном времени и предсказывать вероятность возникновения пожара, что помогает мгновенно принимать предварительные меры и предотвращать катастрофические последствия, кроме того искусственный интеллект также может автоматически определять ложные срабатывания и уменьшать количество ложных тревог, повышая надежность и доверие к системе пожарной сигнализации;
- требуется создание удобного интерфейса для управления и мониторинга системы: удобный интерфейс позволяет оперативно реагировать на пожарные ситуации, предоставляет четкую и понятную информацию и упрощает взаимодействие с системой пожарной сигнализации;
- требуется переобучение персонала для успешной работы с новейшим оборудованием, так как новые технологии предполагают совершенно иной комплекс знаний, умений и навыков.

На данный момент существует множество успешных примеров применения новейших технологий. Чаще всего к установке передовых технологий прибегают на промышленных объектах, складских комплексах, объектах критической инфраструктуры (энергетические комплексы,

транспортные системы, медицинские учреждения и т.д.), коммерческих комплексах, в зданиях с технологией «Умный» дом.

Наиважнейшими параметрами противопожарных систем являются надежность и живучесть. Остановимся на них немного подробнее.

Надежность СПС/САПТ определяется двумя основными факторами:

- достоверное обнаружение и дифференциация возгорания на начальной стадии развития пожара, которое определяется не только надежностью сенсоров и датчиков, входящих в систему, но и аспектами проектировки и монтажа СПС/САПТ;
- отсутствие ложных тревог, снижающих доверие к системе, которое также зависит и от качества сенсоров и датчиков, и от проектировки и монтажа СПС/САПТ.

Надежность СПС/САПТ повышается при соблюдении следующих условий:

- с уменьшением общей длины проводных линий (происходит укорочение антенн);
- с уменьшением использования аналоговых шлейфов и увеличением использования соединений по цифровым каналам (в этом случае улучшается коррекция ошибок при передаче сигналов);
- с применением беспроводных систем, для которых существенно ниже влияние электромагнитных помех.

Живучесть СПС/САПТ повышается при соблюдении следующих условий:

- если устройства, входящие в СПС/САПТ могут отправить сигнал более чем по одному маршруту (например, по кольцевой линии или по линии с динамической маршрутизацией);
- если система использует беспроводные технологии, то есть соединения являются абсолютно неперегораемыми.

Теперь перейдем от общей теории непосредственно к исследуемому объекту и способам повышения надежности АПС на нем.



В данный момент говорить о какой-либо надежности работы АПС в МБДОУ «Детский сад «Малыш» вообще не приходится:

- во-первых, пожарные датчики, установленные на объекте, являются морально устаревшими, как и вся остальная контролирующая аппаратура;
- во-вторых, по причине отказов и многочисленных ложных срабатываний половина датчиков не способны выполнять свое функциональное предназначение, так как они вообще отключены.

Таким образом, перед руководством поставлена задача полного демонтажа устаревшей и пришедшей в непригодность АПС и установки новой АПС. В связи с этим, возникла необходимость выбора комплектации новой АПС: либо установить типовые датчики (наиболее часто применяемые в подобных системах), либо установить более технологичные устройства, которые смогут существенно повысить пожарную безопасность объекта. Проблемой выбора является ограниченность в финансировании и поэтому стоимость капитальных вложений играет весомую роль. Исходя из этого, требуется выбрать устройства высокого качества, которые обеспечат пожарную безопасность с высокой степенью надежности, но с условием приемлемых по величине капитальных материальных затрат. Но так как цены на более технологичные устройства высокого качества порой существенно дороже, то выбор будет определяться результатами оценки интегрального экономического эффекта (ИЭЭ) при использовании АПС на протяжении 10 лет (вычисления ИЭЭ будут приведены в 6 главе данной работы).

Обычно в детских садах устанавливают точечные дымовые оптико-электронные пожарные извещатели, которые с относительно хорошей надежностью обеспечивают пожарную безопасность во всех помещениях, кроме тех, где наблюдается повышенная влажность и интенсивные испарения (к таким помещениям относятся кухня и прачечная с гладильной). В последних устанавливают точечные тепловые извещатели, которые, конечно же, срабатывают не на этапе дымообразования, а уже при наличии открытого

огня. Таким образом, одно из условий надежности АПС уже заведомо не соблюдается. Мы не можем считать данный проект АПС надежным, так как условно «жертвуем» двумя помещениями, в которых угроза пожара будет идентифицироваться не на начальной стадии.

Для повышения надежности работы АПС и улучшения уровня обеспечения пожарной безопасности мною выбран двухдиапазонный дымовой датчик фирмы Bosch. Модель датчика FAP-425-DO-R.

Для начала рассмотрим принцип действия и отличительные особенности такого типа датчиков.

Дым состоит из видимых и невидимых частиц разного размера, его структура зависит от вида очага и условий окружающей среды, она меняется с течением временем. Размер частиц дыма варьируется, начиная от 0,1 микрона в диаметре, преобладающих в горящем пламени, до частиц диаметром 1 микрон и более, что относится к очагам в беспламенной стадии горения. В тлеющих очагах углеродосодержащих материалов преимущественно выделяются серые дымы с размером частиц около 1 мкм, а вот при горении горючих жидкостей и пластмасс образуются прозрачные дымы с меньшими размерами частиц.

Дымовые извещатели можно испытывать по четырем тестовым очагам: TF1 – горение дерева, TF2 – тление древесины, TF3 – тление хлопка, TF4 – горение пенополиуретана, TF5 – горение n-гептана. Дым от очага TF2 состоит в основном из крупных частиц (более 0,5 микрон), дым от очага TF3 – из невидимых частиц малого размера и видимых частиц крупного размера примерно в равной пропорции, дымы от очагов TF1, TF4 и TF5 с открытым пламенем – из частиц малого размера (от 0,1 до 0,5 микрон), помехи (пар, пыль, аэрозоли имеют диаметр более 0,5 микрон).

В стандартных дымовых извещателях, использующие технологию рассеянного света, расположен один светодиод, излучающий в ИК диапазоне. Так как оптико-электронный детектор имеет максимальную чувствительность к дымовым частицам, которые соизмеримы с длиной волн ИК диапазона (0,5-

1 микрон), то он реагирует только на так называемые «серые» дымы тления, с более крупными частицами и плохо реагирует на дымы от открытых очагов. К недостаткам таких извещателей также относят вероятность ложного срабатывания в запыленных помещениях и в помещениях с высоким содержанием пара и это, как раз-таки, связано с тем, что размеры частиц пара, пыли и дыма оказываются одинаковыми и мало различимыми для извещателя.

Стандартные тепловые извещатели устойчивы к наличию пара, но совершенно не справляются с ранним обнаружением очага возгорания на моменте дымообразования (тления).

В двухдиапазонном дымовом извещателе собраны преимущества и устранены недостатки вышеперечисленных типовых извещателей.

Для обнаружения более мелких частиц дыма в двухдиапазонном извещателе в пару к ИК диоду (945 нм) был установлен синий излучатель, с меньшей длиной волны (470 нм). Это позволило значительно повысить чувствительность дымового извещателя к частицам дымов малых размеров.

Упрощенная схема двухдиапазонного дымового датчика приведена на рисунке 4.

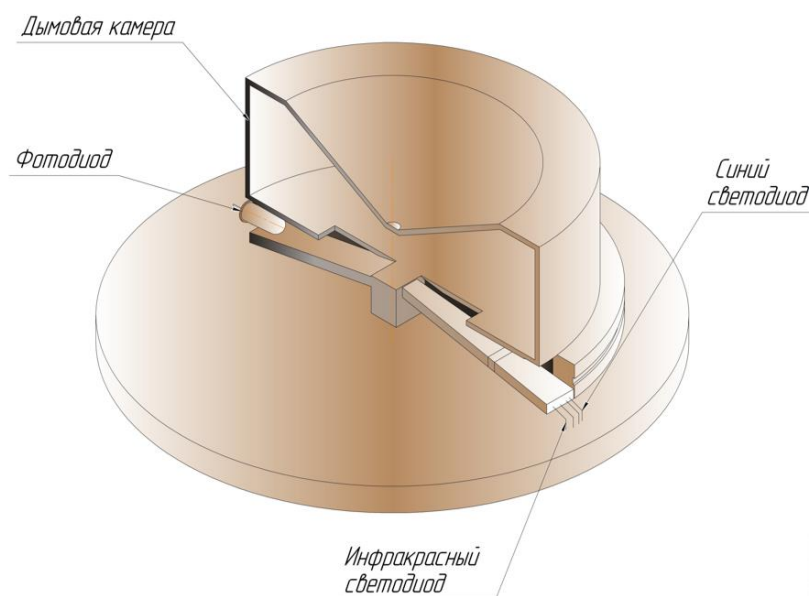


Рисунок 4 – Схема двухдиапазонного дымового датчика

Попробуем разобраться в том, как это работает.

В дымовых оптико-электронных извещателях используется оптопара (светодиод и фотодиод), расположенные в дымовой камере таким образом, что при отсутствии дыма на фотодиод сигнала не попадает. При появлении дыма свет от светодиода рассеивается на частицах дыма и сигнал фотодиода увеличивается, извещатель подает сигнал тревоги. Если у нас в качестве светодиода ИК диод, то рассеяние будет преимущественно происходить на крупных частицах, диаметр которых сравним с длиной волны ИК-излучения. А вот на частицах, размеры которых значительно малы, ИК-излучение не будет рассеиваться и извещатель не подаст сигнал тревоги. Синий излучатель имеет в 2 раза меньшую длину волны и, соответственно, способен испытывать рассеяние на частицах малого диаметра. На рисунке 5 показано отношение рассеяния синего света к инфракрасному в зависимости от размера частиц. По графику понятно, что в диапазоне от 0,2 мкм до 0,5 мкм синий диод эффективнее инфракрасного более, чем в 5 раз.

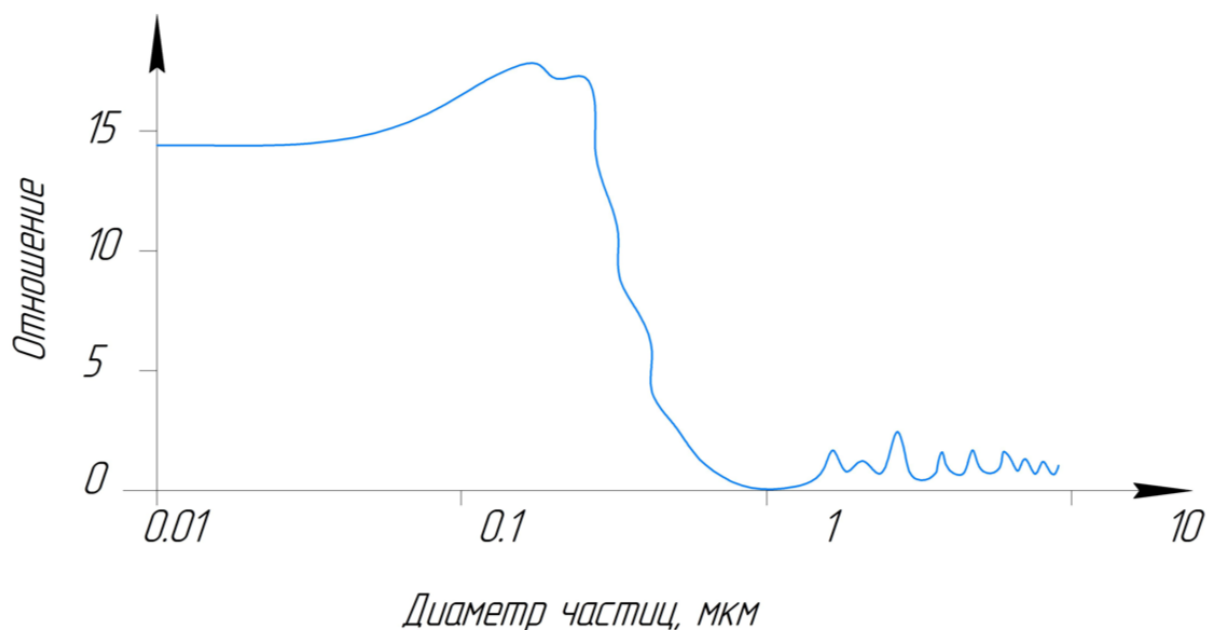


Рисунок 5 – Отношение рассеяния синего света к инфракрасному в зависимости от размера частиц

Тестирование показало, что такой двухдиапазонный извещатель, благодаря синему светодиоду, эффективно срабатывает не только на дымы тления, но и на дымы открытого пламени. Таким образом, двухдиапазонные извещатели одинаково хорошо себя показали на всех типах очагов: от TF1 до TF5 включительно.

Такой извещатель способен успешно заменить сразу два типа извещателей (дымовые и тепловые), выполняя функции и того, и другого одновременно, и при этом иметь максимальную надежность.

А для еще более четкого разделения между частицами дыма и другими частицами (аэрозоли, пары, пыль и т.д.), в алгоритме микропроцессорного анализа используются дополнительные параметры – плотность дыма и размер частиц в диапазоне от 0,2 до 1 мкм, что приводит к резкому снижению вероятности ложных срабатываний на пыль, пар, аэрозоль и т.п. Например, выбранный для внедрения дымовой извещатель FAP-425-DO-R принимает решение о тревоге на основе интеллектуального анализа следующих данных: измеренная величина плотности дыма, скорость увеличения плотности дыма и размер частиц дыма (по измерениям с помощью технологии Dual Ray).

Снижение вероятности ложных срабатываний несомненно увеличивает надежность всей АПС в целом и повышает степень доверия.

Еще одним немало важным плюсом в пользу выбора этого датчика является то, что максимальная контролируемая зона у этого извещателя 120 м<sup>2</sup>, а это означает, что на помещение площадью 100 м<sup>2</sup> нужно не 2-4 датчика, как их обычно и устанавливают, а всего один извещатель, расположенный в центре потолка помещения. Например, для тепловых и мультисенсорных извещателей максимальная контролируемая площадь примерно равна 40 м<sup>2</sup>, что в три раза меньше, чем у предлагаемой модели. Замечу, что стоимость мультисенсорного извещателя в несколько раз выше стоимости предлагаемого двухдиапазонного. Экономическая выгода по сравнению с мультисенсорными извещателями очевидна и бесспорна.

Кроме того, в данном извещателе имеются следующие функции, которые отличаю его от многих типовых моделей более низкого качества исполнения:

- активный самоконтроль сенсоров с отображением на пожарной панели: активная регулировка порога срабатывания (компенсация отклонения) при загрязнении оптического сенсора;
- защита от электромагнитных помех составляет 50 В/м и, таким образом, является более высокой, чем требуется по нормам и правилам;
- сохранение функций кольцевого шлейфа LSN в случае обрыва кабеля или короткого замыкания благодаря внутренним изоляторам извещателя;
- индивидуальная идентификация извещателя на пожарной панели в случае тревоги;
- индикация тревоги на извещателе посредством мигающего красного индикатора;
- возможность программирования (т. е. возможность выбора типа рабочей зоны);
- улучшенное обнаружение и повышенная защита от ложных срабатываний благодаря оценке временных параметров возгорания и учету внешних помех;
- возможность подключения выносного индикатора (ВУИ);
- дополнительная механическая защита от снятия (может быть активирована/деактивирована);
- пылестойкая конструкция лабиринта и колпака;
- автоматическая или ручная адресация извещателей на выбор.

Вывод по разделу.

Выгоды от использования высокотехнологичных устройств очевидны и неоспоримы. Чем выше технический уровень, тем изобретение будет более функциональным, надёжным, долговечным, удобным и полезным.

Современные высокотехнологичные датчики и сенсоры более надежны, более точны, более функциональны, более долговечны. Они способны не только считывать параметры среды и передавать сигнал, но и обрабатывать сразу несколько параметров и проводить анализ информации.

Для безотказного, долговечного и надежного функционирования АПС/САПТ лучше всего использовать самое передовое высокотехнологичное оборудование. Идеальными считаю беспроводные технологии и использование искусственного интеллекта, но пока эти технологии доступны только ограниченному числу потребителей из-за высокой цены. Да и, помимо самых передовых и перспективных технологических решений, уже достаточно доступны менее прогрессивные, но при этом очень качественные и надежные варианты организации надежной безотказной АПС/САПТ.

Дымовые модели двухдиапазонных пожарных извещателей по своим техническим параметрам являются хорошей альтернативой многим точечным извещателям других типов, превосходя их по многим эксплуатационным свойствам. Их стоимость выше стоимости типовых извещателей дыма и тепла, но гораздо ниже стоимости многих мультисенсорных извещателей того же уровня качества и надежности. А так как двухдиапазонные извещатели представляют собой совершенно новый уровень точности обнаружения дыма при пожаре, то выбор установки двухдиапазонных пожарных извещателей вместо типовых дымовых и тепловых извещателей для МБДОУ «Детский сад «Малыш» считаю обоснованным и рациональным.

## 4 Охрана труда

Так как в МБДОУ «Детский сад «Малыш» ничего не производится, не используются опасные и вредные вещества, нет никаких сложных технологических процессов и других факторов высокого риска, то, соответственно, и рабочих мест с высоким риском тоже не имеется. На исследуемом объекте все рабочие места имеют оптимальные (класс 1) или допустимые условия труда (класс 2). Это связано не только с грамотной организацией работы в учреждении и соблюдением всех нормативов, но и с общей спецификой работы исследуемого объекта. По определению, дошкольное образовательное учреждение, в котором ежедневно находится большое количество детей в возрасте от двух до семи лет, не имеет права нести опасности, сопряженные с высоким риском. Тем не менее, есть три рабочих места, для которых имеет смысл идентифицировать опасности и провести оценку риска [10].

Исходя из технического оснащения помещений, из наблюдений за рабочим процессом на различных рабочих местах и из реестра учета несчастных случаев, мною выбраны три рабочих места, для которых будет составлен реестр профессиональных рисков, идентификация опасностей и проведена количественная оценка риска. Рассматриваемые рабочие места – повар, кухонный рабочий и машинист по стирке и ремонту спецодежды.

Первые два рабочих места связаны с кухонным помещением, а третье рабочее место связано с прачечной/гладильной. В обоих помещениях имеются источники пара и высокой температуры, горячие поверхности, микроклимат с повышенными влажностью и температурой, а также различное электрическое оборудование (электроплиты, электрочайники, стиральные машины, утюги, электрические мясорубки, парогенераторы и прочее вспомогательное оборудование).

Для того, чтобы определить мероприятия по снижению риска, нужно понимать, на какие факторы необходимо обратить внимание, а для этого



необходимо рассмотреть перечень идентификационных опасностей и определить уровни профессиональных рисков на рабочих местах [3].

При всём многообразии опасностей, рассматривать имеет смысл только те, вероятность наступления которых имеет место быть. Например, не имеет смысла рассматривать для повара опасность, связанную с дегустацией пищевых продуктов, если за 5 лет не было ни одного случая с какими-либо последствиями от этой опасности. Иными словами, имеет смысл рассматривать только те опасности, которые представляют реальную угрозу и которые случаются регулярно (хотя бы 1 раз в год). Для того, чтоб из списка потенциальных опасностей для рабочего места выбрать только значимые, будем отталкиваться от реестра учета несчастных случаев, зафиксированных на исследуемом объекте, от личных наблюдений и от устного опроса работников учреждения, занятых на исследуемых рабочих местах.

Ну и, конечно, не имеет смысла рассматривать опасности, не связанные непосредственно с рабочим местом. Например, нет смысла для повара рассматривать опасность травмирования снегом и (или) льдом, упавшими с крыши, или опасность быть укушенной бродячей собакой, случайно забежавшей на территорию детского сада, так как мероприятия по устранению таких опасностей не будут относиться непосредственно к рабочему месту повара.

Согласно опросу персонала, работающего на кухне, самыми распространенными и частыми травмами кухонных сотрудников являются ожоги и ошпаривания, а также порезы ножами и различными острыми кромками. Но в официальном реестре опасностей теперь отсутствует такая опасность как «опасность пореза частей тела, в том числе кромкой листа бумаги, канцелярским ножом, ножницами, острыми кромками металлической стружки», поэтому эту опасность мы не можем включить в реестр опасностей, хоть она и является значимой, по мнению кухонных работников.

Согласно опросу работников прачечной/гладильной, основными травмами на рабочем месте являются ожоги и ошпаривания, а также есть

жалобы на плохое самочувствие в связи с повышенной влажностью в помещении, которая связана со спецификой рабочего места.

Исходя из личных наблюдений, опроса работников и рассмотрения реестра травм на объекте, составим таблицу 1 («Реестр рисков»), идентифицирующую опасности на рабочих местах, с указанием кода ID этих опасностей) и последствий приведенных опасностей, используя для составления Приложение № 1 Приказа Минтруда РФ от 29.10.2021 № 776н.

Реестр будем составлять для следующих рабочих мест: 1 место – это рабочее место повара; 2 место – это рабочее место кухонного рабочего; 3 место – это место машиниста по стирке и ремонту спецодежды.

Таблица 1 – Реестр рисков

№	Опасность	ID	Опасное событие
1	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
2	Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	9.3	Заболевания кожи (дерматиты)
3	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	Высокая или низкая скорость движения воздуха, в том числе, связанная с климатом	16.1	Заболевания вследствие перегрева или переохлаждения организма
	Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	9.3	Заболевания кожи (дерматиты)

Теперь по полученному реестру рисков составим таблицу 2 («Анкета»), содержащую виды рисков на рабочих местах, предполагаемые последствия рисков и коэффициенты, которые используются для расчета количественной оценки риска: коэффициент А, являющийся оценкой вероятности наступления опасности, и коэффициент U, являющийся оценкой степени тяжести последствий опасности.

Оценку значения коэффициентов вероятности и степени тяжести опасности проведем по таблицам методических указаний, выложенных в учебном курсе.

Таблица 2 – Анкета

Рабочее место	Риск	Последствие риска	Вероятность события, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Повар	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру	Вероятно	4	Незначительная	2	8	Низкий
Кухонный рабочий	Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	Заболевания кожи (дерматиты)	Вероятно	4	Незначительная	2	8	Низкий
Машинист по стирке и ремонту спецодежды	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	Высокая или низкая скорость движения воздуха, в том числе, связанная с климатом	Заболевания вследствие перегрева или переохлаждения организма	Весьма вероятно	5	Незначительная	2	10	Средний
	Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	Заболевания кожи (дерматиты)	Вероятно	4	Незначительная	2	8	Низкий

Количественная оценка риска R была вычислена путем перемножения коэффициентов А и U, относящихся к вероятности наступления риска и тяжести последствий риска [1].

Итак, мы получили, что единственным рабочим местом со степенью риска выше низкого является рабочее место машиниста по стирке и ремонту спецодежды. В качестве мероприятий по улучшению условий труда и снижению риска до низкого можно выбрать следующее решение: для снижения влажности воздушной среды в прачечной/гладильной предлагаю установить в помещении электрический осушитель воздуха (это будет самым простым, максимально эффективным и быстрым решением вопроса).

Данное решение соответствует Мерам управления/контроля профессиональных рисков, закрепленных в Приложении № 1 Приказа Минтруда РФ от 29.10.2021 № 776н под номером 16.1.4 «Внедрение рациональных технологических процессов и оборудования». В данном случае это будет внедрением оборудования по понижению влажности и, соответственно, контролю и управлению профессиональным риском.

В результате предложенного мероприятия вероятность события А на рабочем месте машиниста по стирке и ремонту спецодежды снизится как минимум на единицу (с 5 до 4) и уровень риска для этого рабочего места изменится со среднего до низкого (с 10 до 8) [15].

Вывод по разделу.

По большому счету, на исследуемом объекте можно ничего не менять в плане охраны труда, так как среди рабочих мест учреждения нет ни одного с высокой степенью риска. Тем не менее, в процессе исследования было выявлено одно рабочее место, на котором можно снизить риск со среднего до низкого путем покупки дополнительного оборудования. В частности, предлагается для рабочего места машиниста по стирке и ремонту спецодежды в прачечную/гладильную закупить электрический осушитель воздуха для исключения работы в условиях повышенной влажности.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Любое предприятие (учреждение или организация) осуществляет сбросы и выбросы продуктов деятельности, а также образует твердые отходы различных классов опасности. В зависимости от состава и количества загрязняющих веществ в выбросах, предприятию или организации приписывается класс опасности. Несмотря на то, что Детские дошкольные учреждения не являются производствами, они всё же могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

В процессе деятельности МБДОУ Детского сада «Малыш» рассмотрены следующие возможные негативные воздействия на экологию: выбросы в воздух от работы кухни, выбросы в канализацию от работы прачечной и кухни, а также твердые отходы от общей деятельности объекта практики, образованные за 2023 год.

Отметим сразу, что на исследуемом объекте отсутствует оборудование для выработки электроэнергии и теплоэнергии. Теплоснабжение – водяное, центральное, осуществляется от центральной городской котельной. Водоснабжение и электроснабжение также являются централизованными.

Среди источников выбросов в канализацию отсутствуют радиоактивные вещества, а также вещества 1 и 2 классов опасности. Взвешенных моющих средств в сбросах содержится не более 0,1 т в год. Выбросы отработанной воды происходят в централизованную систему водоотведения, содержат незначительное количество моющих средств и могут быть отнесены к выбросам, образующимся от бытовых нужд. Выбросы в окружающую среду и ливневую канализацию отсутствуют. Ливневая канализация на территории объекта не предусмотрена, что связано с ландшафтом территории, на которой расположен объект. Таким образом, по водным сбросам можно сделать заключение, что МБДОУ «Детский сад «Малыш» в процессе водоотведения не наносит окружающей среде вреда. Все выбросы в пределах нормы и не представляют опасности [11].

Выбросы в воздух происходят в процессе приготовления пищи и могли бы подлежать нормированию, но есть ряд факторов, позволяющих не прибегать к нормированию выбросов в атмосферу. Во-первых, процесс приготовления пищи происходит на электроплитах (не на газовых плитах), что исключает возможность образования продуктов горения. Во-вторых, пар, образующийся при приготовлении пищи, попадает в вентиляцию через вытяжку с фильтром, на котором оседают крупные взвешенные частицы, в частности частицы растительного масла и иных жиров животного и растительного происхождения. В-третьих, на кухне не осуществляется приготовление блюд с потенциально опасными выбросами в атмосферу, а именно: отсутствует процесс выпекания (хлебобулочные изделия не выпекаются, а привозятся в готовом виде из городского хлебокомбината); отсутствует процесс жарки на масле (все блюда парено-вареные, приготовление во фритюре или на гриле исключено). Таким образом, выбросы в атмосферу не требуют нормирования, так как отсутствует возможность её загрязнения ввиду ничтожности содержания вредных загрязняющих веществ в выбросах исследуемого учреждения.

Антропогенная нагрузка на окружающую среду со стороны МБДОУ «Детский сад «Малыш» заключается только в утилизации твердых отходов. Количество и состав твердых отходов не превышают дозванных норм, подлежат строгому нормированию и учету [18].

Вывоз твердых отходов осуществляется по договору, заключенному с организацией, ответственной за осуществление вывоза и утилизации бытовых и производственных отходов по г. Елизово.

В составе твёрдых утилизируемых отходов за 2023 год имеются отходы только отходы четвертого и пятого класса опасности. Количество отходов жизнедеятельности учреждения суммарно составляет: 0,602 тонны отходов четвертого класса опасности и 6 тонн отходов пятого класса опасности.

С учетом всего вышеизложенного составим таблицу 3 по антропогенной нагрузке организации на окружающую среду.

Таблица 3 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду МБДОУ «Детский сад «Малыш» за 2023 год

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
МБДОУ «Детский сад «Малыш»	Помещение для приготовления еды (кухня)	Отсутствует	Отсутствует	Тара жестяная консервная, загрязненная пищевыми продуктами; Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной; Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные.
	Прачечная/ гладильная	Отсутствует	Отсутствует	Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной
	Офисные помещения	Отсутствует	Отсутствует	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный); Картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные; Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства;
	Территория и учебно-воспитательные помещения	Отсутствует	Отсутствует	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный); Отходы (мусор) от уборки территории и помещений учебно-воспитательных учреждений; Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной
Количество в год		–	–	6,602

Так как исследуемый объект не оказывает никакого вредного воздействия на окружающую среду, то он не относится к области применения

наилучших доступных технологий, что и отразится в таблице 4 в виде нулевых сведений о применяемых на объекте технологиях.

Таблица 4 – Сведения о применяемых технологиях в МБДОУ «Д/с «Малыш»

N п/п	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
	Номер	Наименование		
1	2	3	4	5
1	1	МБДОУ «Детский сад «Малыш»	Отсутствуют	–

Также, исходя из вышеизложенного, что на исследуемом объекте выбросы в атмосферу не требуют нормирования, так как отсутствует возможность её загрязнения ввиду ничтожности содержания вредных загрязняющих веществ в выбросах исследуемого учреждения, составим таблицу 5 по охране атмосферного воздуха с нулевым перечнем загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов.

Таблица 5 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов в МБДОУ «Д/с «Малыш»

N п/п	Наименование загрязняющего вещества
–	Отсутствуют

Соответственно, таблицы 6 и 7, содержащие результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и результаты проведения проверок работы очистных сооружений тоже будут состоять из нулевых позиций в связи с отсутствием необходимости контроля выбросов и отсутствием очистных сооружений.



Таблица 6 - Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

N п/п	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	Номер	Наименование	Номер	Наименование							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	МБДОУ «Д/с «Малыш»	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Итого			–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 7 - Результаты проведения проверок работы очистных сооружений

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м <sup>3</sup> /сут.; тыс. м <sup>3</sup> /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>			Эффективность очистки сточных вод, %	
			Проектный	Допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	Фактический			Проектное	Допустимое, в соответствии с разрешением на сброс в-в и микроорганизмов в водные объекты	Фактическое	Проектная	Фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Сведем в таблицу 8 данные по отходам МБДОУ «Детский сад «Малыш» за 2023 год.

Таблица 8 – Данные по отходам МБДОУ «Детский сад «Малыш» за 2023 год

Наименование	Код (ФККО)	Кл ас с оп ас н.	Масса отходов на нач. текущего года, т		Масса образованных отходов, т	Масса утилизированных отходов, т	Масса обезвреженных отходов, т
			Хранение	Накопление			
Тара жестяная консервная, загрязненная пищевыми продуктами	4 68 122 11 50 4	4	–	–	0,1	0,1	–
Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	7 33 100 01 72 4	4	–	–	0,5	0,5	–
Картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные	4 81 203 02 52 4	4	–	–	0,002	0,002	–
Итого по отходам 4 класса опасности:		4	–	–	0,602	0,602	–
Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства	4 05 122 02 60 5	5	–	–	0,1	0,1	–
Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные	73610001 305	5	–	–	4,5	4,5	–
Отходы (мусор) от уборки территории и помещений учебно-воспитательных учреждений	7 37 100 01 72 5	5	–	–	1,2	1,2	–
Отходы полиэтиленовой тары незагрязненной	4 34 110 04 51 5	5	–	–	0,2	0,2	–
Итого по отходам 5 класса опасности:		5	–	–	6	6	–
Итого:			–	–	6,602	6,602	–

Следует отметить, что у рассматриваемого учреждения в результате деятельности предыдущих лет были и отходы 1 класса опасности, например, лампы офисные ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные (ФККО 47110101 521). Действующий договор вывоза и утилизации бытовых и производственных отходов распространяется не только на 4 и 5 классы опасности отходов, но и на случай появления отходов 1 – 3 классов опасности. То есть, все необходимые нормативные требования в сфере образования, учета и утилизации отходов всех классов опасности полностью соблюдены в рамках деятельности исследуемого учреждения.

Резюмируем влияние на окружающую среду со стороны жизнедеятельности исследуемого объекта практики МБДОУ «Детский сад «Малыш»: учреждение не несет никакой антропогенной нагрузки на экологию и окружающую среду в отношении выбросов в сточные воды и выбросов в атмосферу, а твёрдые отходы за 2023 год включают в себя лишь отходы 4 и 5 классов опасности.

В соответствии с постановлением Правительства РФ №2398, МБДОУ «Детский сад «Малыш» причислен к объектам IV категории.

Вывод по разделу.

Образующиеся в процессе ежедневной деятельности изучаемого учреждения незначительные взвешенные вещества сбрасываются в канализационные стоки водоотведения и относятся к выбросам, образующимся от бытовых нужд. Существенных выбросов в атмосферу не происходит, а имеющиеся выбросы не содержат вредных или опасных веществ в тех дозах, при которых был бы необходим их контроль и нормирование. Твёрдые отходы учреждения за 2023 год учтены и утилизированы согласно документации учреждения.

Осуществленная оценка показала, что учреждение МБДОУ «Детский сад «Малыш» не наносит вреда окружающей среде и количество выбросов не превышает допустимых значений.

## **6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности**

На данный момент объект исследования (МБДОУ «Детский сад «Малыш») оснащен абсолютно устаревшей неадресной системой обнаружения возгораний, требующей безотлагательной замены.

В рамках обеспечения пожарной безопасности детского дошкольного учреждения обычно стандартно предлагается проводная АПС с типовыми адресно-аналоговыми пожарными извещателями: для помещений, кроме прачечной и кухни, полагается устанавливать точечные дымовые адресно-аналоговые ПИ; на кухне и в прачечной полагается установка точечных тепловых адресно-аналоговых ПИ. Выбор в указанных двух помещениях тепловых ИП связан с особенностями среды этих помещений: большое количество влаги (конденсата), а также пара и тепла, исходящих от электроприборов в процессе ежедневной деятельности, которые приводят к ложным срабатываниям или отказам дымовых ПИ. Естественно, при установке тепловых ИП не предполагается обнаружение источника возгорания до начала пожара, так как эти ИП сработают только при непосредственном наличии огня. А значит, при такой АПС мы условно «жертвуем» этими двумя помещениями, которые являются наиболее пожароопасными на данном объекте.

Конечно, можно выбрать самые передовые тепловые ПИ, которые способны обнаруживать возгорание на начальной стадии при малой площади и мощности пожара, но более подходящим вариантом было бы обнаружение пожарной опасности до появления открытого огня. В целях улучшения функциональности АПС будут рассмотрены более перспективные ИП и выбран оптимальный вариант.

Можно было бы рассмотреть использование линейных ПИ, которые не выдают ложных срабатываний или отказов в помещениях с наличием пара и источников тепла, но, к сожалению, их установка возможна только в

помещениях с высокими потолками. В случае с исследуемым объектом, применение таких ИП невозможно. Рассматривать применение в данном дошкольном учреждении АПС с аспирационными ИП также не вижу смысла.

Другим решением поставленной задачи могло бы стать применение мультисенсорных адресно-аналоговых ПИ, которые намного лучше справляются с обнаружением источников пожара на ранних стадиях в условиях сложных сред. Но проблема в том, действительно хорошие мультисенсорные ИП имеют достаточно высокую стоимость при стандартной площади охвата, составляющей 40 м<sup>2</sup> на один датчик, как и для обычных типовых ПИ. Установка АПС с мультисенсорными ИП адресно-аналогового типа будет неоправданно дорогостоящей и такой проект не будет принят к рассмотрению, так как финансирование подобных учреждений производится исключительно из бюджета, а значит нужно искать менее дорогостоящий вариант решения поставленной задачи.

Оптимальным решением считаю применение проводных двухдиапазонных дымовых ИП адресного типа. Одним из наилучших и вполне доступных пожарных извещателей этого вида является ИП Bosch FAP-425-DO-R. Его стоимость приблизительно равна стоимости мультисенсорного ИП низкого качества и почти в 6 раз ниже стоимости мультисенсорного ИП высокого качества. При этом, стоимость Bosch FAP-425-DO-R всего в 3-4 раза выше стоимости высококачественного теплового ПИ, но площадь охвата в 2 раза больше, а, следовательно, количество ИП тоже будет отличаться в 2 раза.

Так как соединить в одну АПС пожарные извещатели разных фирм-производителей достаточно сложно, а иногда и вовсе невозможно, то мною предложено рассмотреть два варианта оснащения объекта: первый вариант – оборудовать объект АПС Российского производства с самыми передовыми дымовыми и тепловыми ПИ; второй вариант – оборудовать объект АПС фирмы Bosch, используя во всех помещениях ИП Bosch FAP-425-DO-R.

С учетом постоянно меняющихся цен на рынке противопожарного оборудования, общие затраты в обоих вариантах расчетов округлены в

большую сторону: первый вариант будет округлен в пределах 50 тысяч рублей, а второй – в пределах 100 тысяч рублей. Связано это с тем, что цены на импортные товары обычно растут намного быстрее, чем на отечественные.

В качестве первого варианта предложено рассмотреть следующую комплектацию: извещатель пожарный дымовой ИП 212-64-R3 опτικο-электронный адресно-аналоговый (расчетное количество 42 штук при стоимости примерно 1500 руб/шт.); извещатель пожарный тепловой максимально-дифференциальный адресно-аналоговый ИП 101-29-PR-R3 W1.02 (расчетное количество 8 штук при стоимости примерно 2000 руб/шт.); блок индикации и управления (примерная стоимость составляет 30 – 40 тысяч рублей). С проектом, установкой, пуско-наладкой, всеми расходными материалами и сопутствующими затратами получаем приблизительную общую стоимость 300 тысяч рублей.

В качестве первого варианта предложено рассмотреть следующую комплектацию: двухдиапазонный дымовой ИП адресного типа Bosch FAR-425-DO-R (расчетное количество 25 штук при стоимости примерно 7000 руб/шт.); блок индикации и управления (примерная стоимость составляет 60 – 100 тысяч рублей). С проектом, установкой, пуско-наладкой, всеми расходными материалами и сопутствующими затратами получаем приблизительную общую стоимость 500 тысяч рублей.

Почему выбран именно FAR-425-DO-R?

Дело в том, что этот ИП способен распознавать источник пожара на самых ранних стадиях и ему не мешает ни пар, ни пыль, ни какие-либо тепловые помехи. Контролируемая зона этого датчика равна 120 м<sup>2</sup>, что уменьшает расходы на количестве датчиков.

Итак, произведём расчет предполагаемых годовых потерь при установке обоих вариантов АПС, учтя, что место возникновения пожара располагается в гладильной (предположим, что забыт включенный утюг и возникает тление с последующим возгоранием). Для первого варианта АПС предполагается установка тепловых ПИ. То есть, ИП в первом случае срабатывают уже при

наличии открытого огня площадью не менее 0,5 м<sup>2</sup>. Время горения до начала тушения привозными средствами оцениваем по расчетному времени прибытия средств ближайшей ПСЧ. Исходя из имеющихся данных, получаем, что от момента срабатывания ИП до момента начала тушения пройдет минимум 10 минут (1 минута на сбор команды + 8 минут на следование к месту пожара + 1 минута на боевое развертывание и подачу огнетушащего средства). Для вычисления площади пожара, в случае срабатывания сигнализации, привозными средствами, воспользуемся стандартной формулой площади круга. Радиус круга найдем прибавлением расстояния, пройденного пламенем за 10 минут, к изначальному радиусу горения (до срабатывания тепловых извещателей радиус пожара будет составлять минимум 0,4 м, что соответствует площади 0,5 м<sup>2</sup>).

Во втором варианте расчетов объект оборудован прогрессивными извещателями, которые определяют возможное возгорание до начала открытого горения, следовательно, в разы возрастает вероятность тушения подручными средствами (берем вероятность равную 0,79), так как сигнал о пожаре будет подан на этапе тления (задымления), а также уменьшается нормативная площадь тушения привозными средствами благодаря сокращению радиуса горения и сокращению времени открытого горения минимум на минуту (минимальное время от срабатывания детектора дыма до начала возгорания). Отсюда получаем расчетное время горения 9 минут и отсутствие изначального радиуса горения.

Площадь пожара к моменту начала тушения в первом сценарии равна:

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \cdot (0,4 + 0,9 \cdot 10)^2 = 277,5 \text{ м}^2$$

Площадь пожара к моменту начала тушения во втором сценарии равна:

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \cdot (0,9 \cdot 9)^2 = 206 \text{ м}^2$$

Таблица 9 – Расчетные данные для первого и второго сценариев

Показатель	Ед. изм.	Обозн.	Сценарий	
			первый	второй
Расчетная площадь учреждения	м <sup>2</sup>	F	1370	
Средняя стоимость утраченного имущества и оборотных фондов	тыс.руб / м <sup>2</sup>	С <sub>Т</sub>	25	
Стоимость повреждения строения	тыс.руб / м <sup>2</sup>	С <sub>к</sub>	140	
Вероятность возгорания	1 / м <sup>2</sup> год	J	5·10 <sup>-6</sup>	
Площадь тушения первичными средствами	м <sup>2</sup>	F <sub>ПОЖ</sub>	4	
Площадь пожара к моменту начала тушения привозными средствами		F' <sub>ПОЖ</sub>	277,5	206
Площадь тушения в случае отказа всех средств	–	F'' <sub>ПОЖ</sub>	1370	
Вероятность тушения первичными средствами	–	p <sub>1</sub>	0,12	0,79
Вероятность тушения привозными средствами	–	p <sub>2</sub>	0,95	
Коэффициент повреждения привозными средствами	–	–	0,52	
Коэффициент косвенных потерь	–	k	1,6	
Нормативная скорость распространения пламени	м / мин	V <sub>л</sub>	0,9	
Время горения до начала тушения	мин	V <sub>свг</sub>	10	9
Финансовые вложения на АПС	руб.	K <sub>1</sub>	300000	500000
Норматив текущего ремонта	%	N <sub>т.р.</sub>	0,2	
Амортизационный норматив	%	N <sub>а</sub>	10	
Ожидаемый размер доходности		НД	0,1	
Ожидаемый период реализации	год	T	10	

Вычислим предполагаемые годовые потери для первого сценария.

Для вычисления предполагаемых финансовых ежегодных убытков (материальных потерь) воспользуемся формулой (1):

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3), \quad (1)$$

где  $M(\Pi_1)$ ,  $M(\Pi_2)$  и  $M(\Pi_3)$  – мат ожидание ежегодных финансовых убытков от пожаров при тушении соответственно первичными средствами, привозными средствами и при отказе всех средств тушения [21].

По формулам (2), (3) и (4) вычислим входящие в исходную формулу слагаемые.



Для вычисления  $M(\Pi_1)$  воспользуемся формулой (2):

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot p_1, \quad (2)$$

где  $J$  – вероятность возгорания,  $1/\text{м}^2$  в год;

$F$  – площадь учреждения,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – средняя стоимость утраченного имущества и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{пож}}$  – площадь тушения первичными средствами,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коэффициент косвенных потерь;

$p_1$  – вероятность тушения первичными средствами [21].

$$M(\Pi_1) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot 25000 \cdot 4 \cdot (1 + 1,6) \cdot 0,12 = 213,7 \text{ руб} / \text{год}$$

Для вычисления  $M(\Pi_2)$  воспользуемся формулой (3):

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2, \quad (3)$$

где  $F'_{\text{пож}}$  – нормативная площадь тушения привозными средствами;

$C_K$  – стоимость повреждения строения, руб/ $\text{м}^2$ ;

0,52 – коэффициент повреждения привозными средствами;

$p_2$  – вероятность тушения привозными средствами [21].

$$M(\Pi_2) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot (25000 \cdot 277,5 + 140000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,6) \times \\ \times (1 - 0,12) \cdot 0,95 = 54787 \text{ руб} / \text{год}$$

Для вычисления  $M(\Pi_3)$  воспользуемся формулой (4):

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1+k) \cdot (1 - p_1) \cdot (1 - p_2), \quad (4)$$

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь тушения при отказе всех средств,  $\text{м}^2$  [21].

$$M(\Pi_3) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot (25000 \cdot 1370 + 140000) \cdot (1 + 1,6) \cdot (1 - 0,12) \times \\ \times (1 - 0,95) = 26949,4 \text{ руб} / \text{год}$$

Итого предполагаемые материальные годовые потери для первого сценария будут равны:

$$M(П1) = 213,7 + 54787 + 26949,4 = 81950,1 \text{ руб} / \text{год}$$

Эксплуатационные расходы  $C_1$  на содержание АПС по первому сценарию рассчитаем по формуле (5):

$$C_1 = C_{ам} + C_{т.р.} \quad (5)$$

где  $C_{ам}$  – расходы на амортизацию, руб./год;

$C_{т.р.}$  – расходы на текущий ремонт [22].

Расходы на амортизацию рассчитаем по формуле (6):

$$C_{ам} = K_1 \cdot H_a / 100\%, \quad (6)$$

где  $K_1$  – финансовые вложения при покупке и установке АПС, руб.;

$H_a$  – амортизационный норматив отчислений, % [22].

$$C_{ам} = 300000 \cdot 10 / 100 = 30000 \text{ руб/год}$$

Расходы на текущий ремонт АПС рассчитаем по формуле (7):

$$C_{т.р.} = K_1 \cdot H_{т.р.} / 100\%, \quad (7)$$

где  $H_{т.р.}$  – норма текущего ремонта, % [22].

$$C_{т.р.} = 300000 \cdot 0,2 / 100 = 600 \text{ руб/год}$$

Суммируем эксплуатационные расходы на содержание АПС:

$$C_1 = 30000 + 600 = 30600 \text{ руб} / \text{год}$$

Второй сценарий пожара рассчитываем аналогично первому, используя те же формулы.

Вычисляем  $M(\Pi_1)$  по формуле (2):

$$M(\Pi_1) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot 25000 \cdot 4 \cdot (1 + 1,6) \cdot 0,79 = 1407 \text{ руб / год}$$

Вычисляем  $M(\Pi_2)$  по формуле (3):

$$M(\Pi_2) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot (25000 \cdot 206 + 140000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,6) \times \\ \times (1 - 0,79) \cdot 0,95 = 9774,6 \text{ руб / год}$$

Вычисляем  $M(\Pi_3)$  по формуле (4):

$$M(\Pi_3) = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1370 \cdot (25000 \cdot 1370 + 140000) \cdot (1 + 1,6) \cdot (1 - 0,85) \times \\ \times (1 - 0,79) = 6431,1 \text{ руб / год}$$

Итого предполагаемые материальные годовые потери для второго сценария:

$$M(\Pi) = 1407 + 9774,6 + 6431,1 = 17612,7 \text{ руб / год}$$

Эксплуатационные расходы  $C_2$  на содержание АПС по второму сценарию:

Расходы на амортизацию АПС:

$$C_{ам} = K_2 \cdot N_a / 100\%, \quad (8)$$

где  $K_2$  – финансовые вложения при покупке и установке АПС, руб.;

$N_a$  – амортизационный норматив отчислений, % [22].

$$C_{ам} = 500000 \cdot 10 / 100 = 50000 \text{ руб/год}$$

Расходы на текущий ремонт АПС:

$$C_{T.P.} = K_2 \cdot H_{T.P.} / 100\%, \quad (9)$$

где  $H_{T.P.}$  – норма текущего ремонта, % [22].

$$C_{T.P.} = 500000 \cdot 0,2 / 100 = 1000 \text{ руб/год}$$

Суммируем эксплуатационные расходы на содержание АПС:

$$C_2 = 50000 + 1000 = 51000 \text{ руб / год}$$

Разность материальных предполагаемых годовых потерь  $M(П1)$  и  $M(П2)$  составит:

$$M(П1) - M(П2) = 81950,1 - 17612,7 = 64337,4 \text{ руб / год}$$

Разница в эксплуатационных расходах по первому и второму сценариям будет равна:

$$C_2 - C_1 = 51000 - 30600 = 20400 \text{ руб / год}$$

В таблицу 10 заносим вычисленные по формуле (10) потоки дисконтированных доходов по годам от первого до двадцатого.

$$I_t = ((M(П1) - M(П2)) - (C_2 - C_1)) \cdot (1 + НД)^{-t} - (K_2 - K_1), \quad (10)$$

где  $M(П1) - M(П2) = 64337,4$  руб;

$C_2 - C_1 = 20400$  руб / год;

НД – ожидаемая доходность;

t – порядковый номер года проекта;

$K_2 - K_1 = 200000$  руб – разность в капитальных затратах на АПС.

Таблица 10 – Расчёт финансовых потоков по проекту

Номер года	Разность М(П1) и М(П2)	Разность C <sub>2</sub> и C <sub>1</sub>	(1+НД) <sup>-t</sup>	(М(П1) – М(П2) – (C <sub>2</sub> – C <sub>1</sub> )) · (1+НД) <sup>-t</sup>	Разность К <sub>2</sub> и К <sub>1</sub>	Инвестиционные доходы
1	64 337,4	20 400	≈ 0,909	39939,1	200 000	-160060,9
2	64 337,4	20 400	≈ 0,826	36292,3	–	36292,3
3	64 337,4	20 400	≈ 0,751	32997,0	–	32997,0
4	64 337,4	20 400	≈ 0,683	30009,2	–	30009,2
5	64 337,4	20 400	≈ 0,621	27285,1	–	27285,1
6	64 337,4	20 400	≈ 0,564	24780,7	–	24780,7
7	64 337,4	20 400	≈ 0,513	22539,9	–	22539,9
8	64 337,4	20 400	≈ 0,467	20518,8	–	20518,8
9	64 337,4	20 400	≈ 0,424	18629,5	–	18629,5
10	64 337,4	20 400	≈ 0,386	16959,8	–	16959,8
Σ						<b>69951,4</b>

Интегральный экономический эффект, за период 10 лет, составил:

$$ИЭЭ = \sum I_t = 69\,951,4 \text{ руб}$$

Стоит отметить, что ИЭЭ начинает принимать положительное значение уже на седьмом году эксплуатации.

Вывод по разделу:

Основанием для принятия к рассмотрению предлагаемых пожарных извещателей можно считать не только вычисленный положительный интегральный экономический эффект, который составил 69 951,4 рублей за 10 лет использования, но и то, что данные извещатели с намного большей вероятностью помогут избежать возможных ущербов от пожаров и исключить возгорания как таковые. Их неоспоримое преимущество – способность определять источник дыма даже в сложных условиях, таких как наличие пара, пыли и иных помех, не позволяющих полноценно функционировать типовым тепловым пожарным извещателям. А так как пожарная безопасность детских дошкольных учреждений является первоочередной задачей, то считаю выбор обоснованным и очевидным.

## Заключение

Целью бакалаврской работы было исследование информации по датчикам и сенсорам с целью применения этих знаний для повышения пожарной безопасности исследуемого объекта.

Исследуемым объектом является здание, занимаемое Муниципальным бюджетным дошкольным образовательным учреждением «Детский сад №4 «Малыш». Здание достаточно старое (1971 года постройки), с общей занимаемой площадью 1370 м<sup>2</sup>. Действующая АПС полностью устарела и подлежит замене на более современную.

Главной задачей, поставленной руководством данного учреждения, являлся анализ имеющихся на рынке пожарных извещателей, выбор наиболее подходящих моделей и предложения по модернизации системы пожарной безопасности.

В первом разделе работы приведена действующая классификация датчиков по ряду параметров, а также собрана информация по пожарным датчикам, начиная с создания первого датчика, включая основные типовые датчики, и заканчивая последними инновациями в этой области. В качестве иллюстративного материала приведены схемы типовых датчиков дыма и тепла.

Во втором разделе освещены основные параметры работы пожарных датчиков, такие как: эксплуатационные характеристики, надежность, причины отказов и ложных срабатываний. Также перечислены меры по снижению числа отказов и ложных срабатываний.

В третьем разделе рассмотрены главные вопросы работы: рациональность применения датчиков высокого технического уровня, обоснованность перехода на современные технологии и аспекты повышения надежности при переходе на современные перспективные датчики. Предложено установить в помещениях учреждения принципиально новые современные пожарные двухдиапазонные дымовые извещатели. Обоснован выбор тем, что данные извещатели значительно повысят пожарную

безопасность объекта и сделают АПС максимально надежной, безотказной и удобной в эксплуатации.

В четвёртом разделе проведен анализ деятельности учреждения в плане безопасности на рабочих местах сотрудников. Вредных и опасных факторов не выявлено, но, всё же, было выявлено рабочее место машиниста по стирке и ремонту спецодежды, на котором можно снизить риск со среднего до низкого путем покупки дополнительного оборудования. Предложено в прачечную/гладильную закупить электрический осушитель воздуха для исключения заболеваний, связанных с работой в условиях повышенной влажности, у сотрудников этого помещения.

В пятом разделе проанализирована деятельность учреждения в плане экологической безопасности. По результатам экологической оценки сделан вывод о том, что учреждение МБДОУ «Детский сад «Малыш» не наносит вреда окружающей среде и количество выбросов не превышает нормативного значения.

В шестом разделе оценена эффективность и рациональность предлагаемого мероприятия по улучшению техносферной безопасности в МБДОУ «Детский сад «Малыш» путем вычисления интегрального экономического эффекта от внедрения высокотехнологичного оборудования по сравнению с внедрением типового оборудования, предлагаемого подрядными организациями. По результатам оценки выявлено, что предложенное решение является целесообразным, так как интегральный экономический эффект оказался положительным уже на седьмом году использования.

## Список используемой литературы

1. Беляков Г.И. Охрана труда и техника безопасности : учебник для вузов / Г. И. Беляков. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 739 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16697-2. — Текст : электронный. URL: <https://urait.ru/bcode/537042> (дата обращения: 18.04.2024).

2. Бородин М.П. Оповещение о пожаре: как это было в XIX веке [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/opoveshhenie-o-pozhare-kak-eto-byilo/> (дата обращения: 18.04.2024).

3. Графкина, М. В. Охрана труда : учебник / М. В. Графкина. — 3 – е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА – М, 2021. — 210 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978 – 5 – 16 – 109610 – 9. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1422545> (дата обращения: 20.03.2024).

4. Думилин А. И. Современные автономные установки пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность, 2020. №6. С. 64-66. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-avtonomnye-ustanovkipozharotusheniya/viewer> (дата обращения: 06.03.2024).

5. Защита от ложных срабатываний [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 31.07.2020 N 582 Об утверждении свода правил Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mchs-rossii-ot-31072020-n-582-ob-utverzhdanii/> (дата обращения: 15.04.2024).

6. Извещатели пожарные. Общие технические требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 34698.2020 Межгосударственный стандарт. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний от 01.07.2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180194> (дата обращения: 10.04.2024).



7. Инновационные решения: Пожарный извещатель с интегрированным GSM модулем [Электронный ресурс] // ПожПрофБезопасность. URL: <https://ppb-moscow.ru/blog/innovacionnye-resheniya-pozharnyj-izveshhatel-integrirovannym-gsm-modulem.html> (дата обращения: 10.04.2024).

8. Ковб Н.А. Автономный пожарный извещатель (АПИ) [Электронный ресурс]. URL: <https://buinovichi.schools.by/pages/avtonomnyj-pozharnyj-izveschatel-api> (дата обращения: 11.04.2024).

9. Михайлов Ю. М. Промышленная безопасность и охрана труда. Справочник руководителя опасного производственного объекта. М.: АльфаПресс, 2019.- 232 с.

10. Невровский В. А. Обитаемость рабочих мест : учеб. пособие / В.А. Невровский. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 136 с. – (Высшее образование – Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-102229-0. – Текст : электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1019247> (дата обращения: 29.03.2024).

11. Новиков В. К. Экология и инженерная защита окружающей среды : курс лекций / В. К. Новиков. – М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2020. – 234 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/97330.html> (дата обращения: 18.03.2024).

12. Пашинцев В. История систем пожаротушения и сигнализации: от деревянных колотушек до современных автоматических устройств [Электронный ресурс] // Системы безопасности. 2020. №14. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/istoriya-sistem-pozharotusheniya-i-signalizacii-ot-derevyannyh-kolotushek-do-sovremennyh-avtomaticheskikh-ustrojstv> (дата обращения: 12.04.2024).

13. Попов В. И. Пожарная профилактика: учебное пособие. Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарноспасательная академия ГПС МЧС России, 2020.- 334 с.

14. Пучков В. А., Дагиров Ш. Ш., Агафонов А. В. Пожарная безопасность. М. : Академия ГПС МЧС России, 2020.- 877 с.

15. Радченко С. А. Охрана труда: учебное пособие. Тула : Изд-во ТулГУ, 2021.- 328 с.

16. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 59638-2021 (введен 15.09.2021г.) URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/76300/> (дата обращения: 08.04.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 31.07.2020 №582 (вместе с СП 484.1311500.2020) URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-31072020-n-582/sp-484.1311500.2020/> (дата обращения: 05.04.2024).

18. Стадницкий Г. В. Экология : учебник для вузов / Г. В. Стадницкий. – 12 – е изд. – Санкт – Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. – 296 с. – ISBN 078 – 5 – 93808 – 350 – 1. URL: <https://www.iprbookshop.ru/97814.html> (дата обращения: 25.03.2024).

19. Старцев А. Беспроводные системы на промышленных объектах [Электронный ресурс] // Системы безопасности. 2023. №1. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/besprovodnye-sistemy-na-promyshlennyh-obektah> (дата обращения: 15.04.2024).

20. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. От 27.12.2018). URL: <https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovanijah-rozharnoj-bezopasnosti/> (дата обращения: 15.03.2024).

21. Фрезе Т. Ю. Методы оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности : практикум / Т. Ю. Фрезе ; ТГУ, Институт инженерной и экологической безопасности. – ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2020. – 258 с. – Прил.: с. 160 – 258. – Библиогр.: с. 159. – ISBN 978 – 5 – 8259

– 1456 – 5. URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/18598> (дата обращения: 17.03.2024).

22. Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: учебно-методическое пособие по выполнению раздела выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы). – Тольятти : ТГУ, 2022.- 60 с.