

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт инженерной и экологической безопасности

---

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

---

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

---

(код и наименование направления подготовки)

Управления пожарной безопасности

---

(направленность (профиль))

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

на тему: Управление системой обеспечения пожарной безопасности на объекте защиты филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция»

Студент	<u>Б.М. Тепляков</u> (И.О. Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Научный руководитель	<u>к.т.н, д.п.н., профессор, Н.П. Бахарев</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
Консультант	<u>к.п.н., доцент, В.В. Петрова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ методов и средств управления системой обеспечения пожарной безопасности .....	11
1.1 Классификация пожаров.....	11
1.2 История развития пожарной сигнализации.....	15
1.2.1 История развития методов противопожарной защиты.....	15
1.2.2 История развития в 18-19 веке.....	16
1.2.3 История развития тепловых пожарных извещателей.....	19
1.2.4 История развития дымовых пожарных извещателей.....	25
1.2.5 История развития извещателей пожарных пламени.....	28
1.2.6 История развития газовых пожарных извещателей.....	29
1.3 Пожарная сигнализация.....	30
1.3.1 Неадресная система пожарной сигнализации.....	31
1.3.2 Адресно-пороговая система пожарной сигнализации.....	35
1.3.3 Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации.....	37
1.4 Пожарные извещатели.....	39
1.4.1 Классификация пожарных извещателей.....	40
1.4.2 Тепловой пожарный извещатель.....	42
1.4.3 Дымовой пожарный извещатель.....	43
1.4.4 Газовый пожарный извещатель.....	47
1.4.5 Комбинированный пожарный извещатель.....	49
1.4.6 Пожарный извещатель пламени.....	50
1.4.7 Мультикритериальные извещатели.....	51
1.5 Выводы по первому разделу.....	52
2 Методика испытаний адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией .....	55
2.1 Исследования измерения чувствительности передачи информации от сенсора дыма.....	58

2.2 Исследования измерения чувствительности передачи информации от теплового сенсора.....	60
2.3 Исследования проверки прохождения команды «квитирование» и влияние параметров линии связи (шлейфа).....	60
2.4 Исследования сохранения работоспособности системы при коротком замыкании и обрыве линии связи.....	62
2.5 Исследования влияния электроимпульсных помех.....	62
2.6 Исследование влияние «длинной линии» на стабильность работы.....	62
2.7 Выводы по второму разделу.....	63
3 Экспериментальные исследования адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией.....	64
3.1 Результаты исследования измерения чувствительности передачи информации от сенсора дыма.....	64
3.2 Результаты исследования измерения чувствительности передачи информации от теплового сенсора.....	65
3.3 Результаты исследования проверки прохождения команды «квитирование» и влияние параметров линии связи (шлейфа).....	67
3.4 Результаты исследования сохранения работоспособности системы при коротком замыкании и обрыве линии связи.....	73
3.5 Результаты исследования влияния электроимпульсных помех.....	75
3.6 Результаты исследование влияние «длинной линии» на стабильность работы.....	76
3.7 Выводы по третьему разделу.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	81

## ВВЕДЕНИЕ

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

Огонь приносит пользу и одновременно представляет большую опасность для человечества весь период нашего существования на Земле, поскольку является причиной пожаров. Пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [1]. Так в Петербурге 8 июня 1832 года произошел пожар, в котором погибло в огне свыше 500 человек. В 1837 году сильный пожар, продолжавшийся 3 суток, полностью уничтожил Зимний дворец, а в 1853 года всю внутреннюю часть Московского Большого театра. Пожары в Петербурге 1862 и 1878 годов принесли большой ущерб городу и погубили много людей [1]. Не меняется ситуация и сейчас. По данным отчета ФГУ ВНИИПО МЧС России количество пожаров, произошедших в период с января по сентябрь 2017 года, составляет 94911 случаев [2]. Это приводит к тому, что возникновение пожаров на объектах различного профиля является одной из самых актуальных проблем. Человек на протяжении всей жизни пытается найти защиту от пожара, а также минимизировать ущерб от тех случаев, когда его возникновения не удалось избежать.

Сейчас для минимизации вреда здоровью и жизни людей в случае уже возникшего пожара во время эвакуации должна быть обеспечена безопасность. Для выполнения этого требования применяется ряд систем, такие как системы охранно-пожарной сигнализации; автоматические установки пожаротушения; системы оповещения и управления эвакуацией; системы вентиляции и кондиционирования, аварийной вентиляции, управления пожарным водопроводом; системы управления лифтами.

Обеспечение пожарной безопасности является одной из главной функции государства. В направленные на это меры входят: законодательное регулирование сферы, организация и осуществление пожарного надзора, тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ. Федеральный

закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ, являющийся основным нормативным документом этой области, а также другие нормативные правовые акты, регулярно подвергаются корректировкам в целях совершенствования законодательства отрасли, способствованию увеличению порядка в этой сфере, снижению количества пожаров.

Автоматические системы пожарной сигнализации (АПС) являются эффективными средствами противопожарной защиты, которые позволяют проводить своевременную эвакуацию людей из горящих зданий, а также предоставляют пожарным и спасательным службам больше времени для действий по тушению пожара и они должны быть работоспособны на весь период эвакуации людей из горящего здания. Однако функционирование данных систем при эксплуатации может выйти из строя из-за нарушения шлейфа пожарной сигнализации (ШПС). Шлейф является одной из необходимых и «уязвимых» составных частей системы пожарной сигнализации, представляющий собой проводную линию, электрически связывающую выносной элемент, выходные цепи пожарных извещателей с входом на приемно-контрольный прибор.

В настоящее время важной проблемой на объекте являются ложные срабатывания системы и нарушение шлейфа пожарной сигнализации из-за обрыва или короткого замыкания в шлейфе [3]. Ложные тревоги чаще всего происходят из-за воздействия на чувствительные элементы систем пожарной сигнализации случайных электромагнитных полей различного происхождения. Следует отметить, что условия, в которых эксплуатируются системы пожарной автоматики, сильно изменились. Если раньше источником электромагнитных помех были в основном грозовые разряды, то в настоящее время современный мир насыщен электромагнитными индустриальными и радиочастотными помехами. Для передачи правильных сигналов система должна обладать высокой устойчивостью к помехам, в противном случае, применение данных систем не имеет смысла.

Наиболее распространёнными типами АПС являются неадресная система пожарной сигнализации (пороговая), имеющая радиальный шлейф, и адресная система пожарной сигнализации, имеющая шлейф кольцевого типа. В нормативных документах приведено требование об обязательном контроле исправности шлейфов систем пожарной сигнализации. В радиальной системе с пороговыми извещателями при обрыве или коротком замыкании шлейфа происходит отключение части или всех пожарных извещателей, находившиеся в этом шлейфе. Также в пороговых системах при отключении пожарного извещателя от базы происходит разрыв шлейфа, приводящий остальную часть шлейфа в неработоспособное состояние. Подключение извещателей к кольцевому адресному шлейфу проще и быстрее, так как питание и передача данных осуществляется по двум проводам с двух сторон, поэтому радиальный шлейф начинает замещаться с рынка все более активно [4]. Шлейфы кольцевого типа обеспечивают повышенную «живучесть» системы благодаря устойчивости к обрывам и короткому замыканию в линии. При возникновении обрыва или короткого замыкания в кольцевом шлейфе, прибор приемно-контрольный пожарный (ППКП) начинает «опрашивать» свою линию с двух сторон, сначала с одной стороны, а потом с другой.

В настоящее время адресная система пожарной сигнализации является более дорогостоящим решением. Поэтому предлагается использовать сигнальную линию с последовательной адресацией с и передачей информации аналоговым путём, которая упрощает работу системы и обладает 100% живучестью при одном коротком замыкании или обрыве.

**Объект исследования** – адресная система пожарной сигнализации с кольцевым шлейфом и изоляторами короткого замыкания в каждом извещателе.

**Предмет исследования** – работоспособность кольцевого шлейфа пожарной сигнализации с мультикритериальными извещателями в условиях воздействия мешающих факторов.

**Цель исследования** – повышение уровня обеспечения пожарной безопасности на объекте защиты филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция».

**Гипотеза исследования** состоит в том, что на основе анализа работы первых адресных информационных систем сигнализации и вариантов их дальнейшего развития, сформирована гипотеза о возможности создания адресной, адресно-аналоговой системы с упрощённой системой последовательной адресацией, но по своим параметрам не уступающей широко применяемым измерительным системам.

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

- изучение научно-технической литературы и нормативной документации по автоматическим системам пожарной сигнализации;
- анализ имеющихся существующих технических решений и выработка новых решений в развитии адресной системы пожарной сигнализации эстафетной передачей адреса;
- проведение испытаний с воздействием электромагнитных помех и других мешающих факторов.

**Теоретико-методологическую основу** исследования составили:

- открытая информация о существующих информационных протоколах MODBUS, SISTEM SENSOR, AUTRONICA, HART и подробного изучения протокола адресно-аналоговой системы «ТРИУМФ» и «Олимп».
- нормативные документы Российской Федерации по пожарной безопасности, а также нормативные документы, определяющие перечень требований и применение технических средств пожарной сигнализации, в Европе-EN 54-14 [5] и в Северной Америке UL217 [6] и UL268 [7].

**Базовыми для настоящего исследования** явились также: нормативные документы, учебные пособия, учебники, публикации, представленные в печатных и электронных изданиях по пожарной сигнализации.

**Методы исследования:** анализ, оптимизация, теоретические исследования.

**Опытно-экспериментальная база исследования** – объект защиты филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция».

**Научная новизна исследования:**

- на основе анализа работы первых адресных информационных систем сигнализации и вариантов их дальнейшего развития сформирована гипотеза о возможности создания адресной, адресно-аналоговой системы с упрощённой системой последовательной адресацией, но по своим параметрам не уступающей широко применяемым измерительным системам. При этом существуют теоретические предпосылки возможности работы данного протокола не на специально организованных высокочастотных линиях связи, а на обычных шлейфах пожарной сигнализации;

- при отработке различных алгоритмов построения протоколов было проведено математическое моделирование режимов работы и выполнен ряд экспериментальных исследований, подтверждающих правомерность научной гипотезы о возможности создания простого информационного протокола с последующей адресацией.

Информационные протоколы, применяемые в адресных, адресно-аналоговых системах пожарной сигнализации обладают определенной спецификой, не свойственной информационным системам связи и промышленной автоматизации. В настоящее время фактически существуют единицы оригинальных информационных протоколов, позволяющих создать полноценную адресно-аналоговую систему пожарной автоматики. Большинство фирм предпочитает не разрабатывать новые, а покупать существующие с незначительной индивидуальной адаптацией. Способ обмена информацией носит сугубо конфиденциальный характер, что позволяет поддерживать высокую цену на продукцию и сохранять монополию.



### **Теоретическая значимость исследования:**

- поставленные задачи решались путём теоретических и экспериментальных исследований, методами получения экспериментальных зависимостей на основе обработки экспериментальных данных, анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**Практическая значимость исследования** заключается в том, что на основании полученных результатов, в последующем возможна реализация адресной системы пожарной сигнализации с последовательных адресаций на различных объектах защиты АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция».

**Достоверность и обоснованность результатов исследования** обеспечивались:

- путём теоретических и экспериментальных исследований;
- с помощью методов получения экспериментальных зависимостей на основе обработки экспериментальных данных;
- с помощью анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**Личное участие автора** в организации и проведении исследования состоит в следующем. При отработке различных алгоритмов построения протоколов было проведено математическое моделирование режимов работы и выполнен ряд экспериментальных исследований, подтверждающих правомерность научной гипотезы о возможности создания простого информационного протокола с последующей адресацией, не уступающий по своим основным характеристикам системам, работающим на сложных цифровых протоколах.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на двух конференциях:

- Тепляков, Б.М. Анализ причин пожаров и обстоятельств, обуславливающих их возникновение // Научный альманах. 2019. N 6 – 1 (56). С. 75-77.

- Тепляков, Б.М. Анализ современного состояния требований пожарной безопасности на объектах защиты // Вестник научных конференций. 2019. N 4 – 1 (44). С. 102-106.

**На защиту выносятся:**

1. Результаты исследования работоспособности адресной системы пожарной сигнализации с последовательных адресаций на протоколе ДЭМП.

2. Результаты, полученные при определении чувствительности мультикритериальных пожарных извещателей и точности передачи значения контролируемого параметра по шлейфу сигнализации.

3. Результаты исследования сохранения работоспособности системы при условиях воздействия мешающих факторов.

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 32 рисунка, 3 таблицы, список использованной литературы (41 источник), 0 приложений. Основной текст работы изложен на 85 страницах.

# **1 Анализ методов и средств управления системой обеспечения пожарной безопасности**

## **1.1 Классификация пожаров**

Для возникновения пожара должны быть в наличии горючие материалы (топливо) и окислитель (обычно кислород). Наша среда в значительной степени состоит из горючих материалов и кислорода, который практически всегда достаточно доступен. Но для возникновения пожара должно быть выполнено еще одно условие: энергия воспламенения (тепло), которая должна быть движущей силой для инициирования окисления. Источники энергии зажигания разнообразны: электрические разряды, молния, короткие замыкания, летящие искры, горячие поверхности, лампочки, нагревательное оборудование и так далее. Если происходит пожар, он обеспечивает необходимую энергию для поддержания процесса горения, что приводит к высокой выработке CO<sub>2</sub>.

Стадии развития пожара [8]:

Начальная стадия. Появляется мало видимого дыма, но особенно невидимые аэрозоли.

Стадия тления. На этом этапе пожар можно потушить с помощью огнетушителя или других первичных средств пожаротушения. Видимый, возникает частично густой дым. Обычно сгорание является неполным, поэтому на этой стадии образуется довольно много токсичного CO.

Стадия пожара. Открытый огонь, с которым будет бороться пожарная охрана.

Стадия нагрева или вспышки. Это резкое распространение огня, происходящее именно в тот момент, когда газы и аэрозоли, образующиеся на предыдущих этапах, воспламеняются и переносят огонь во все помещения, уже проникшие дымовыми газами.

«Целью техники пожарной безопасности является своевременное предотвращение пожаров, а также уменьшение причинения ущерба материальных ценностей и жизни людей. Поэтому важно знать, какие

основные факторы пожара и сопутствующие проявления опасных факторов пожара, приносящие вред здоровью человека или его гибель, а также материальный ущерб, способствуют развитию опасного сценария пожара» [9,10,11].

«Воспламенение может происходить различными способами, от курения сигарет до неисправных электрических розеток и так далее. Не существует абсолютного решения проблемы воспламенения, но использование стойких к возгоранию строительных материалов является хорошей мерой предотвращения пожара, а также обучения персонала или жителей технике пожарной безопасности. Рост пожара, а также воспламенение огня зависят от многих факторов, таких как тип топлива, геометрия здания, вентиляция, мебель и так далее. Основная проблема заключается в распространении огня за пределы места происхождения. Меры противопожарной защиты включают в себя строительные барьеры, такие как противопожарные стены, двери, окна и активные системы, такие как автоматическая система пожарной сигнализации и спринклерные системы, для сдерживания пожара и снижения риска» [12].

Согласно Федеральному закону №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», пожары классифицируют по виду горючего материала и подразделяют на 6 основных классов. Также классификацию пожаров можно разделить:

- по месту возникновения пожара:
  - в зданиях;
  - в сооружениях;
  - на открытых площадках;
  - на наружных установках;
  - в природных массивах (лесные, торфяные, степные и так далее).
- по масштабу и интенсивности пожара:
  - отдельный;
  - сплошной;
  - огневой шторм;

массовый.

- по времени прибытия первых пожарных подразделений:

не запущенные;

запущенные.

- по внешним признакам горения:

наружные;

внутренние;

комбинированные;

скрытые.

В результате пожара чаще всего образуется дым, выделяющий опасные газы, и распространяется по всему зданию через коридоры и другие помещения и средства, что приводит к блокированию выходных путей в другие места в здании, поскольку это влияет на видимость людей, персонала или других лиц в здании.

Невозможность эвакуации людей в безопасную зону в основном вызвана распространением дыма на выходных маршрутах и интенсивным распространением огня в здании. Эффективным способом предотвращения этих сценариев является использование извещателей пожарных дымовых, которые поднимают тревогу, прежде чем условия станут критическими для эвакуации. Другие меры защиты включают защищённые пути эвакуации, вентиляция и самозакрывающиеся противопожарные двери.

Пожары в зданиях могут быть очень скоро обнаружены жителями, гостями или персоналом в здании. Факторы, влияющие на короткое время обнаружения, включают общую насторожённость людей и расстояние до источника возгорания. Если люди не бдительны, например, ночью, когда спят, огонь может стать незамеченным, несмотря на близкое присутствие источника возгорания. Кроме того, отсутствие рядом с источником возгорания может продлить время обнаружения.

Поэтому надёжное обнаружение пожара очень важно во всех построенных зданиях, во-первых, для эвакуации людей из опасной среды в

безопасную зону, а во-вторых, для уменьшения ущерба материальным ценностям средствами пожаротушения. Основное внимание здесь уделяется сигналам тревоги от обязательных автоматических систем пожарной сигнализации, а не от бытовых извещателей дыма и тепла.

Раннее обнаружение пожара системами пожарной сигнализации остаются значительными факторами в предотвращении больших потерь из-за пожара. Правильно установленные и обслуживаемые системы обнаружения пожара и сигнализации могут спасти многие жизни людей, уменьшить потерю имущества, а также помочь аварийно-спасательным службам.

Согласно п. 2 ст. 103 Федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» «линии связи между техническими средствами автоматических установок пожарной сигнализации должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для выполнения их функций и эвакуации людей в безопасную зону». Для выполнения этого требования разработаны огнестойкие кабельные линии, составными элементами которых являются кабельные каналы и монтажные коробки [27,31], предел огнестойкости которых определяется путем огневых испытаний. Благодаря огнестойким кабельным линиям уменьшается вероятность возникновения короткого замыкания или обрыва.

Обычные системы пожарной сигнализации обеспечивают адекватную и экономически эффективную систему пожарной сигнализации для небольших объектов защиты. В более крупных и сложных зданиях, как правило, используются более сложные системы пожарной сигнализации. К таким системам относятся адресно-пороговые и адресно-аналоговые. Адресные системы пожарной сигнализации обладают важной функцией определения адреса, сработавшего извещателя. С учетом имеющегося плана их расстановки на объекте, всегда можно определить адрес помещения, и даже место расположения в помещении сработавшего извещателя. Данная функция важна для сокращения времени на обнаружение очага пожара и, соответственно, позволяет существенно снизить ущерб от пожара.

Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации позволяют определить не только номер уже сработавшего извещателя, но и выявить этапы, предшествующие развитию пожара по скорости изменения контролируемого фактора пожара в период, когда он ещё не превысил порог, определяемый как пожар. Эти системы предлагают преимущества в скорости обнаружения, определения местоположения пожара и более лёгкого обслуживания.

Рассмотрим, какие раньше существовали устройства для оповещения людей при возникновении пожара.

## **1.2 История развития пожарной сигнализации**

### **1.2.1 История развития методов противопожарной защиты**

«Первые комплексные меры против пожаров были предприняты в Ливонии перед нашествием войск Ивана IV. В те времена, гражданам Ревеля необходимо было снять с чердаков все дрова, сено и солому и запастись мокрыми воловьими шкурами. В городе была организована круглосуточная конная стража. В Московии XVI-XVII веков обязанности по пожаротушению возлагались на стрельцов и особых стражников, которые при возникновении пожара в доме, немедленно ломали ближайšie к дому дома, так как они не использовали в те времена воду для тушения пожара, чтобы огонь потерял всю свою силу и прекратил своё горение. Для решения этой проблемы солдаты и стражники должны были иметь при себе топор. Люди, пострадавшие от пожара, легко могли приобрести себе новый дом на особом рынке Москвы. Разобранный дом можно было приобрести задёшево и доставить на нужное место, собрать в течение одного дня. Чтобы обезопасить каменные дворцы и подвалы от стремительного распространения пламени во время пожаров, в них делали небольшие оконные отверстия, которые запирались ставнями из листового железа. В 1678 году у главных ворот Кремля Спасских возвысилась небольших размеров деревянная башня, где постоянно дежурил часовой для своевременной передачи информации о наличии пожара в городе» [13]. Далее мы рассмотрим, как развивалась история пожарной сигнализации в 18-19 веке.

## 1.2.2 История развития в 18-19 веке

В древние времена не существовало специальных пожарных стражей. Их обязанностями занимались обычные люди на безвозмездной основе, пока городские власти не решили оплачивать их труд. Люди поделились на ночных и дневных стражей, которые сменялись через определенный промежуток времени.

Они обходили свою территорию и при обнаружении пожара они подавали сигнал тревоги. В те времена колокольный звон призывал людей на помощь и извещал население о начавшемся пожаре.

В давние времена первым прототипом современных систем пожарной сигнализации и оповещения людей о возникновении пожара была пожарная каланча со штатом пожарных служителей. При обнаружении пожара днём пожарный на наблюдательной башне показывал место возникновения пожара флагом, а ночью фонарём. Такая мера предупреждения об опасности была актуальна в небольших городах, где дома были построенные из дерева. Каланча утратила своё назначение, когда города стали развиваться, увеличивая свою площадь и этажность зданий. В те времена передача информации о местоположении пожара и о характере пожара передавалось очень медленно, для решения этой проблемы была придумана пневматическая почта. На смену стали приходиться механические и электрические приспособления, предназначенные для обнаружения и сигнализации о пожаре [14].

При Петре I на кораблях стали использовать огнепроводящий шнур, снаряженный порохом, при помощи которого передавалось извещение о возникновении пожара. Следующим новым изобретением был электрический звонок, для того чтобы уменьшить время передачи сигнала тревоги с наблюдательных вышек в казарму. Такое изобретение использовали в Америке и Германии многие пожарные долгое время, начиная с 1840 года.

Русский литературный журнал «Отечественные записки» в 1846 году разместил описание нового устройства, изобретенного в Англии. Железная гиря вешалась через всё помещение на протянутый натяжной шнур. Под



действием теплового потока шнур нагревался и перегорал, роняя гирю на небольшое взрывное устройство. Благодаря громкому звуку такого извещателя, все люди своевременно узнавали сигнал тревоги. Данное устройство использовали в жилых домах. В промышленности принцип работы такого извещателя немного изменили. При падении груза приводилось в действие не взрывное устройство, а колокол тревоги. В 1867 году в России было выдано разрешение русскому изобретателю Карлу Диону на конструкцию такого изобретения, предложившему использовать для включения системы нагретый воздух [15]. Русский ученый Павел Львович Шиллинг 21 октября 1832 года при помощи своего механика испытал первый в истории электромагнитный телеграф. Спустя пять лет, американский изобретатель и художник Сэмюэл Фимли Бриз Морзе изготавливает свой первый, ещё несовершенный телеграфный аппарат. Для того, чтобы усовершенствовать свое изобретение, он разработал в 1838 году знаменитую «азбуку Морзе», названную в честь своего имени, которая стала основным кодом телеграфирования.

С 1851 года в Берлине пожарная команда стала первой во всем мире использовать аппарат Вернер-Сименса, имеющий в качестве приемной станции телеграфный аппарат Морзе [16]. Спустя определенное время были выявлены некоторые недостатки такого прибора. Сам аппарат был большим, дорогостоящим и работать вместе с ним мог только специально обученный персонал. Тем не менее, история практического применения электрической пожарной сигнализации начинается с ручного пожарного извещателя фирмы «Сименс и Гальске», разработанного на основе телеграфного аппарата Якоби Б.С., который представлен на рисунке 1.1.

Фирма «Сименс-Гальске» в 1852 году придумала новый вид извещателей, подающий сигнал тревоги пожарным командам. Любой человек в случае пожара на улице мог дернуть ручку спускового механизма, приводя в действие гиревой механизм, который раскручивал барабан с заранее установленной комбинацией кодовых зубьев. После отправления сигнала о помощи на аппарате звучал звонок означающий, что сигнал принят и помощь уже в пути.



Рисунок 1.1 - Первый ручной пожарный извещатель фирмы «Сименс и Гальске»

Таким образом, самая первая система электрической пожарной сигнализации была адресной. Несмотря на то, что принципы построения электрических телеграфов с кодированными адресными сигналами и их образцы разрабатывались и изготавливались Российскими учёными П.Л. Шиллинг и Б.С. Якоби, широкое практическое применение получали телеграфы зарубежного производства.

Так, для монтажа телеграфных линий и установки ручных пожарных извещателей (ИПР), в Санкт-Петербург были приглашены специалисты фирмы «Сименс и Гальске» в 1858 году. Первый электрический ручной пожарный извещатель был смонтирован на грузовой пристани Невско-Рождественской набережной, в дальнейшем переименованной в Калашниковскую, а ныне носящей имя Синобской набережной. Установка ручного извещателя на пристани у сенных весов обуславливалась тем, что в город поставлялось огромное количество сена для лошадей, и в случае возгорания, каждая минута промедления с вызовом пожарных грозила огромными убытками. Так с каждым годом количество извещателей потихоньку повышалось и спустя тринадцать лет число извещателей достигло 364, которые были соединены с 17 командами. В 1940 г. пожарной сигнализацией было оборудовано 17 городов, которые имели 3128 извещателей и 74 приёмные станции [4].

Некоторые системы пожарной сигнализации покупались на личные пожертвования. Так князь Львов на личные средства не только оборудовал пожарное депо, но оснастил поселок Стрельна системой электрической пожарной сигнализации для скорейшего вызова пожарной охраны. В процессе эксплуатации стали проявляться проблемы, связанные с ложными вызовами и неисправностями в работе пожарной сигнализации, в связи с чем сформировалось мнение, что лучше не иметь пожарной сигнализации, чем содержать неисправную или не надлежаще работающую, так как это приводит к потере времени для передачи сообщения о пожаре.

Далее мы проанализируем историю развития каждого типа пожарного извещателя, начиная с теплового пожарного извещателя.

### 1.2.3 История развития тепловых пожарных извещателей

Время передачи информации о пожаре уменьшилась в несколько раз, но это все равно было много. Бывали случаи, когда огонь успевал уничтожить все здание быстрее, чем пожарная команда получит сигнал и приедет на место. Для получения быстрого сигнала о возникновении пожара был придуман первый пороговый извещатель, который в автоматическом режиме подавал сигнал тревоги при достижении в окружающей среде порогового значения температуры срабатывания.

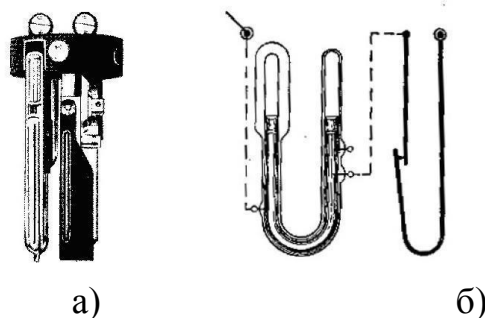
В 1884 г. Л. Гельбордт разработал электрическую систему сигнализации, основанной на изменении формы или объёма жидкости для прерывания цепи тока. На сосуд с жидкостью, имеющей определённую температуру кипения, навинчивали металлический полушар с расположенной в нем контактной системой и закрывали пробкой со стержнем. При повышении температуры жидкость закипала и расширяясь, давила на пробку со стержнем, который замыкал контактную систему извещателя [44]. Такие извещатели стали популярными, а производством занимались различные фирмы, только лидером продаж был извещатель фирмы «Сименс-Гальске».

На рынке стали появляться тепловые пожарные извещатели (ИПТ) максимального и дифференциального типа. Отличие у них заключается в том,

что максимальный извещатель формирует сигнал тревоги при превышении установленной пороговой температуры в помещении, а дифференциальный при превышении скорости нарастания температуры порогового значения. На рисунке 1.2 представлен максимально-дифференциальный извещатель типа «Сименс», который совмещает функции максимального и дифференциального извещателя. В 1886 году Швамбаум и Стыпульковский изобрели в то время первый комбинированный извещатель, который мог срабатывать при определенной скорости нарастания температуры окружающей среды, а также при повышении температуры до определенного значения.

В основу автоматических ИПТ легли легкоплавкие вставки, разработанные Ликером и Шроппом, которые при определённой температуре плавилась и разрывали контакт. В 80-х годах Стивен-Пти и Стивен Брессон создали пожарные извещатели, основанные на использовании деформации биметаллических пластинок под воздействием тепла. Это применяется и в настоящее время.

Успехи в области электротехники привели к появлению большого количества разнообразных автоматических пожарных извещателей, наиболее популярными оказались дымовые и тепловые пожарные извещатели. Это объясняется простотой схемных и конструктивных решений этих извещателей. Когда применение автоматических средств обнаружения загораний было не целесообразно или невозможно приобрести по каким-то разным причинам, тогда использовали ручные пожарные извещатели или иной прибор для подачи сигнала-предупреждения — сигнализаторы.



а) общий вид; б) схема включения

Рисунок 1.2 - Максимально-дифференциальный извещатель типа «Сименс»

В шестидесятых годах во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны разработали первый отечественный ИПТ ДТЛ, называемый датчик тепловой легкоплавкий, имеющий легкоплавкий сплав, который при воздействии температуры расплавлялся [45]. Простейшее устройство однократного действия, срабатывающее при достижении температуры окружающей среды 70- 72 °С. При пожаре в извещателе происходит разрушение легкоплавкого соединения двух пружинящих пластин-теплоприемников, спаянных сплавом Вуда, превращая сплав в жидкое состояние и размыкая электрическую цепь шлейфа. Благодаря своей простоте конструкции и технологии, тепловые пожарные извещатели ДТЛ производили в больших количествах, что позволило решить задачу противопожарной защиты многих объектов. В процессе эксплуатации были выявлены некоторые недостатки данной конструкции. При проведении технического обслуживания на объекте не было возможности провести диагностику оборудования, так же устройство обладало значительной инерционностью при обнаружении пожара. В результате с 1984 года на рынок пришел измененный пожарный извещатель ДЛТ под новым наименованием ИП104-1 (см. рис.1.3).

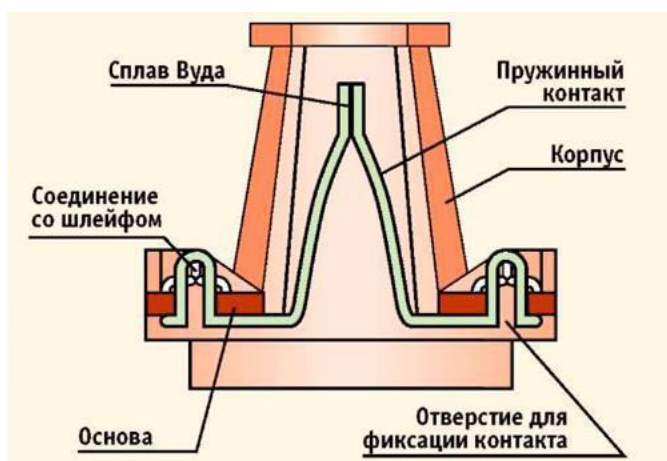


Рисунок 1.3 - Конструкция теплового пожарного извещателя ИП104-1

Принцип действия и конструктивное исполнение осталось неизменным, только извещатель стал обладать меньшей инерционностью и более

объективным контролем технических параметров в процессе его промышленного производства. В тоже время на рынке появился термомагнитный пожарный извещатель ИП 105-2/1 (ИТМ) максимального действия и обладающего меньшей инерционностью по сравнению с другими извещателями, а также многократного действия.

Извещатель, конструкция которого представлена на рисунке 1.4, состоит из пластмассового основания и термочувствительного датчика. Термочувствительный датчик в извещателе ИТМ состоит из геркона, который объединен в единый конструктивный узел с термочувствительной магнитной системой, состоящей из постоянных магнитов и расположенных между ними теплоприемников и термочувствительных ферритов [22].

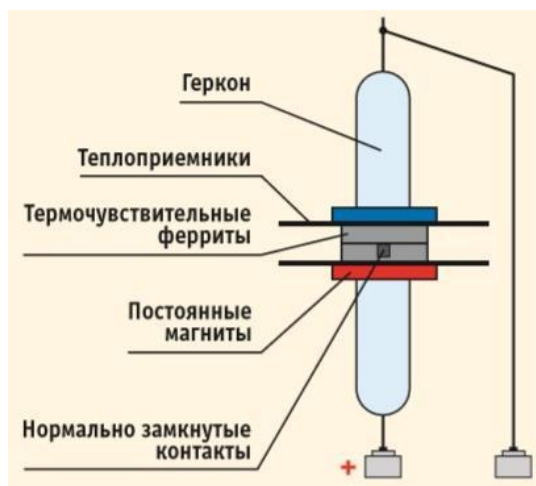


Рисунок 1.4 - Конструкция теплового пожарного извещателя ИП105-2/1

При нормальных условиях контакты замкнуты. Как только в окружающей среде температура повышается до температуры срабатывания датчика, происходит ослабление магнитного поля, которым он обладает, что приводит к размыканию контактов, обрывая шлейф пожарной сигнализации. Температура срабатывания ИТМ варьируется в диапазоне  $(70 \pm 7) \text{ } ^\circ\text{C}$ . Такие извещатели не имели настройки порогового значения и обладали большой инерционностью из-за массы термочувствительного датчика. Но несмотря на свои недостатки, такой извещатель работал при высокой относительной влажности воздуха.

ИТМ необходимо было устанавливать в защищаемом помещении на элементы конструкции, которые не обладали собственным магнитным полем. При размыкании контактов геркона сопротивление конечного резистора суммировалось с сопротивлением резистора, установленного параллельно входным клеммам. При увеличении сопротивления в шлейфе пожарной сигнализации прибор приемно-контрольный пожарный воспринимал этот сигнал, как «Пожар». При использовании полупроводниковых терморезисторов в тепловых пожарных извещателях, получилось создать почти при одинаковом схематическом решении максимальные, дифференциальные и максимально-дифференциальные извещатели.

Следующая новинка в разработке ИПТ стало создание максимально-дифференциального теплового пожарного извещателя ИП101-2. Ученые пришли к тому, что если установить последовательно резистор со вторым терморезистором, то дифференциальный извещатель превратится в максимально-дифференциальный. На рисунке 1.5 представлена схема теплового максимально-дифференциального извещателя ИП-101-2.

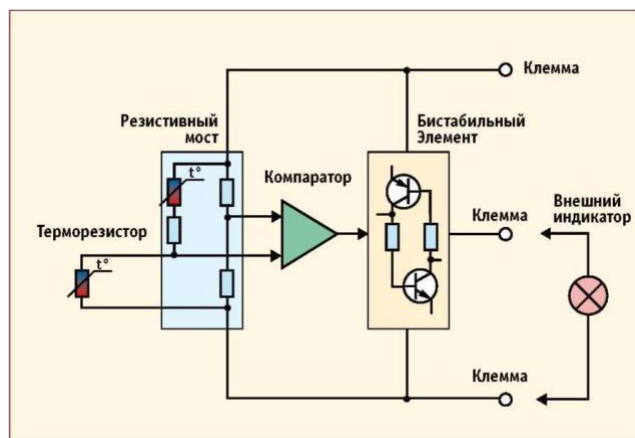


Рисунок 1.5 - Блок-схема теплового извещателя ИП-101-2

При маленькой скорости нарастания температуры в этом извещателе сопротивление терморезисторов уменьшается пропорционально друг другу, но благодаря резистору, который находится в резистивном мосту, возрастает разность потенциалов на входах компаратора. Извещатели ИП-101-2 были

способны обнаруживать маленькие очаги пожара, благодаря своей инерционности.

Для защиты резервуарных парков магистральных нефтепроводов, а также хранилищ нефти и нефтепродуктов был создан новый взрывозащищенный ИПТ ИП 103-1 для работы в данной среде. Для надежной работы и исключения ложных срабатываний пожарного извещателя, был применен комбинированный термочувствительный элемент, состоящий из двух, ориентированных в ортогональных плоскостях максимально-дифференциальных термобиметаллических датчиков. ИПТ ИП 103-1 имел более низкую инерционность, по сравнению с тепловыми пожарными извещателями ТРВ-2. В ТРВ-2, конструкция которого представлена на рисунке 1.6, применялся сенсор, который состоял из латунной трубки и инварового стержня [23]. Инвар представляет собой сплав, состоящий из 36 % никеля и 64% железа, изобретенный в 1896 году швейцарско-французским физиком Шарль Эдуар Гийом, получившим в 1920 году Нобелевскую премию за открытие данного сплава. Такой извещатель можно было настроить на срабатывание при температурах  $(70 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  и  $(120 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ . Недостатками данного извещателя была большая инерционность при маленьких скоростях нарастания температуры воздуха и большие габариты [25].

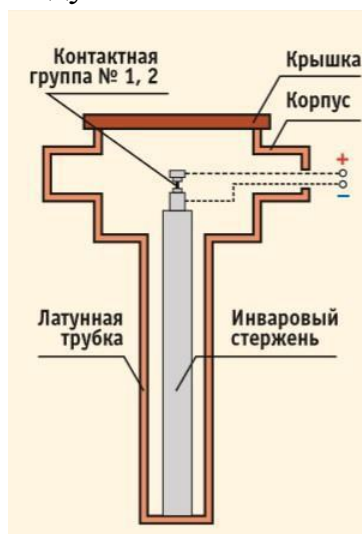


Рисунок 1.6 - Конструкция максимального теплового извещателя ТРВ-2



#### 1.2.4 История развития дымовых пожарных извещателей

Дымовые пожарные извещатели (ИПД), существующие с конца 1890-х годов, являются наиболее чувствительными автоматическими средствами обнаружения пожара и должны использоваться везде, где позволяют условия. ИПД. Джордж Эндрю Дарби 1902 году в Бирмингеме запатентовал первый тепловой и дымовой извещатель. Двадцать лет спустя швейцарский физик Вальтер Йегер решил создать датчик для обнаружения ядовитых газов, но в итоге потерпел неудачу. Вальтер Йегер предполагал, что токсичные частицы газа, попадая в воздушную камеру извещателя, будут соединяться с ионизированными молекулами воздуха, в результате чего сила электрического тока будет изменяться внутри сенсора извещателя, но в итоге, достигнув опасной для жизни концентрации токсичных газов, было недостаточно, чтобы изменить проводимость чувствительного элемента. Расстроившись из-за провала эксперимента, он закурил сигарету, сидя за своим столом, и был сильно поражен, когда заметил, что его «ядовитое» устройство реагирует на дым, исходящий из его сигареты. Эксперимент был великим открытием, проложившим путь для изобретения и развития современных ионизационных дымовых пожарных извещателей [3]. Другой швейцарский физик доктор Эрнст Мели в 1939 году разработал устройство с ионизационной камерой, которое может обнаруживать газы в подземных шахтах. Результатом стала ионизационная дымовая сигнализация.

Первые ионизационные извещатели дыма были чрезвычайно дорогими. Впервые появившись на рынке США в 1951 году. Их использование было ограничено коммерческими и промышленными объектами. Были предприняты различные попытки создания более практичных устройств, но по состоянию на 1963 год, они были весьма ограничены и не пользовались большой популярностью.

Дуэйн Пирсолл и его коллега Стэнли Беннет Петерсон разработали первый практичный домашний ИПД. Он был назван «SmokeGard 700» и был изготовлен из огнестойкой стали, сформированной как пчелиный улей (см.

рисунок 1.7). Съемная и сменная батарея, сделала его работу экономически эффективной. Эти извещатели могут быть легко установлены и заменены в случае необходимости. При первом производстве для установки потребовался сменный аккумулятор, изготовленный корпорацией «Gates Energy», однако эти специальные батареи были быстро заменены одноразовыми батареями типа АА.

В 1969 году «BRK Electronics» разработала первый дымовой извещатель с батарейным питанием, получивший сертификат UL (Underwriters Laboratories Inc.) К 1972 году были доступны ионизационные дымовые извещатели с питанием от стандартной 9-вольтовой батареи [30].



Рисунок 1.7 - Ионизационный автономный пожарный извещатель

В 60-70-х годах пожарные извещатели создавались на эксплуатацию с определенным типом приемно-контрольного прибора (ППКП) пожарной сигнализации. При появлении первых ИПД, приборы приемно-контрольные устарели. Создание первых отечественных ИПД были СИ-1, КИ-1, РИД-1, ИДФ-1 и ИДФ-1М соответствовали лучшим зарубежным образцам, а также действующим нормативным стандартам. Накопленный опыт эксплуатации на объектах первых дымовых извещателей позволил выявить все их технические недостатки и слабые стороны этих извещателей.

На смену технически устаревшим пожарным извещателям АТИМ, АТП, ДТЛ, ДИ-1, КИ-1, РИД-1, ИДФ-1, ИДФ-1М, ПОСТ-1 были разработаны новые

модели современных пожарных извещателей, которые стали более надежные, экономичные и долговечные, чем предыдущие.

К новым моделям относились:

- радиоизотопный дымовой пожарный извещатель РИД-6М;
- фотоэлектрический дымовой извещатель ДИП-1, ДИП-2 и ДИП-3;
- световой пожарный извещатель ультрафиолетового излучения пламени ИП329-2 «Аметист»;
- взрывозащищенный тепловой пожарный извещатель ИП-103;
- тепловой магнитоконтактный пожарный извещатель многократного действия ИП 105-2/1 (ИТМ);
- ручной пожарный извещатель;
- максимально-дифференциальный извещатель ИП 101-2.

Оборудование, используемое в системе, может быть технически несовместимо с ППКП, поэтому тогда появились новые модели приемно-контрольные приборов ППС-3, ППК-2, РУПИ-1, ППКУ-1М-01 и «Сигнал-42».

Для обнаружения дыма во взрывоопасных зонах требуются извещатели, которые работают эффективно и безопасно в этих средах. Наличие правильного оборудования может снизить риск для объектов и работников в этих местах. Оборудование, используемое в местах, где могут существовать взрывоопасные концентрации паров, должно быть оборудовано специальной проводкой и другими электрическими компонентами в целях безопасности. В опасных средах не только извещатели должны быть искробезопасными, но и все приборы, находившиеся в защищаемом помещении. Для этого был разработан ППКП «Сигнал-44», который подключался к искробезопасному шлейфу сигнализации пожарных извещателей с нормально замкнутыми контактами.

В конструкции дымовых пожарных извещателей РИД-6М, ДИП-2 и ДИП-3 был предусмотрен кнопочный имитатор, расположенный на центральной части, для проверки работоспособности извещателя. Данная кнопка имитирует наличие дыма в защищаемой зоне. При нажатии на кнопочный имитатор в зазор между источником излучения и внутренним электродом вводится

металлическая трубка, вызывая уменьшение ионизационного тока из-за снижения ионизирующего действия источника излучения. Питание извещателей осуществлялось по двухпроводному шлейфу пожарной сигнализации, что увеличило их надежность функционирования.

В середине 80-х годов в ВНИИПО разработали линейные дымовые оптико-электронные извещатели (ИПДЛ). Линейный извещатели дыма - лучший выбор для областей с ограниченным доступом. ИПДЛ извещатели обеспечивают раннее обнаружение дымообразующих пламенных пожаров в зданиях с высокими потолками, таких как склады с высокими бухтами, атриумы или библиотеки.

Далее мы рассмотрим, как происходило развитие извещателей пожарных пламени (ИПП).

#### 1.2.5 История развития извещателей пожарных пламени

Большинство извещателей пламени распознают пламя при помощи так называемых оптических методов, таких как ультрафиолетовое (УФ) и инфракрасное излучение (ИК), спектроскопия и визуальная визуализация пламени. Например, пламя на нефтеперерабатывающем заводе обычно подпитывается углеводородами, которые при подаче кислорода и источника возгорания выделяют тепло, углекислый газ и другие продукты сгорания. Интенсивная реакция характеризуется испусканием видимого, ультрафиолетового и инфракрасного излучения. ИПП предназначены для обнаружения поглощения света на определенных длинах волн, что позволяет им различать пламя и ложную тревогу источники.

Разработанные в то время пожарные извещатели УФ излучения пламени ИП-329-1 «Аметист», основанные на постоянном контроле интенсивности УФ излучения, превосходили зарубежные аналоги по экономичности, чувствительности и помехозащищенности. Конструктивное исполнение извещателя ИП-329-1 позволило эксплуатировать его в помещениях с содержанием в воздухе производственных пылей. Конструкция извещателя обеспечивало высокую помехозащищенность от воздействия

электромагнитных полей, фоновой освещенности, пыли, повышенной влажности.

Дальше, улучшив чувствительность и помехоустойчивость, были созданы ИПП взрывозащищенный ИП 329-4 «Сириус» и обычный ИП 329-5, не уступающие по своим техническим характеристикам лучшим зарубежным разработкам данного класса. ИК пожарный извещатель МДП-2АСТ предназначен для раннего обнаружения очагов тления (перегрева) [48]. Он может применяться в текстильной, деревообрабатывающей промышленности, на складах материальных ценностей, а также на объектах химии и так далее.

В следующем подразделе мы рассмотрим историю развития газового пожарного извещателя.

#### 1.2.6 История развития газовых пожарных извещателей

Огонь уменьшает количество кислорода и увеличивает концентрацию смертельно токсичных газов, таких как угарный газ. Обнаружение пожара с использованием обнаружения газа было признано многообещающим подходом с 1990-х годов. Во-первых, обнаружение пожара может обеспечить более быстрые сигналы тревоги, когда газы выделяются до появления частиц дыма. Во-вторых, обнаружение пожара на основе химических веществ может обеспечить дополнительную безопасность людям, поскольку известно, что большинство жертв при пожарах происходит не из-за ожогов, а из-за отравления токсичными выбросами [64]. Вот почему немедленное выявление возгорания - самая важная задача. Наиболее перспективными являются газовые извещатели, реагирующие на окись и двуокись углерода.

Извещатели угарного газа (СО) являются очень важной частью систем пожарной безопасности в зданиях. Основная проблема СО заключается в том, что он не пахнет и может вызвать смерть, даже если вы не спите, потому что люди не могут обнаружить существование этого газа. Вот почему так важно использовать газовые пожарные извещатели. Большая часть газовых извещателей сигнализируют, когда концентрация СО быстро увеличивается [1]. Газовые пожарные извещатели не восприимчивы к ложной тревоге из-за

частиц, что делает их подходящими для использования в пыльных и грязных условиях.

Накопленный зарубежный и отечественный опыт эксплуатации автоматических систем пожарной сигнализации свидетельствует о том, что проблема пожарной безопасности не может быть успешно решена с помощью только одного типа пожарных извещателей. Поэтому начали производить комбинированные пожарные извещатели, реагирующие на два или более фактора пожара [37]. Такие извещатели сокращают количество ложных тревог практически до нуля.

В следующем разделе подробнее ознакомимся с типами пожарной сигнализации.

### **1.3 Пожарная сигнализация**

Система пожарной сигнализации имеет несколько устройств, работающих вместе, чтобы обнаруживать и предупреждать людей с помощью визуальных табличек и аудиоустройств, когда присутствует дым, огонь, угарный газ или другие чрезвычайные ситуации. Эти сигналы могут быть активированы автоматически от разных пожарных извещателей или также могут быть активированы с помощью ручного пожарного извещателя, предназначенного для ручного включения сигнала пожарной тревоги в системах пожарной сигнализации и пожаротушения.

В настоящее время существуют 3 типа системы пожарной сигнализации, представленные на рисунке 1.8 [56]:

- 1 Неадресная (пороговая);
- 2 Адресно-пороговая;
- 3 Адресно-аналоговая.

В следующих подразделах подробнее ознакомимся с каждым типом пожарной сигнализации.

Система пожарной сигнализации, прежде всего, предназначена для обеспечения возможности обнаружения пожара на достаточно ранней стадии, чтобы люди, подвергающиеся риску, могли быть в безопасности путем выхода

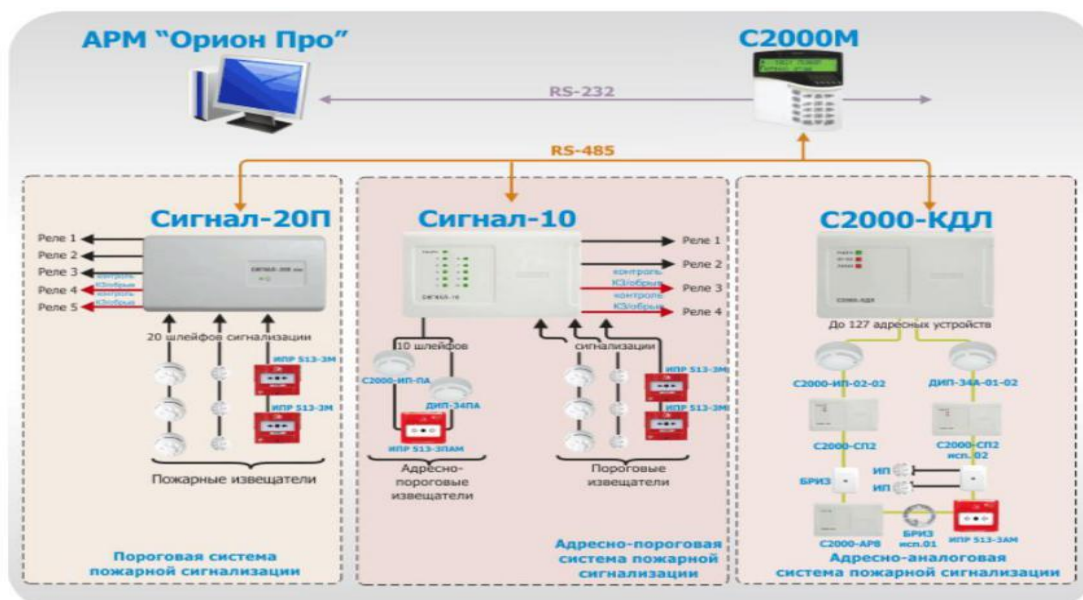


Рисунок 1.8 - Типы систем пожарной сигнализации

Система пожарной сигнализации, прежде всего, предназначена для обеспечения возможности обнаружения пожара на достаточно ранней стадии, чтобы люди, подвергающиеся риску, могли быть в безопасности путем выхода из огня, либо путем тушения пожара (также для предотвращения значительного повреждения имущества). Эффективность системы обнаружения и сигнализации пожара зависит от стадии пожара. Для того чтобы все люди могли без особых трудностей покинуть помещение, должна срабатывать быстро до того, как маршруты эвакуации окажутся закопченными, до такой степени, что людям будет трудно найти выход из здания [41].

### 1.3.1 Неадресная система пожарной сигнализации

Пороговые пожарные извещатели появились первыми в истории, так как их конструкция была простой. Неадресные извещатели получили широкое применение в системах пожарной безопасности прежде всего из-за своей невысокой цены. В неадресной системе ППКП определяет состояние шлейфа путем передачи электрического сигнала на пороговые извещатели, установленные в ШПС.

Первые серийные системы пожарной сигнализации были системы ТОЛ 10/100 и СД-10. Станция ТОЛ10/100 была предназначена для организации постовой связи в карауле и приёма сигналов тревоги от средств обнаружения

охранной сигнализации и фактически работала на релейной логике, формируя напряжение в линии связи 60 В (телефонный стандарт) и обеспечивала изменение полярности питания для проверки поступившего сигнала. Сигнал квитирования передавался тональным сигналом 400 Гц и обеспечивалась возможность подключения к линии телефонной трубки. Станция СД-10 так же фактически была релейной, но в дымовых пожарных извещателях КИ-1 и РИД-1, подключаемых к ее шлейфам использовались электровакуумные приборы (тиратроны) и напряжение питания в шлейфе было знакопостоянным-200 В. Данные системы оказались очень живучими. В 1994 году приемно-контрольные приборы СД-10 стояли ещё на боевом дежурстве в Эрмитаже, а станции ТОЛ10/100 до сих пор ещё числятся в эксплуатации на некоторых объектах нашей страны.

Следующим этапом в развитии систем пожарной сигнализации общепромышленного применения была разработка пультов пожарной сигнализации ППС-1, ППС-2, ППС-3. ППС-1, которая выполнялась на релейно – полупроводниковой базе. Эта система сформировала современный стандарт напряжения в шлейфе пожарной сигнализации знакопостоянным-24 В. Станция ППС-2 (РУОП) предназначалась только для работы с дымовыми пожарными извещателями РИД-1 и комбинированными извещателями КИ-1. Фактически была последующей модернизацией СД-10. Её применение было прекращено в связи с требованием по захоронению радиоизотопных дымовых пожарных извещателей в связи с радиофобией, возникшей после Чернобыльской трагедии, но, например, в БДТ им. Г.А. Товстоногова она была демонтирована только после капитального ремонта здания в 2010-2012 г.

Пульт пожарной сигнализации ППС-3 выполнен с применением цифровых микросхем и полупроводниковых элементов, имел знакопеременное напряжение в шлейфе пожарной сигнализации с последовательностью положительный период (плюс 24 В, длительностью 0,7 сек.) и отрицательный период (минус 24 В, длительностью 0,07 сек.). Данная форма напряжения в шлейфе показала возможность работы системы на длинных линиях при



суммарном сопротивлении шлейфа пожарной сигнализации до 600 Ом.

Наиболее массовое применение получили станции РУПИ-1 с ионизационными пожарными извещателями РИД-6М и ее последующая модернизация в приемно-контрольный прибор ППК-2. Для данного типа приборов были разработаны практически все виды пороговых пожарных извещателей, и данная система на рубеже 2000 годов обеспечивала до 80% защиты объектов пожарной сигнализации. Тем не менее, знакопеременный сигнал в шлейфе требовал применения более дорогих комплектующих в приемно-контрольном приборе. Серьезная конструкция и схемотехника не смогла конкурировать с дешёвыми пороговыми системами со знакопостоянным напряжением 24 В. К таким системам можно отнести приборы серии Сигнал-20, ВЭРС, Магистр, Гранит, Кварц и ещё порядка 100 наименований. Алгоритм работы наиболее распространённого ППКП Сигнал-10 (Сигнал-20), представлен ниже.

Система индикации неадресного контрольного прибора, представляет собой некоторое количество или рядов светодиодов. Все зависит от производства данного устройства, каждый из которых отвечает за определенный шлейф. Если диод светится зеленым цветом, то система в режиме «норма», красным - "пожар", а также неисправность в шлейфе пожарной сигнализации или ложное срабатывание системы. Извещатель формирует извещение «Пожар», когда его внутреннее сопротивление изменяется и достигает некоторого порогового значения. Для минимизации ложных срабатываний и повышения надежности системы применяют такие приемы, как организация двух порогового оповещения. Когда при срабатывании первого извещателя на ППКП приходит сигнал «Пожар1», прибор ждет подтверждения от второго извещателя в этом шлейфе. Если срабатывает второй пожарный извещатель, то приходит сигнал «Пожар 2», тогда система начинает действовать и приводить другие системы в действие. Такую систему используют на небольших объектах, так как при больших объемах усложняется система, происходит увеличение количество шлейфов и

проводов, снижая надежность системы.

Самым большим их недостатком является параллельный способ подключения извещателей в шлейфе пожарной сигнализации, что не позволяет быстро определить помещение, особенно при наличии нескольких помещений, защищаемых одним шлейфом, где начинается возгорание. Тревога регистрируется по всему шлейфу при определенном изменении потребляемого тока. Каждый сработавший извещатель увеличивает ток в шлейфе. Количество извещателей, включенных в шлейф, ограничивается допустимой токовой нагрузочной способностью последнего и рекомендациями производителя извещателей. Пороговая пожарная сигнализация представляет собой систему в виде луча, в которой ППКП определяет только по какому ШПС пришла информация о возникновении пожара. Конкретное место возгорания может определить только дежурный персонал путем обследования всех помещений зоны, защищаемой конкретным шлейфом. То есть скорость обнаружения и ликвидации очага возгорания зависит от человеческого фактора.

В конце каждого ШПС должен быть окончательный элемент, содержащий окончательный резистор и контролирующий целостность знакопостоянного шлейфа, который представлен в виде схемы на рисунке 1.9. Если окончательный резистор имеет большое значение, тогда приборы потребляют меньше тока в дежурном режиме, из чего можно сделать вывод, что можно использовать источники резервного питания меньшей ёмкости. При включении в шлейф пожарной сигнализации ИПД, ток в шлейфе увеличивается на величину их суммарного тока в дежурном режиме. При обрыве ШПС ток становится меньше значения в дежурном режиме не нагруженного шлейфа.

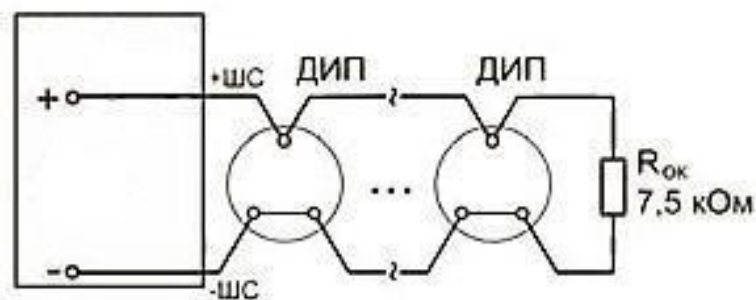


Рисунок 1.9 - Схема знакопостоянного шлейфа

Еще существует метод контроля шлейфа сигнализации с питанием шлейфа знакопеременным импульсным напряжением, имеющих два выносных элемента – резистор и диод [43]. Схема подключения этого шлейфа представлена на рисунке 1.10. Диод включается в обратном и прямом направлении напряжения и на нём отсутствуют потери. В обратном направлении из-за его короткой длительности потери так же незначительны [29]. Что бы из-за снятого с базы извещателя не «умирала» вся система, в базу устанавливался диод Шоттки, позволяющий не блокировать сигнал «Пожар» от ручного извещателя.

Основным недостатком пороговых систем безопасности является незнание ППКП, какое устройство было активировано в шлейфе и где оно находится. На поиски тратится время, которое в последствии может привести к большим потерям. На помощь приходит адресная пожарная система, лишённая таких недостатков, с которой ознакомимся в следующем подразделе.

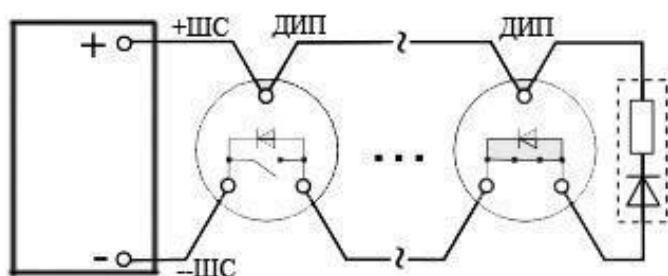


Рисунок 1.10 - Схема знакопеременного шлейфа

### 1.3.2 Адресно-пороговая система пожарной сигнализации

Принцип обнаружения адресных-пороговых систем похож на обычные системы, за исключением того, что ППКП может определить точное расположение сработавшего извещателя. На объекте при монтаже с помощью специальной программы программируется уникальный адрес пожарного извещателя. ППКП опрашивает с помощью ШПС пожарные извещатели, чтобы узнать, в каком состоянии находится извещатель. Адресация обычных пороговых извещателей может осуществляться путем установки

дополнительной адресной платы на контакты пожарного извещателя.

Первые образцы адресных пороговых систем разрабатывались в Санкт-Петербургском филиале Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны группой специалистов под руководством Танклевского Л.Т. в период 1993-1994 г. Авторский коллектив разработчиков: Васильев М.А., Коврижных С.Б., Гусев А.П., Виноградов С.Ю. Первые образцы адресной приставки (АП-1) к приемно-контрольному прибору ППК-2 были поставлены на опытную эксплуатацию в Санкт-Петербургском метрополитене. Суть работы приставки заключалась в том, что после фиксации сигнала «Пожар» приемно-контрольным прибором ППК-2 шлейф переключался на адресную приставку. Далее в шлейфе формировалась кодовая посылка, на которую мог отреагировать только сработавший пожарный извещатель. Адресация извещателя осуществлялась путем установки адресной платы с индивидуальным номером на контакты извещателей. Номер сработавшего извещателя высвечивался на индикационном табло адресной приставки. В дальнейшем данная разработка была передана на приборный завод «Сигнал» г. Обнинск, который в 1995 году выпустил адресный приемно-контрольный прибор ППК-2А.

К этому моменту творческой группой научно-исследовательского отдела СПб ВПТШ (в дальнейшем СПбИПБ) был разработан более совершенный адресный прибор пожарной сигнализации «Марина», который прошел апробацию на частной шхуне «Донна-Анна III» и был передан на серийное внедрение в фирму «Аргус-Спектр». Авторский коллектив разработчиков: Васильев М.А., Галахов В.А., Якимов А.В., Дитков В.А. под руководством Танклевского Л. Т. и Левчука С.А. Выпускался серийно под маркой «Радуга - 2А», с последующей модификацией «Радуга- 4А». Прибор обеспечивал возможность построения кольцевого шлейфа пожарной сигнализации и обеспечивал возможность подключения групповых изоляторов короткого замыкания. Выпускался серийно более 10 лет, затем был замещен адресно-аналоговой системой «Радуга-240» и радиоканальной адресной, адресно-

аналоговой системой «Стрелец».

В следующем подразделе мы ознакомимся с последней системой пожарной сигнализации, которая в настоящее время является самым популярным.

### 1.3.3 Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации

Адресно-аналоговые системы на текущий момент являются самыми прогрессивными, они обладают всеми преимуществами адресно-пороговых систем, а также дополнительным функционалом. В конфигурации контрольного прибора для каждого подключенного адресного устройства заданы пороги срабатывания «норма», «пожар», «неисправность», «внимание», «запылён» и другие. В такой системе о состоянии объекта принимает решение не сам извещатель, а прибор приемно-контрольный. Это позволяет формировать различные режимы работы в течение суток пожарной сигнализации для помещений с разной степенью внешних мешающих факторов.

Контрольный прибор постоянно производит постоянный опрос подключенных устройств и анализирует полученные значения, сравнивая их с пороговыми значениями, заданными в его конфигурации. Такая система имеет кольцевой шлейф пожарной сигнализации, при необходимости от неё может ответвляться радиальный шлейф без установки на концах оконечных элементов. Целостность ШПС подтверждается наличием токового ответа от всех подключенных в шлейф пожарных извещателей. Такая система обладает хорошими качествами, такими как раннее обнаружение возгораний и имеет низкий уровень ложных тревог. Контроль работоспособности пожарных извещателей в режиме реального времени позволяет заранее выделить извещатели, перспективные для обслуживания, и составить план для выезда специалистов обслуживающей организации на объект. Количество защищаемых помещений одним контроллером определяется адресной ёмкостью этого контроллера [58].

Первым адресно-аналоговым прибором пожарной сигнализации

общепромышленного применения полностью Российской разработки был «Коралл», разработанный специалистами КБ «Меридиан». Фактически это была переработанная версия адресно-аналоговой системы «Коралл» морского исполнения, которая по конверсии была видоизменена и конструктивно доработана. В 1996 году она получила сертификат пожарной безопасности, но была выпущена очень ограниченной серии из-за высокой цены и некоторой «громоздкости». Внешний вид извещателей значительно проигрывал по своей элегантности адресно-аналоговым извещателям «Систем-Сенсор». Один из экземпляров адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации был установлен в универмаге «ДЛТ». Большое распространение приобрели отечественные системы пожарной сигнализации, работающие по лицензионно переданному протоколу с импортными адресно-аналоговыми извещателями «Систем-Сенсор» и другими. К таким системам можно отнести адресно-аналоговую систему «Радуга-3» фирмы Аргус-Спектр», «Посейдон» фирмы «СТАЛТ» и другие.

Первой серийной адресно-аналоговой системой полностью отечественного производства была система «ТРИУМФ» совместной разработки СПб ИПБ МВД РФ и ООО «ИРСЭТ-Центр». Авторский коллектив НИО РИО СПб ИПБ МВД РФ: Васильев М.А., Коврижных С.Б., Виноградов С.Ю., Рябков А.Ю., Висогузов В.В. под руководством Танклевского Л.Т. и группы разработчиков ООО «ИРСЭТ-Центр»: Рубашкин А.Ю., Мурзин В.А., Фролов Ю.В. под руководством Иткинсона Г.В.

Адресно-аналоговая система «ТРИУМФ» (с учетом последующей модификацией «ТРИУМФ-2») была полностью адаптирована под условия эксплуатации в России. По своей структуре могла быть кольцевой, кольцевой с радиальными ответвлениями и радиальной. По своей информационной емкости не уступала лучшим мировым образцам, а по возможности работы с длинными линиями связи – значительно превышала их. Стоимость системы была в разы ниже импортных аналогов. Однако руководство «ИРСЭТ-Центр» не смогло грамотно воспользоваться техническими преимуществами этой системы.

Успешную реализацию данной системы обеспечивал опытный и грамотный диллер – Эйдель В.Л.

В настоящее время протокол адресно-аналоговой системы «ТРИУМФ» частично используется в системе «Олимп» (ГК «Гефест») в связи с нахождением в составе творческой группы «Гефест» авторов-разработчиков данного протокола. Следующей за системой «ТРИУМФ» была разработана адресно-аналоговая система «Митроникс». На начальном этапе разработки она использовала в своей системе адресно-аналоговые дымовые извещатели «ТРИУМФ», однако в дальнейшем перешла полностью на собственные разработки. Наиболее массовый рынок адресно-аналоговых систем в России сейчас занимает система С-2000 с блоком КДЛ и адресно-аналоговыми извещателями. В связи с высокой востребованностью адресно-аналоговых систем пожарной сигнализации все большую популярность приобретает адресно-аналоговая система «Рубеж-2А».

В следующей части работы проанализируем более подробно каждый вид пожарных извещателей.

#### **1.4 Пожарные извещатели**

Последнее время наука не стоит на месте, поэтому ученые стараются улучшить и упростить пожарные извещатели. Так, появился улучшенный термочувствительный датчик [49], усовершенствовали конструкцию теплового извещателя [47], упростили конструкцию и уменьшили габаритные размеры электроиндукционного пожарного извещателя [57], создали малоинерционный извещатель пожарный дымовой, обеспечивающий высокую скорость реакции на появление дыма [16], улучшили технологичную сборку извещателя пожарного комбинированного, усовершенствовали конструкцию зоны дымозахода и термочувствительной зоны, повышая надежность работы [17]. Таким образом, уменьшая количество ложных срабатываний и увеличивая большую эффективность.

Теперь ознакомимся с классификацией пожарных извещателей.

### 1.4.1 Классификация пожарных извещателей

Пожарный извещатель является компонентом АПС, который включает в себя, по меньшей мере, один датчик, непрерывно или через определенный интервал времени, контролирующий, по меньшей мере, один физический или химический параметр, связанный с процессом горения.

Обычно пожарные извещатели делятся на две основные группы: ручные и автоматические сигналов тревоги. ИПР размещаются на выходах или вдоль путей эвакуации, как того требует СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». Во многих случаях это выглядит как красная кнопка на стене.

Нормативные документы, определяющие перечень требований и применение технических средств пожарной сигнализации, можно разделить на три территориальные группы. В Российской Федерации – это свод правил СП 5.13130.2009 [41], в Европе- EN 54-14 [15], а в Северной Америке UL217 [66] и UL268 [67].

Классификация пожарных извещателей в соответствии с ГОСТ Р 53325-2012 представлена на рисунке 1.11-1.13 [12].



Рисунок 1.11 - Общая классификация пожарных извещателей



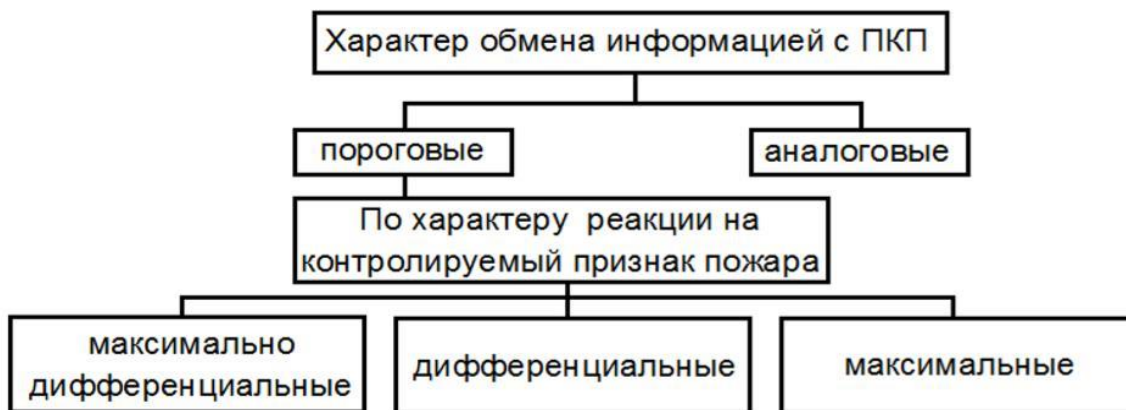


Рисунок 1.12 - Классификация автоматических пожарных извещателей по характеру обмена информацией с прибором приемно-контрольным



Рисунок 1.13 - Классификация автоматических пожарных извещателей по виду контролируемого признака пожара

Для офисного здания предпочтительно выбирать дымовые извещатели, так как в этом случае при пожаре будет четко виден дым как на начальной стадии, так и позже. В зоне хранения горючих жидкостей, извещатель пламени или тепловой извещатель были бы правильным выбором. Чтобы иметь возможность надежно обнаруживать все ожидаемые пожары, могут потребоваться комбинирование пожарные извещатели различных типов. В следующем подразделе подробнее ознакомимся с тепловым пожарным извещателем.

#### 1.4.2 Тепловой пожарный извещатель

Тепловые пожарные извещатели не обнаруживают частицы горения и начинают срабатывать только тогда, когда тепло на их датчиках увеличивается с заданной скоростью или достигает заданного уровня. Внутри извещателя расположен теплочувствительный элемент, который реагирует на резкое или медленное увеличение температуры выше порогового значения. Однако можно сказать, что тепловые датчики определяют пожар на этапе, когда пламя довольно большое и температура в помещении, где распространяется огонь, высока. Поэтому установка ИПТ не всегда позволяет предотвратить пожар. В некоторых средах, таких как котельные, обычно можно ожидать быструю скорость нарастания температуры, что означает риск ложных срабатываний при использовании скоростного устройства. В этом случае подойдет извещатель с фиксированной температурой.

Во многих случаях при пожаре, дым и токсичные газы накапливаются в опасных для жизни количествах раньше, чем ИПТ инициирует тревогу. Поэтому их используют в тех случаях, когда при пожаре тепловая составляющая выше дымовой. Максимально-дифференциальные тепловые извещатели определяют возгорание по двум признакам - повышение температуры выше пороговой и скорость ее изменения.

Адресный ИПТ включают в адресную линию соответствующего пожарного прибора, если неадресный, то можно использовать в любой пожарной системе, подключив к мониторинговому модулю. Кроме того, существуют линейные тепловые извещатели. Они предназначены для специального применения. Их используют в коллекторах, шахтах или тоннелях, где никакие другие извещатели не могут быть применены. В линейных тепловых извещателях в качестве датчика может использоваться провод медный или оптический. Они могут определять температуру, как пороговые датчики или измерять ее с точностью до градуса температуру [20].

Принцип обнаружения линейных тепловых извещателей - прямое замыкание проводников при определенной температуре, обычно 350-500

градусов. Контрольные панели изготовителя могут предоставить приблизительные места неисправностей проводки, чтобы обеспечить точечное оповещение о месте тревоги. Проводники обернуты в термочувствительный полимер, чтобы изолировать их друг от друга и предотвратить короткое замыкание. Защитная лента используется для защиты проводников от физического повреждения. Также применяется внешняя оболочка для защиты кабеля от воздействия окружающей среды в специфичных условиях.

Тепловые извещатели со скоростью нарастания температуры могут со временем снижать чувствительность. По этой причине характеристика скорости нарастания каждого извещателя должна проверяться не реже одного раза в год квалифицированным специалистом по техническому обслуживанию [21].

В следующем подразделе ознакомимся с дымовым пожарным извещателем.

#### 1.4.3 Дымовой пожарный извещатель

Существует два типа детекторов дыма: ионизирующие и оптико-электронные. В свою очередь оптические делятся на точечные, линейные, аспирационные и автономные. Ионизирующие – радиоизотопные и электроиндукционные. Система пожарной сигнализации может не обеспечивать своевременное предупреждение или просто может не работать по ряду причин, например, дымовые частицы могут удаляться из извещателей через вентиляционные отверстия или количество присутствующего «дыма» может быть недостаточным для активации сигнализации. Нельзя ожидать, что ИПД будут обеспечивать адекватное предупреждение о пожарах, вызванных поджогами, детьми, играющими со спичками, людьми, курящими в постели и взрывами, вызванные утечкой газа, неправильным хранением горючих материалов и так далее.

Извещатели, которые используют оптические средства обнаружения дыма, реагируют на его цвет, а точнее на оттенки его цвета. Они хорошо распознают серый дым, выделяющийся при тлении на ранних стадиях. Плохо

реагируют на черный дым, поглощающий ИК излучение. Точечные дымовые пожарные извещатели делятся на пороговые и адресно-аналоговые. Пороговый извещатель обнаруживает наличие дыма в своей дымовой камере, когда его концентрация превышает определенный показатель. В этом случае он формирует сигнал тревоги и отправляет его на ППКП, который, в свою очередь, информирует оператора системы.

Адресно-аналоговые ИПД постоянно опрашиваются контрольным прибором и в реальном времени передают ему сообщения о своем состоянии: исправности, степени загрязненности и пожарной ситуации. Поэтому в случае применения таких систем возможно получать предварительные сообщения от извещателей на ранних стадиях задымления – «Опасность пожара». В основу работы ИПД положен принцип рассеивания ИК луча. Луч проходит сквозь дымовую камеру, которая имеет несколько углов преломления. При попадании в нее частиц дыма происходит рассеивание оптического луча, и в зависимости от его концентрации подается сигнал тревоги. Такие извещатели получили название оптических точечных устройств. Очень важной частью подобных извещателей является, так называемая оптопара - фотоприемник и излучатель. Они представляют собой светодиоды и фотодиоды, которые расположены под определенным углом друг к другу в горизонтальной или вертикальной плоскости. Светодиод периодически освещает часть дымовой камеры, а фотодиод принимает этот сигнал, представленный на рисунке 1.14 [7,26].

Поскольку определение задымления происходит по нарастающему отряжённому потоку света, на его работу могут влиять и внешнее освещение, и посторонние предметы, и мелкие насекомые, и пыль, скопившаяся в дымовой камере. Что бы исключить внешнее воздействие на электронику извещателя и обеспечить хорошую вентилируемость помещения, производителям приходится тщательнейшим образом прорабатывать геометрию внутренней поверхности дымовой камеры с применением методов математического моделирования и натуральных испытаний. Для исключения ложных срабатываний и обеспечения исправного состояния ИПД необходимо

проводить регулярные операции по техобслуживанию. При запылении, так же, как и при дыме, происходит рассеивание луча, но оно не носит пиковый характер. Извещатель запоминает эти показатели, подстраивает свои параметры чувствительности под состояние окружающей среды и сигнал тревоги срабатывает в том случае, когда происходит резкое рассеивание ИК-луча.

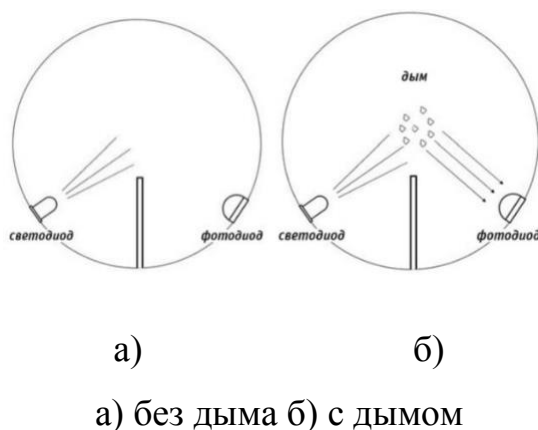


Рисунок 1.14 - Принцип действия дымового оптико-электронного извещателя

Процесс мониторинга происходит следующим образом, извещатели производят аналоговое измерение величины рассеивания частиц дыма и в цифровом формате передают информацию на станцию пожарной сигнализации. Одни извещатели самостоятельно принимают решения о том, что в помещении пожар и передают уже готовое сообщение на центральное устройство. «Умные» извещатели лишь собирают и отправляют сведения, а решение принимает контрольная панель. Помимо этого, они способны контролировать свое состояние и передавать сообщения о неисправности [18].

Значение чувствительности пороговых оптических точечных пожарных извещателей по ГОСТ Р 53325-2012 при испытаниях должно находиться в пределах 0,05...0,2 дБ/м [12].

ИПД является лучшим выбором для зон с ограниченным доступом. Она обеспечивает раннее обнаружение дыма в зданиях с высокими потолками, такие как высоко стеллажные склады, библиотеки, спортивные залы и так

далее. В режиме «Норма» от излучателя на приемник поступает максимальный уровень сигнала. При появлении дыма между излучателем и приемником происходит снижение уровня сигнала, и при достижении установленного уровня порога извещатель переходит в режим «Пожар». Работает на основе принципа затухания, то есть измеряется уменьшение интенсивности света из-за дыма. Чувствительность линейного извещателя определяется в абсолютных единицах затухания в дБ или в %. Порог срабатывания должен быть не менее 0,4 дБ (9%) и не более 5,2 дБ (70%) [32].

Передачик излучает сильно сфокусированный пучок ИК света вдоль оптической измерительной секции. Без дыма большая часть лучей достигает отражателя и направляется обратно в том же направлении к приемнику. Поступающий свет производит электрический сигнал на фотодиодоприемник. Если дым проникает в измерительный участок, часть световых лучей поглощается частицами дыма, в то время как другая часть рассеивается частицами дыма, то есть световые лучи просто меняют направление. Оставшийся свет достигает отражателя, а затем отражается и снова проходит через измерительную секцию и далее ослабевает. Таким образом, только небольшая часть луча достигает приемника, и сигнал становится меньше.

В руководствах по техобслуживанию оптико-электронных извещателей российские производители указывают, что для очистки достаточно продувки сжатым воздухом со всех сторон [58,13]. Но пыль скапливается не только снаружи, но и внутри извещателя и может вызвать его ложное срабатывание. Поэтому чтобы качественно очистить дымовой извещатель, его необходимо разобрать и очистить все внутренние элементы. Зарубежные производители, делают все, чтобы упростить и облегчить процесс обслуживания своих извещателей. В некоторых моделях возможна замена дымовой камеры целиком [53].

Ионизационный дымовой извещатель состоит из корпуса, в котором проделаны специальные отверстия исключая возможность негативного воздействия воздушных потоков. Ионизирующие дымовые извещатели

используют слабый радиоактивный источник для ионизации воздуха между двумя электродами, создавая положительные и отрицательные ионы, таким образом, пропуская небольшой ток через камеру. Дымовые частицы притягивают эти ионизированные частицы и позволяют соединиться к положительным и отрицательным ионам, тем самым уменьшая количество ионов, а, следовательно, и ток. Аналого-цифровая схема проанализирует силу и интенсивность снижения тока и сравнит их с пороговыми значениями. При превышении показателей устройство подаст сигнал тревоги [8].

Электроиндукционные дымовые извещатели в контролируемом помещении набирают воздух в зарядную камеру через газоход и анализируют его состав. При заборе воздуха на частички воздействует униполярный заряд, впоследствии чего, получают объемный заряд. Электроиндукционные датчики исследуют длительность и амплитуду движения микрочастиц воздуха. Если при исследовании датчик обнаруживает отклонение заданных параметров, то контактный механизм быстро замыкается и передается на контрольный пункт сигнал о пожаре. В соответствии с Техническим регламентом, дымовые извещатели применяются только в тех местах, где нет влажных процессов.

При горении некоторых веществ выделение дыма или тепла может быть незначительным. Однако практически при любом типе пожара выделяется газ. Поэтому в следующем разделе проанализируем газовый пожарный извещатель.

#### 1.4.4 Газовый пожарный извещатель

При выделении некоторых веществ выделение дыма или тепла может быть незначительным. Однако практически при любом типе пожара выделяется газ. Как правило, пожар начинается с выделения именно газовой составляющей, после чего можно увидеть дым и только потом пламя с выделением тепла. Монооксид углерода (угарный газ) – чрезвычайно ядовитый газ без вкуса, цвета и запаха. Даже при небольшой концентрации за 1-2 минуты этот газ может вызвать дезориентацию и привести к повреждению мозга либо к летальному исходу. В связи с тем, что угарный газ более подвижный, чем дым, то увеличивается вероятность раннего обнаружения, независимо от места

расположения извещателя. Движение дыма определяется токами конвекции, сила которых зависит от температуры очага пожара, а газ - диффузией, поэтому на обнаружение пожара газовым пожарным извещателям на объекте значительно меньше влияют любые препятствия [19,39].

Определение концентрации CO основано на обработке данных, получаемых от газочувствительного сенсора. В полупроводниковом сенсоре измеряется изменение проводимости, а в электрохимическом - изменение тока, вырабатываемым электрохимическим сенсором под действием монооксида углерода. Реальная зависимость данных сенсора от концентрации CO выражается более сложной нелинейной зависимостью, так как в показания сенсора вносят значительный вклад температура воздуха и, в несколько меньшей степени, влажность. Для обеспечения заданного режима работы сенсора используется микроконтроллер и цифровой термометр. С помощью процессора считываются данные с сенсора. Процессором также считывается температура, после чего производится расчет концентрации CO с использованием температурной номограммы, учитывается калибровочная функция сенсора для стандартных условий [36].

В соответствии с НПБ - 71-98 «Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний», газовые пожарные извещатели должны реагировать, как минимум, на один из газов при концентрации в пределах CO—20ч80 ppm; CO<sub>2</sub>—1000ч1500 ppm; C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>—10ч20 ppm, где ppm —это единица измерения, показывающая количество молекул на миллион. По чувствительности к CO, извещатели подразделяют на два класса [19]: 1 класс—20ч40 ppm; 2 класс—41ч80 ppm.

Чисто газовых пожарных извещателей в Российской Федерации и в мире используется слишком маленькое количество. В основном используются комбинированные пожарные извещатели, в которых используется газовый канал обнаружения вместе с тепловым сенсором. Реже всего используется совместно с дымовым и пламени. Недостатком таких извещателей является отсутствие универсального сенсора, который сможет определить все типы



газов, а так же сложность подбора необходимого газового сенсора для защиты помещений с различными свойствами товарной продукции [28].

#### 1.4.5 Комбинированный пожарный извещатель

Несмотря на то, что не бывает двух одинаковых возгораний, все они имеют общие характерные факторы, включающие выделение тепла, дыма и газообразных продуктов горения. Обнаружение одного из них помогает предупредить о пожаре на ранней стадии, но может привести и к подаче ложного сигнала тревоги, а значит, к принятию ошибочного решения. Именно поэтому ряд производителей занимаются разработкой комбинированных извещателей, которые позволяют анализировать несколько не зависящих друг от друга параметров. Чем больше сенсоров имеет устройство, тем раньше и с большей достоверностью оно может обнаружить пожар. Такие извещатели сокращают количество ложных тревог практически до нуля.

Наиболее распространённые из них могут реагировать на дым и тепло, то есть и которые сочетают дымовую секцию с тепловой. Сопоставление этих параметров дает возможность установить, действительно ли в помещении возник пожар. Кроме того, для еще более раннего обнаружения возгорания выпускаются извещатели с газоанализаторами, ведь газ-первое, что выделяется при возникновении пожара, когда еще нет даже дыма. Это позволяет с опережением отреагировать на вероятность распространения огня. Чаще всего комбинированный извещатель применяется на предприятиях со сложными условиями эксплуатации или в отдельных помещениях зданий, где это необходимо [18].

Недостатком такого извещателя является то, что применение независимых фиксированных порогов не позволяет на практике учитывать многообразие условий, при которых возникает и развивается пожар, и связанные с этим особенности в динамике изменения сопутствующих факторов. Это приводит к увеличению вероятности ложного срабатывания, так как при этом увеличивается влияние помех, которые могут вызвать ложное обнаружение извещателем пожара. Уменьшение времени обнаружения в

комбинированном пожарном извещателе может быть достигнуто взаимным снижением порогов при появлении двух факторов пожара, то есть совместном учете этих факторов при принятии решения о формировании извещения о пожаре [5,55]. Далее рассмотрим пожарный извещатель пламени.

#### 1.4.6 Пожарный извещатель пламени

Инженеры в нефтяной и газовой промышленности, а также во многих других опасных производственных отраслях, нуждаются в оборудовании для непрерывного контроля обнаружения пламени для предотвращения катастрофических пожаров. Чтобы выбрать такое оборудование для обнаружения, пользователи должны постараться понять принципы обнаружения пламени и рассмотреть типы извещателей, доступных на сегодняшний день.

Большинство извещателей пламени распознают пламя с помощью, так называемых оптических методов, таких как УФ и ИК спектроскопия и визуальная визуализация пламени. На рисунке 1.15 представлен световой спектр. Например, пламя на нефтеперерабатывающем заводе обычно подогревается углеводородами, которые при подаче кислорода и источника возгорания выделяют тепло, углекислый газ и другие продукты горения. Извещатели пламени предназначены для обнаружения поглощения света на определенных длинах волн, что позволяет им различать пламя и источники ложной тревоги.



Рисунок 1.15 - Световой спектр в нанометрах

Конкретному очагу горения присуща определенная спектральная характеристика со своими особенностями. Извещатели пламени безошибочно находят очаги горения жидкостей, древесины, бумаги и полимеров. В

последнее время на рынке появляются более умные пожарные извещатели, так называемые мультикритериальные извещатели, предоставленные в следующем подразделе.

#### 1.4.7 Мультикритериальные извещатели

Каждый тип извещателей оптимизирован для обнаружения определенного типа пожара, такого как быстрое горение или тление. С другой стороны, у каждого извещателя также есть свои недостатки, такие как взвешенные в воздухе частицы с фотоэлектрическими датчиками и влажность или высокая скорость воздуха с ионизационными датчиками.

Сегодняшнее понимание рынка связано с плюсами и минусами для каждого типа датчиков и является значительным по сравнению с пятью или десятью годами ранее. Это ясно видно по смещению мирового рынка от определенных типов сенсорных технологий по той или иной причине. Примером может служить датчик ионизационного типа, который в настоящее время потерял популярность во многих коммерческих приложениях. Ионизационные извещатели принимаются только на определенных региональных рынках и в большинстве случаев предназначены только для конкретных применений.

Поскольку осведомленность о рынке возросла, а потребители стали более образованными, разработчикам продукции необходимо постоянно разрабатывать новые технологии, которые могут быстрее обнаруживать пожары с меньшим количеством нежелательных сигналов тревоги. Это привело к разработке многокритериальных продуктов, которые объединяют различные типы датчиков в однородную сборку, чтобы максимизировать преимущества каждого извещателя.

Основным преимуществом мультикритерия является превосходное отклонение нежелательных сигналов тревоги, таких как сигаретный дым или пар под душем. Упрощенный подход к многокритериальному подходу состоит в том, что сигнал каждого датчика вводится во встроенные программные алгоритмы, которые затем объединяют их и выдают результаты. По сути, он

использует дерево решений с ответами в конце каждой ветви. Конечным результатом может быть либо решение о тревоге, либо обратная связь в другие программные алгоритмы для уточнения того, какое решение будет принимать извещатель. Ключевым фактором в этом процессе является время, которое называют «периодом обработки сигналов». Следует отметить, что многокритериальный извещатель отличается от мультисенсорного извещателя. Мультисенсорный извещатель использует смешанные технологии, которые не взаимодействуют. По сути, нет единого процесса принятия решений [6,68].

В России для мультикритериальных извещателей разработали специально ГОСТ Р 57552-2017 «Техника пожарная. Извещатели пожарные мультикритериальные. Общие технические требования и методы испытаний». В соответствии с ним извещатель пожарный мультикритериальный определен, как автоматический извещатель пожарный, контролирующий два или более физических параметров окружающей среды, изменяющихся при пожаре, и обеспечивающий самостоятельно либо во взаимодействии с ППКП формирование сигнала о пожаре на основании результатов обработки контролируемых данных по заданному алгоритму. Таким образом, термин включает в себя мультикритериальные и мультисенсорные извещатели [14,54].

В американском стандарте NFPA 72 дается определение мультикритериальных и мультисенсорных пожарных извещателей отдельно друг от друга [2,24,65]. Если рассматривать мультикритериальные извещатели как сочетание только двух различных сенсоров – дымового и теплового, то требования к таким изделиям изложены в стандартах ISO 7420-15 [61] и EN 54-29 [59], а газового СО и теплового – в стандартах ISO 7240-8 [62] и EN 54-30 [60].

### **1.5 Выводы по первому разделу**

Проанализировав всю историю развития и работоспособность пожарной сигнализации, было выявлено, что борьба за экономию средств привела к значительному снижению устойчивости к внешним помехам, формированию

большого количества ложных срабатываний и как следствие, привело людей к сильному недоверию к работе систем пожарной сигнализации.

Неадресные системы пожарной сигнализации с пороговыми извещателями нашли широкое применение, благодаря относительно невысокой стоимости, простоте обслуживания и длительному сроку возможной эксплуатации. В условиях конкуренции простые и дешевые системы с знакопостоянным напряжением в шлейфе сигнализации, постепенно вытеснили более совершенные, но дорогие системы со знакопеременным сигналом в шлейфе. При использовании такой системы поиск помещения, в котором сработал пожарный извещатель, необычайно затруднен в случае ложного срабатывания, а в случае реального пожара приводит к значительному задержки времени начала тушения и увеличению материальных потерь. Так же при коротком замыкании или обрыве может отключиться большая часть пожарных извещателей. Слабым звеном существующих отечественных систем является отсутствие изоляторов короткого замыкания в каждом адресном устройстве, что снижает живучесть системы в случае короткого замыкания адресной сигнальной линии. Применение групповых изоляторов короткого замыкания имеет ряд ограничений и значительно удорожает систему. Еще одной серьезной проблемой является тот факт, что протокол организации взаимодействия с адресно-аналоговыми извещателями и другими адресными устройствами, включаемыми в адресную сигнальную линию, строго конфиденциален. Адресно-аналоговые извещатели и устройства одного производителя принципиально несовместимо с подобными изделиями другого производителя. Для программирования и конфигурации систем требуются специально подготовленные специалисты. Причины неустойчивой работы системы в процессе эксплуатации не могут быть изучены и устранены, так как протокол адресной сигнальной линии фактически закрыт для посторонних специалистов.

Так же анализ устройств различных типов извещателей показал, что класс простых электромеханических извещателей практически исчез и

превалируют микропроцессорные извещатели. Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» гласит, что применение современных систем пожарной автоматики должны обеспечивать сохранение живучести систем в течении времени эвакуации людей [52].

Все это привело к разработке адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией. Кольцевая адресная система с изоляторами короткого замыкания обеспечит живучесть системы при коротком замыкании и обрыве. Упрощенная система адресации ускорит монтаж на объекте. Мультикритериальные извещатели подключенные к шлейфу, обладающие дымовыми и тепловыми сенсорами, способны с большей достоверностью обнаруживать очаг на ранней стадии развития пожара.

В следующих разделах будет рассказываться, как работает данная система, описаны методики и результаты проведения экспериментов, подтверждения сохранения работоспособности системы в условиях воздействия мешающих факторов.

## **2 Методика испытаний адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией**

Испытания адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией был проведен при помощи следующего оборудования:

- стендовый пульт контроля и управления «ДЭМП» ДТ №1;
- кабель гибкий огнестойкий «Саламандра» КГОс-нг(А)-FRLS 4x075;
- три мультикритериальных пожарных извещателя двойного назначения со встроенным изолятором короткого замыкания под номерами 2\_03, 2\_08 и 3\_04;
- лабораторный источник питания НУ5003;
- осциллограф цифровой запоминающий АКПП-4122/2;
- тестовый объект на 0,12 дБ;
- металлизированный полипропиленовый пленочный конденсатор
- резистор металлопленочный на 51 Ом MF-25 (С2-23) 0.25 Вт;
- резистор керамический на 120 Ом YAGEO 1646 5Вт.
- устройство для электроимпульсных помех;
- пирометр GM320;
- технический фен Bosch GHG 660 L CD.

С правой стороны стенда «ДЭМП» подключалась кольцевая линия связи (шлейф), на которой включались три пожарных извещателя двойного назначения для измерения уровня дыма и температуры с изоляторами короткого замыкания (мультикритериальные пожарные извещатели).

Структурная схема подключения шлейфа пожарной сигнализации представлена на рисунке 2.1.

Мультикритериальный пожарный извещатель разработан на базе корпуса извещателя ИП 212-3СУ (базовый вариант). В конструкцию пожарного извещателя, представленного на рисунке 2.2, входят следующие элементы:

- внешний корпус (белого цвета) с присоединительными контактами и

электронной платой обработки сигналов;

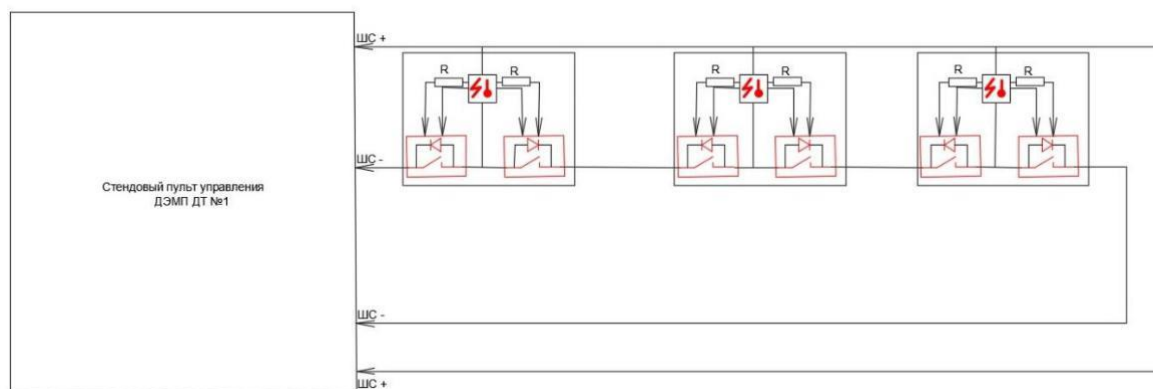


Рисунок 2.1 - Структурная схема подключения ШПС

- оптическая дымовая камера (чёрного цвета), которая должна обеспечивать свободный доступ для воздушных потоков, исключая влияние внешнего света от светодиода и фотоприемного устройства (ФПУ «ДЭМП») и расположенная таким образом, чтобы исключить прямое попадание излучения светодиода на фотодиод и максимально воспринимать свет, отраженный от частиц дыма. Конструкция дымовой камеры не должна вносить значительных изменений в направление воздушного потока и должна обеспечивать вентилируемость дымовой камеры.

- температурный канал, реагирующий на изменения температуры в воздухе.

- индикатор связи, мигающий в дежурном режиме зеленым цветом и при режиме тревоги красным цветом.

С левой стороны стенда «ДЭМП» подключался лабораторный источник питания, который выдал на стенд напряжение 24В для работы всей системы пожарной сигнализации. Сверху к стенду «ДЭМП» подключался осциллограф, который показывал изображение двумерного графика зависимости напряжения от времени, где по горизонтальной оси измеряется время, по вертикальной — напряжение.

На стенде «ДЭМП» имеется дисплей, который показывал значения дымового или теплового сенсора в условных единицах, при включении



специальной кнопки адреса датчика, кнопка включения и выключения питания, а также кнопка, подающая команду мультикритериальным датчикам. На рисунке 2.3. представлена кольцевая система пожарной сигнализации.

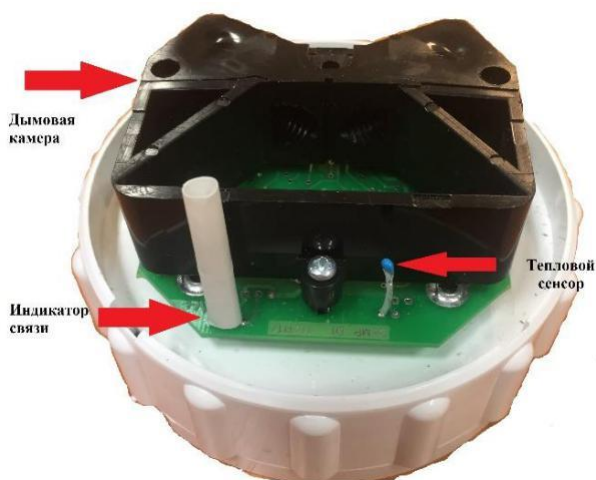


Рисунок 2.2 - Конструкция мультикритериального датчика

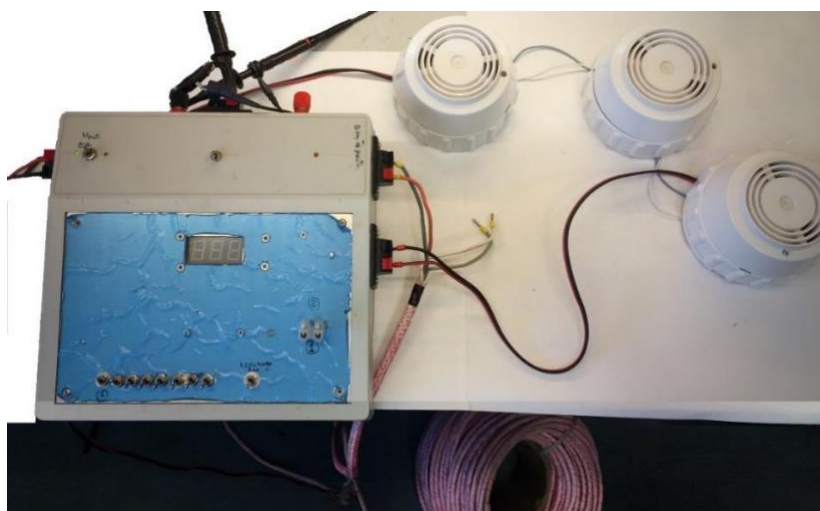


Рисунок 2.3 - Кольцевой шлейф пожарной сигнализации

Для подтверждения сохранения работоспособности системы в условиях воздействия мешающих факторов необходимо ряд предварительных исследований и экспериментов:

- исследования влияния параметров линии связи (шлейфа);
- исследования сохранения работоспособности системы при коротком замыкании и обрыве линии связи;

- исследования влияния электроимпульсных помех;
- проверка прохождения команды «квитирование»;
- исследование влияние «длинной линии» на стабильность работы;
- эксперименты по чувствительности и стабильности передачи информации от сенсора дыма;
- эксперименты по чувствительности и стабильности передачи информации от теплового сенсора.

В следующих разделах познакомимся с методикой проведения эксперимента, начиная с чувствительности дымового сенсора в мультикритериальном извещателе.

## **2.1 Исследования измерения чувствительности передачи информации от сенсора дыма**

Дым представляет собой дисперсную систему, состоящую из мелких твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в газах, образующихся при сгорании чего-либо величиной 0,1 мкм и меньше. При повышении температуры увеличивается токсичность дымовых газов. Для быстрого обнаружения очага пожара дымовой пожарной извещатель должен обладать высокой чувствительностью. Чувствительность извещателя пожарного дымового должна быть указана в технической документации и находиться в пределах от 0,05 до 0,20 дБ/м<sup>-1</sup> в соответствии с п.4.7.1.1. ГОСТ Р 53325-2012 «Технические средства пожарной автоматики. Общие требования и методы испытаний» [12]. Во время эксплуатации ИПД необходимо периодически контролировать чувствительность извещателей для подтверждения соответствия значения заданному диапазону.

Первым этапом была проверка чувствительности мультикритериальных датчиков требованиям ГОСТ Р 53325-2012 «Технические средства пожарной автоматики. Общие требования и методы испытаний» [12]. Для этого в соответствии с Приложением «Д» упомянутого стандарта, был изготовлен стенд «Дымовой канал». Стенд представляет собой аэродинамическую трубу

замкнутого типа, где поперечное сечение аэродинамической трубы должно быть не менее 305x305 мм. Длина измерительной зоны – не менее 750 мм. Стенд «Дымовой канал» должен обеспечивать повышение температуры контролируемой среды до плюс 55 °С со скоростью не более 1 °С/мин, а также обеспечивать создание скорости воздушного потока от  $(0,20 \pm 0,04)$  до  $(1,00 \pm 0,04)$  м/с.

Стенд «Дымовой канал» представлен на рисунке 2.3. В него входят:

1- вентилятор нагнетания и перемешивания дыма; 2-откидная крышка для установки испытуемого датчика со стеклянным смотровым окном; 3- площадка с поворотным устройством, на которую устанавливается извещатель; 4 - испытуемый ИПД; 5-сенсоры температуры и скорости потока воздуха; 6 - направление потока воздуха; 7-линеаризатор; 8-устройство для измерения удельной оптической плотности; 9-нагреватель; 10-регулятор скорости воздушного потока; 11-отверстие для удаления сажи и чистки.

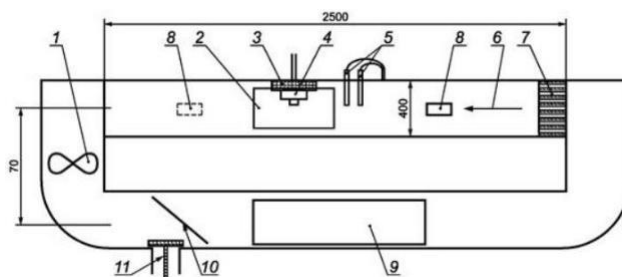


Рисунок 2.3 - Стенд дымовой канал

Мультикритериальный датчик, подключенный к пульту «ДЭМП», который в свою очередь был подключен к блоку питания, подававший напряжение 24 В, помещался в установку «стенд дымовой канал». С помощью вентилятора создавался воздушный поток до 0,7 м/сек. Для источника дыма использовался хлопковый фитиль, который поджигался в режиме тления и по мере наполнения дымом пространства камеры, контролировалось изменение оптической плотности дыма лазерным измерителем оптической плотности дыма. Эксперимент проводился 631 секунду. Далее проводились испытания

на проверку чувствительности теплового сенсора в мультикритериальном извещателе.

## **2.2 Исследования измерения чувствительности передачи информации от теплового сенсора**

В собранном шлейфе пожарной сигнализации в мультикритериальном извещателе проверялся тепловой сенсор. Для измерения чувствительности и стабильности передачи информации от теплового сенсора, использовался технический фен, в котором можно было регулировать температуру воздушного потока на выходе из сопла от 50 до 90 градусов (принудительно ограничено), и пирометр для бесконтактного измерения температуры тел. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта измерения, преимущественно, в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. При помощи пирометра произвели замер температуры теплового сенсора до эксперимента и после. В течении 30 секунд на тепловой сенсор был направлен на расстоянии 20 см. технический фен, который был настроен на температуру воздушного потока 50 °С. В процессе проведения эксперимента фиксировался ток связи температурного интервала, передаваемый самим извещателем и пультом контроля и управления «ДЭМП». Дальше исследовалась работоспособность адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией.

## **2.3 Исследования проверки прохождения команды «квитирование» и влияние параметров линии связи (шлейфа)**

На собранном стенде «ДЭМП» проверялась квитанция о приеме команды. При включении кнопки на стенде пульта управления «ДЭМП» ДТ №1, пульт начал передавать нашему адресному модулю команду, ожидая подтверждения от мультикритериального извещателя, чтобы тот получил команду. При выключении и включении подачи команды, извещатель менял цвет индикатора связи. Проводились измерения токового ответа без включения и с включением команды. Так же проводились измерения длительности

дымового и температурного интервала в мультикритериальном извещателе при нормальных условиях, где извещатель 2\_03 имел первый адрес, извещатель 2\_08 – второй, извещатель 3\_04 – третий.

Для проверки адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией в режиме «Пожар» в дымовую камеру во второй мультикритериальный датчик, который имел второй адрес в системе, вставлялся тестовый объект, который представлял с собой пластинку размером 6,5x3 см., представленный на рисунке 2.4. Он имитировал повышения концентрации дыма на 0,12 дБ.



Рисунок 2.4 - Тестовый объект на 0,12 дБ

В процессе эксперимента проверялось:

- как работают мультикритериальные извещатели вместе с пультом управления в адресных системах пожарной сигнализации с последовательной адресацией;
- как передает извещатель кодовую посылку на стендовый пульт контроля и управления «ДЭМП».

В следующем разделе описывается методика нарушения шлейфа пожарной сигнализации при имитации короткого замыкания между извещателями и обрыва линии.

## **2.4 Исследования сохранения работоспособности системы при коротком замыкании и обрыве линии связи**

Для проверки сохранения работоспособности системы провели имитацию короткого замыкания и обрыв шлейфа. Для короткого замыкания в мультикритериальном датчике использовался небольшой провод, который соединял друг с другом две точки электрической цепи с различными потенциалами на третьем мультикритериальном извещателе.

В ходе эксперимента решались следующие задачи:

- как работает адресная система с последовательной адресацией при обрыве и коротком замыкании;
- что происходит с током при коротком замыкании;
- какую информацию получает пульт управления от извещателя.

Дальше описана методика проведения эксперимента на влияние электроимпульсных помех.

## **2.5 Исследования влияния электроимпульсных помех**

ШПС обматывается длинным проводом два раза от устройства для электроимпульсных помех. При включении устройства для электроимпульсных помех при помощи осциллографа фиксировалось, как влияет помеха на шлейф пожарной сигнализации в режиме «Пожар». Имитация пожара проводилась во втором извещателе. Суть изделия электроимпульсной помехи состоит в том, что реле исходно замкнуто, через него проходит ток, реле притягивается, следовательно, контакт размыкается, ток пропадает и он возвращается обратно. Но в момент размыкания образуется искра средне волнового диапазона. Эта искра является широкодиапазонной достаточно мощной помехой и простым устройством.

Чтобы быть полностью уверенным в стабильности работы системы, проводился эксперимент на влияние «длинной линии».

## **2.6 Исследование влияние «длинной линии» на стабильность работы**

К шлейфу адресной системы пожарной сигнализации постепенно

подключали конденсатор 0,22 мкФ и сопротивление 50 Ом, а потом еще сопротивление изоляции на 7,5 кОм и 120 Ом. К началу шлейфа подключили конденсатор до сопротивления, а потом после сопротивления. При помощи пульта управления мы наблюдали, как влияет длинная линия на стабильность работы.

Схема подключения представлена конденсатора и сопротивления на рисунке 2.5

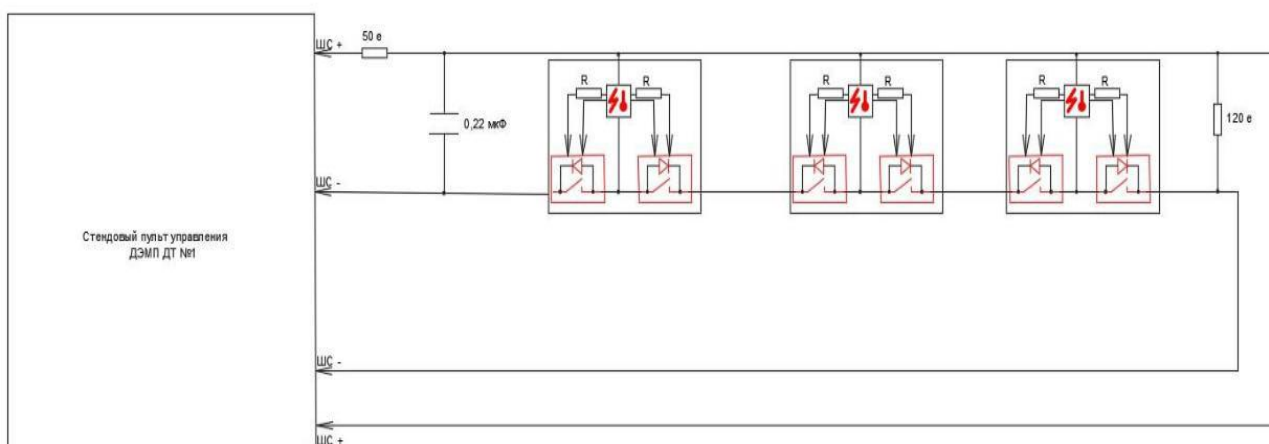


Рисунок 2.5 - Схема подключения конденсатора и сопротивления провода

## 2.7 Выводы по второму разделу

В этом разделе описывалось оборудование, которое использовалось для проведения эксперимента, а также методика проведения эксперимента на проверку работоспособности адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией в условиях воздействия мешающих факторов.

### 3 Экспериментальные исследования адресной системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией

#### 3.1 Результаты исследования измерения чувствительности передачи информации от сенсора дыма

Представлена на рисунке 3.1 диаграмма результатов исследований в установке «Дымовой канал» по ГОСТ Р 53325-2012 [12], на которой показаны результаты измерений оптической плотности дыма от тестового очага (тлеющий фитиль) в течение времени 631 сек.

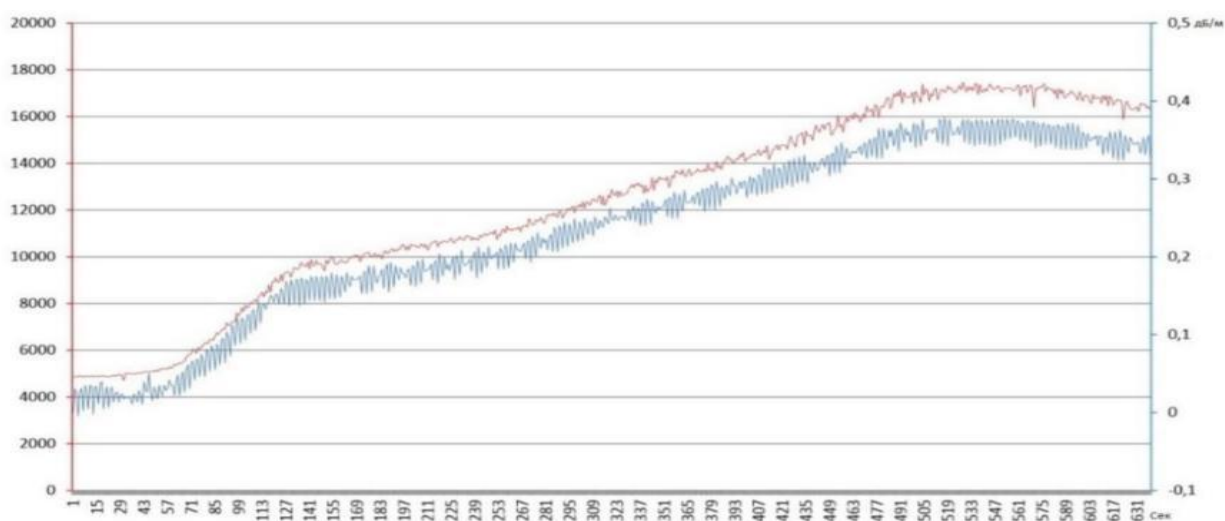


Рисунок 3.1 - Результаты измерений оптической плотности дыма от тестового очага

Синим цветом обозначены показатели, полученные с помощью лазерной измерительной системы ИОПД-2 (измеритель оптической плотности дыма, модель 2) - лазерный измеритель для определения чувствительности дымовых извещателей.

Красным цветом обозначены показания экспериментального образца дымового пожарного извещателя со встроенным изолятором короткого замыкания, переданные по линии «ДЭМП» и отраженные на индикаторах имитатора приемно-контрольного прибора в условных единицах до 20 000.

В таблице 3.1 представлено измерения дымового пожарного извещателя по трем характеристикам: измерения прозрачности среды, показания стенда и



длительность интервала I.

Таблица 3.1 - Результаты дымления дымового пожарного извещателя в дымовом канале

Измерение прозрачности среды, дВ	Показания стенда, условные единицы	Интервал I, мс
Ток связи	60	3,9-1,6=2,3
0,01	180	6,8-1,6=5,2
0,12	300	10,3-1,6=8,7
0,2	400	13,2-1,6=11,6
0,4	800	21,4-1,6=19,8

Анализ показателей показывает на диаграмме практически их полное совпадение, из чего можно сделать вывод, что предложенный способ передачи информации по кольцевой линии связи ДЭМП (эстафета) обладает хорошей стабильностью и не вносит искажений. По результатам дымления, такие значения будут программироваться в самих извещателях на производстве.

### **3.2 Результаты исследования измерения чувствительности передачи информации от теплового сенсора**

Результаты исследования измерения чувствительности передачи информации от теплового сенсора представлены в таблице 3.2. Эксперимент проводился в течении 30 секунд, при помощи пирометра перед началом и в конце эксперимента измерили температуру окружающей среды, которая была равна в начале +28 °С, в конце +53 °С.

Таблица 3.2 - Результаты чувствительности теплового канала

Время, сек	Измерения стенда, условные единицы	Измерение датчика, мс	Температура °С
1	171	6,9	28
2	171	6,9	28
3	170	6,9	28
4	229	8,4	34

Продолжение таблицы 3.2

Время, сек	Измерения стенда, условные единицы	Измерение датчика, мс	Температура °С
5	284	10	41
6	327	11	45
7	379	12,4	49
8	441	14	55
9	441	14	55
10	420	13,4	52
11	419	13,4	52
12	416	13	51
13	448	14,2	55
14	508	15,9	60
15	514	16,0	61
16	485	15,3	58
17	468	14,9	57
18	428	13,6	53
19	368	12,2	48
20	369	12,2	48
21	351	11,8	47
22	333	11,2	45
23	325	11	44
24	351	11,8	47
25	384	12,4	48
26	375	12,2	48
27	409	13	51
28	424	13,6	53
29	421	13,6	53
30	424	13,6	53

В таблице температура определяли по току связи, полученные от температурного датчика с помощью калибровочной таблицы терморезистора NCP15 «Murata». По диаграмме (рисунок 3.2) видно, что через 14 секунд после начала эксперимента температура дошла до 60 °С, следовательно перешла в режим «Пожар».

Зеленым цветом обозначены показатели, полученные с помощью стендового прибора управления «ДЭМП», а синим цветом показано, как возрастала температура на чувствительном элементе на протяжении 30 секунд. Из чего можно сделать вывод, что в мультикритериальном извещателе термочувствительный элемент обладает хорошей стабильностью, высокой чувствительностью, а сам кольцевой шлейф сигнализации не вносит искажений.

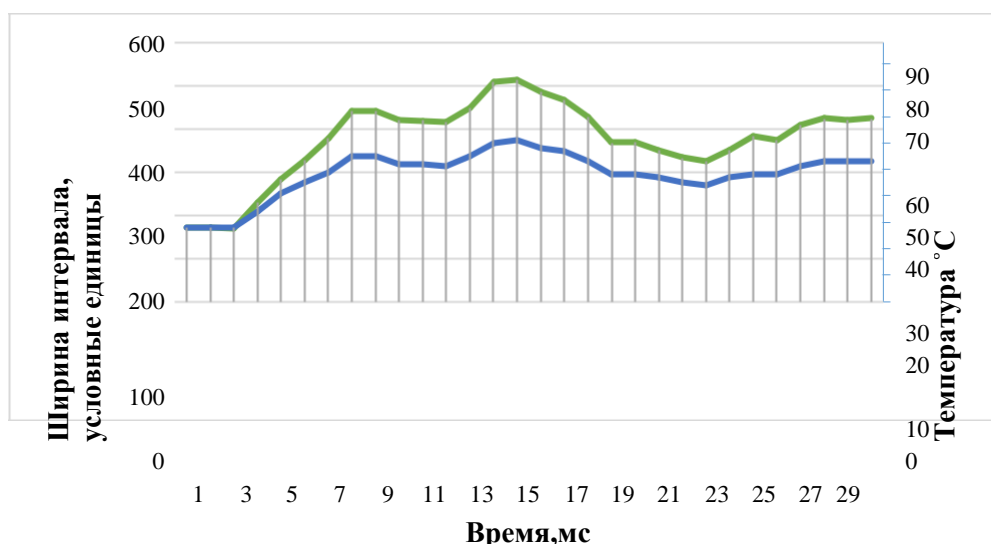


Рисунок 3.2 - Результаты измерений длительность импульса тока от времени

### 3.3 Результаты исследования проверки прохождения команды «квитирование» и влияние параметров линии связи (шлейфа)

Обработка в пульте управления, соответственно, производится по двум программам с двумя массивами хранения данных. Переход от интервала к интервалу производится чисто логическим путём без передачи фронта питания. Таким образом, после включения питания в силовую линию датчики работают по очереди, один за другим до последнего датчика, имеющего максимальный адрес. Скорость передачи одного адреса 10 мс. Пульт управления должен следить за тем, что все интервалы находятся в допустимых пределах. Количество адресов соответствует запрограммированному значению. Если количество интервалов уменьшилось, то причиной может быть неисправность датчика или линии. Если цикл прошёл нормально, то все измеренные значения хранятся в памяти контроллера.

На рисунке 3.3 показано, что на первый адрес приходит напряжение 12 В, и передает токовый ответ 50 мА длительностью интервала 1,6 мс, для того чтобы все схемы «проснулись» и зарядился конденсатор для получения энергии для инфракрасного светодиода. После чего, инфракрасный

светодиод камеры «выстреливает» и схемы запоминают уровень ответа принятым фотоприёмным устройством, потом обрабатывается информация и передает на пульт управления ширину интервала 2,3 мс. Пульт контроля и управления «ДЭМП» измеряет полный интервал I, которая в нормальном режиме равна 60 условных единиц, где ширина интервала равна 3,9 мс. Каждый адрес датчика приходит на пульт управления в виде двух интервалов: первый интервал – дым, второй – температура. Нечётные измерительные интервалы предназначены для передачи уровня дыма, а чётные - для передачи уровня температуры. Оба интервала формируются одним изделием, поэтому они принадлежат одному адресу. Активная работа датчика происходит, когда он производит измерение прозрачной среды (дыма) в I интервале и измерение температуры воздуха во II интервале.

Дальше передается ширина интервала II, которая измеряется от конца дымового интервала первого извещателя до начала дымового второго извещателя. На стенд приходит измерение интервала II равной 116 условных единиц, передаваемая длительность импульса тока 5,49 мс., определяемая согласно калибровочной таблице терморезистора NCP15 «Murata».

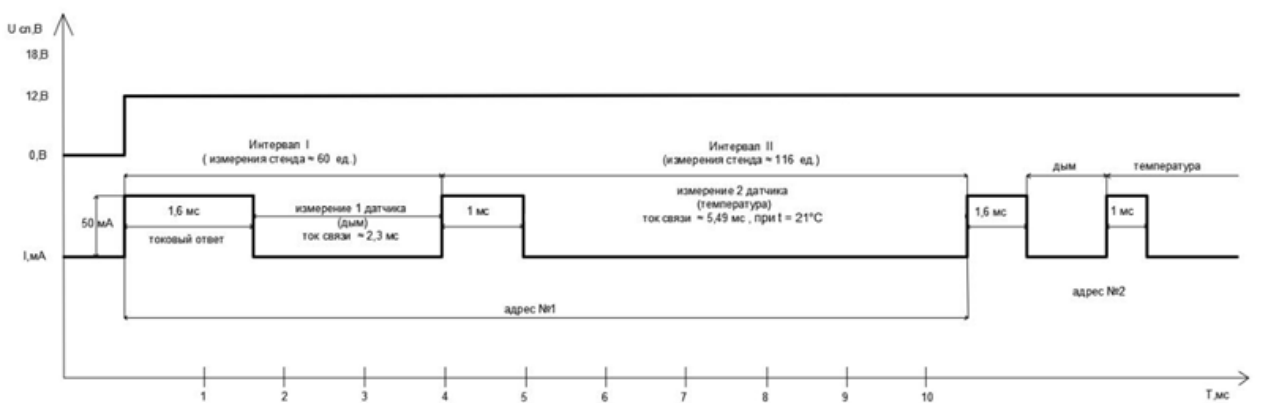


Рисунок 3.3 - Циклограмма адресного аналогового шлейфа с последовательной адресацией и двумя измерительными интервалами в адресе (эстафета)

Режим «квитирование», обеспечивает пожарную сигнализацию принятием сигнала «Пожар» путем изменения проблескового сигнала с зеленого на красный. Квитирование - сообщение или сигнал, выдаваемый в

ответ на принятое сообщение [12]. В дежурном режиме индикатор связи на извещателях горит зеленым цветом. При приеме команды от пульта управления на мультикритериальный пожарный извещатель, индикатор связи горит красным цветом. Для понимания всей картины, на рисунке 3.4 представлена циклограмма адресно-аналогового шлейфа с последовательной адресацией при включении команды управления.

Пульт управления передает напряжение сигнальной линии 12 В на начало адресного цикла, получая токовый ответ 50 мА и измерения первый и второй адрес дымового и температурного интервала. После начала получения температурного интервала примерно через 2 мс пульт поднимает напряжение сигнальной линии до команды управления 18 В для передачи на третий адрес извещателя в I интервал датчика (КУ1).

Ток ответа дымового импульса третьего адреса повысился до 75 мА при получении команды управления. Получается ток ответа при получении команды управления выше, чем в дежурном режиме, что является квитированием команды управления. Примерно через 1 мс напряжение снижается после приема токового ответа данного интервала третьего адреса датчика.

После начала полного дымового интервала четвертого адреса ситуация повторяется, только в этот раз команда управления передаётся в четвертый адрес интервала II (КУ2). Так же команда управления может подаваться сразу в оба интервала одного адреса (КУ1+КУ2). Напряжение повышается до 18 В и пульт снижает до 12 В через 0,5-1 мс после токового ответа температурного интервала.

Окончание адресного цикла происходит после короткого замыкания проводов сигнальной линии после четвертого адреса. Извещатель пытается включить линию дальше, но видит, что ток повысился до 100 мА, срабатывает ограничитель тока и в течение 5 мс сигнал короткого замыкания видит пульт контроля и управления «ДЭМП», который снижает напряжение в линии и завершает адресный цикл.

При подаче команде управления 1 (КУ1) в начале адресного цикла передается кодовая посылка в эстафетном шлейфе, представляющая собой 8 битный код двоичной системы, в котором защищена информация о типе устройства, его исполнении, а также уникальный номер.

На рисунке 3.5 представлена циклограмма адресно аналогового шлейфа с последовательной адресацией при подаче кодовой посылки. Длительность импульса равна 200 мс, в первом интервале сначала идет токовый ответ 1 мс, пауза 1 мс, кодовая посылка, состоящая из двоичной системы 0 и 1 (8 импульсов), где длительность тока 0 равна 400 мс, 1 - 600 мс. После кодовой посылки идет импульс окончания кодовой посылки, пауза и начинается новое измерение 2 с токового ответ 2.

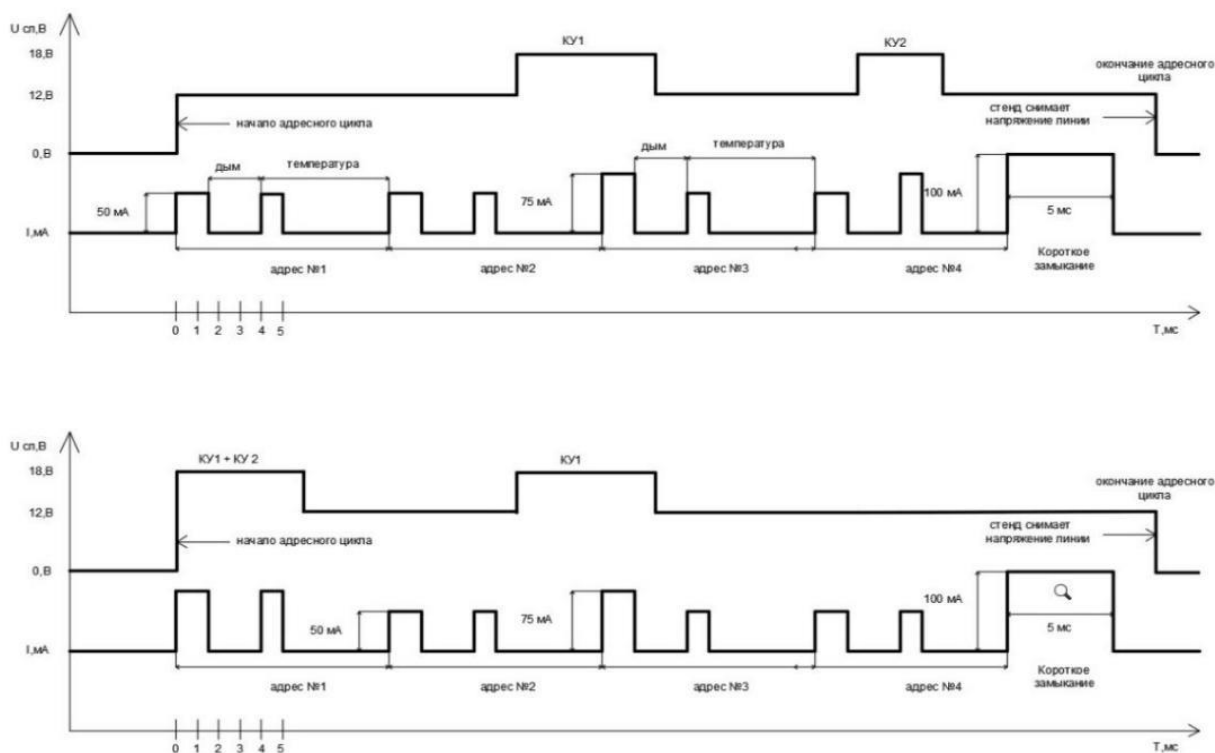


Рисунок 3.4 – Циклограмма адресно-аналогового шлейфа с последовательной адресацией при включении команды управления

На рисунке 3.6 представлено три адреса мультикритериальных пожарных извещателя, имеющих на одном адресе два интервала. Извещатель 2\_03 имеет первый адрес, извещатель 2\_08 – второй, извещатель 3\_04 – третий. Буквой а на рисунке обозначен импульс напряжения, b - ток связи. В

стендовом пульте управления встроено табло, которое показывает значения тока связи в условных единицах. При нормальных условиях интервал дыма варьируются от 50-100 условных единиц, а температура до 160 условных единиц.

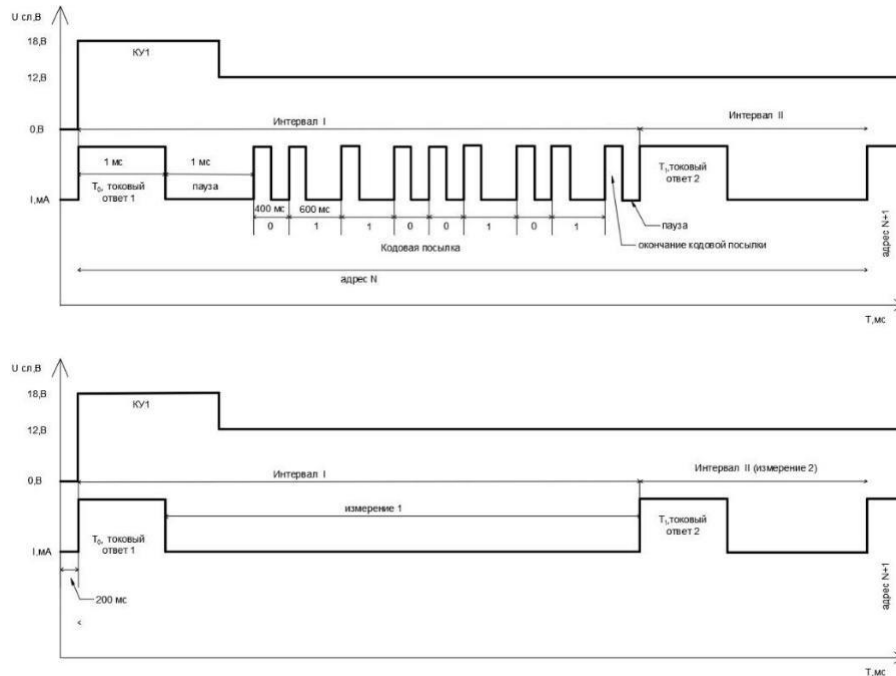


Рисунок 3.5 - Циклограмма адресно-аналогового шлейфа с последовательной адресацией при включении команды управления для подачи кодовой посылки

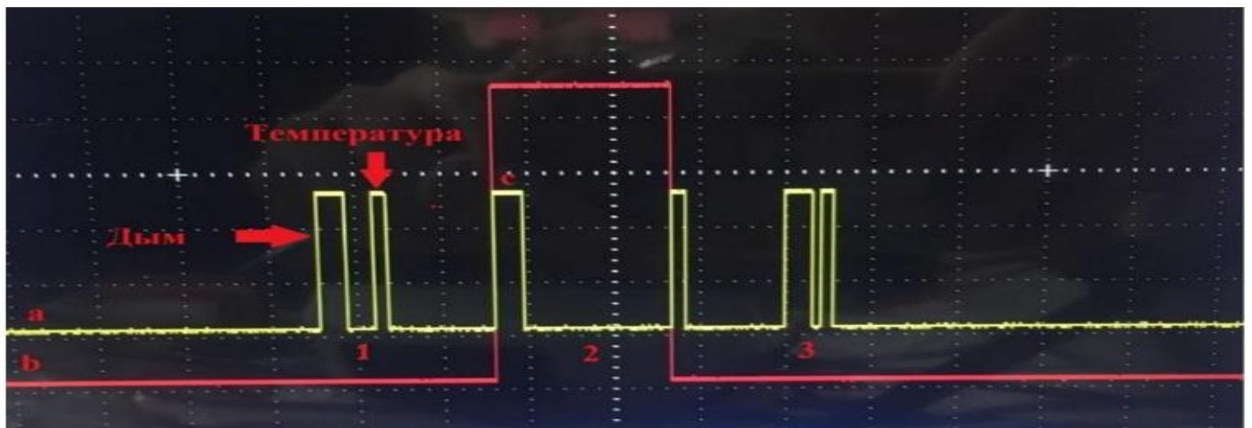


Рисунок 3.6 - Длительность интервалов всех пожарных извещателей (масштаб по горизонтали – 2 мс/дел, по вертикали а-1В/дел, b-2В/дел)

Результаты исследования в нормальных условиях и режиме «Пожар» дымового и теплового канала представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Результаты в нормальных условиях и режиме «Пожар»

Номер датчика	Режим «Норма», условные единицы		Длительность интервала, мс		Режим «Пожар», условные единицы	Длительность интервала, мс
	дым	тем-ра	дым	тем-ра	дым	дым
2_03	75	161	2,7	6,4	300	8,7
2_08	109	163	2,8	6,6	300	8,7
3_04	85	166	3	6,7	298	8,7

С помощью изображения на осциллографе определили длительность интервала в нормальных условиях дымового и теплового канала. Например, в нормальных условиях первый в адресной линии мультикритериальный извещатель передал на стендовый пульт управления данные о дымовом интервале, который равен 75 условных единиц, на осциллографе график показывал, что в дымовом интервале сначала передается токовый интервал (d), а после длительность интервала (e) равной 2,4 мс. (рисунок 3.7а)

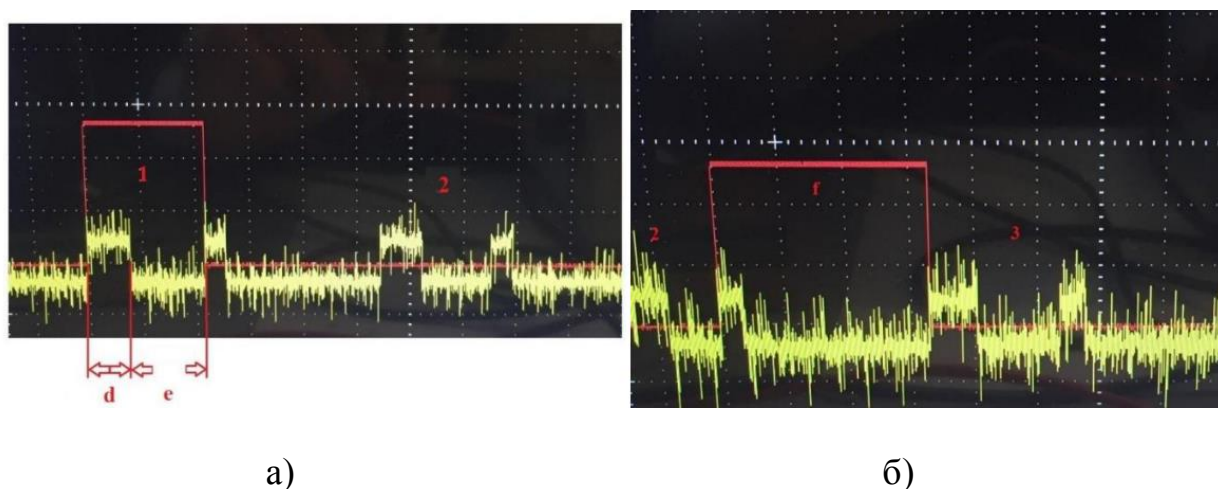


Рисунок 3.7 - Ширина дымового интервала и температурного интервала (масштаб по горизонтали – 2 мс/дел, по вертикали а-50 мВ/дел, б-2В/дел)

Тепловой канал на втором адресе пожарного извещателя, который соответствует 4 интервалу равен 163 условных единицы. На осциллографе график показывает, что полный интервал (f) равна 6,6 мс, это примерно в помещении 26 °С. (рисунок 3.7б).

При имитации в извещателе «Пожар» при помощи тестового объекта



на 0,12 д/Б пульт контроля и управления пришла информация, что на втором адресе длительность интервала дыма, поднялась до 300 условных единиц. На рисунке 3.8 видно, что при сигнале «Пожар» увеличилась длительность дымового интервала, который был равен 8,7 мс.

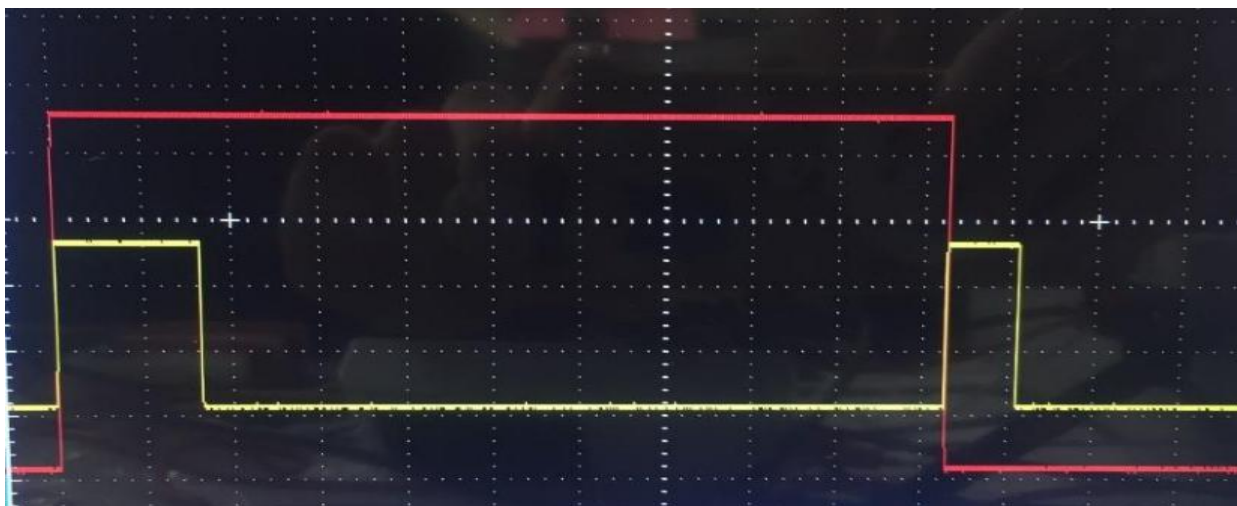


Рисунок 3.8 - Длительность дымового интервала в режиме пожар (масштаб по горизонтали – 1 мс/дел, по вертикали а-1В/дел, б-2В/дел)

Каждый извещатель, получив питание, проводит измерение, и в зависимости от уровня измеренного значения плотности дыма или уровня температуры, передаёт раньше или позже питание на следующий датчик. Чем больше измеренное значение, тем позже передаётся фронт питания. Пульт управления «видит» моменты передачи питания по импульсам тока в ШПС.

Таким образом, после включения питания в кольцевую линию мультикритериальные извещатели работают по очереди, один за другим до последнего датчика, имеющего максимальный адрес. Из всего это можно сделать вывод, что предложенный способ передачи информации по кольцевой линии связи «ДЭМП» (эстафета) обладает хорошей стабильностью.

### **3.4 Результаты исследования сохранения работоспособности системы при коротком замыкании и обрыве линии связи**

Адресная система с последовательной адресацией позволяет не только

опрашивать все адреса в нормальном состоянии, при коротком замыкании или обрыве, но и по окончании опроса оставлять линию под напряжением на любое необходимое время. Это может пригодиться для установки извещателей, требующих достаточного времени для заряда ионистора или прогрева сенсора, а также для установки табличек и других устройств.

При коротком замыкании у нас срабатывает защита самого извещателя, то есть до короткого замыкания линия будет работать, а после будет ограничена по току. После ответа первого и второго извещателя, что произошел резкий скачок тока, являющийся коротким замыканием, система дальше перестала работать. На рисунке видно, как второй извещатель передает длительность импульса дымового интервала – 1,8 мс (рисунок 3.9), после чего сразу передал длительность температурного интервала до короткого замыкания – 6,6 мс. При нормальных условиях высота импульса равна 50 мА, но как только происходит короткое замыкание, высота импульса возрастает до 100 мА.

В случае возникновения короткого замыкания или обрыва в течение опроса линии в предыдущих адресах или в статическом включённом состоянии пульт мог выключить линию и произвести повторный опрос. При этом, перед коротким замыканием опрос остановился и часть линии может работать. Следующие адреса после места короткого замыкания или обрыва, опрашивались в обратном порядке от последнего адреса до места короткого замыкания или обрыва. Несмотря на то, что фронт питания распространяется в обратном направлении, интервалы дыма и температуры местами не меняются: всегда сначала дым, потом температура. Из чего можно сделать вывод, что даже при наличии неисправности будут опрошены почти все извещатели. В крайнем случае, теряется только один адрес, это когда неисправность в датчике по этому адресу. Кольцевой шлейф в реверсивном режиме обеспечивает живучесть линии почти 100%.

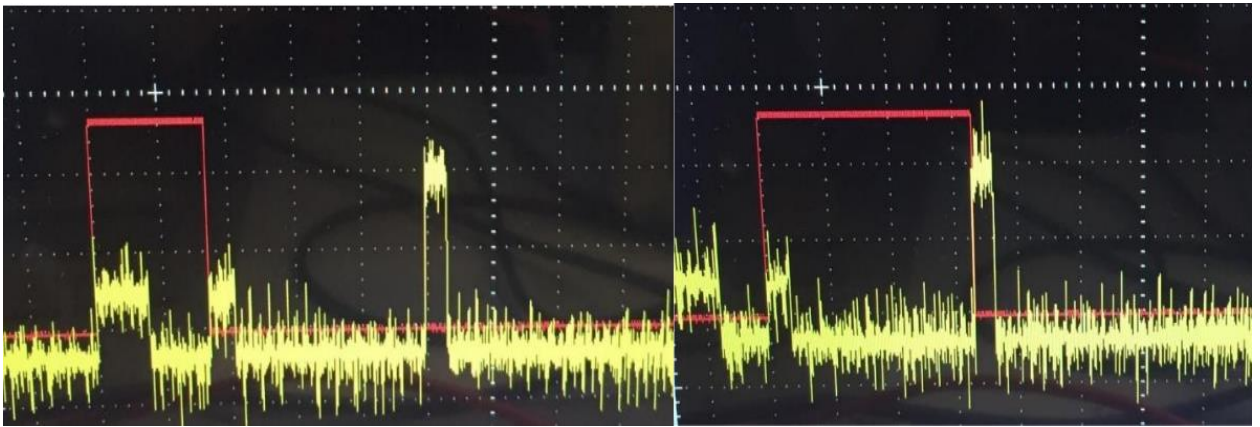


Рисунок 3.9 - Длительность и температурного интервала до короткого замыкания (масштаб по горизонтали – 2 мс/дел, по вертикали а-50 мВ/дел, б- 2В/дел)

### 3.5 Результаты исследования влияния электроимпульсных помех

Влияние электроимпульсных помех при помощи устройства в режиме пожар на длинной линии представлено на рисунке 3.10

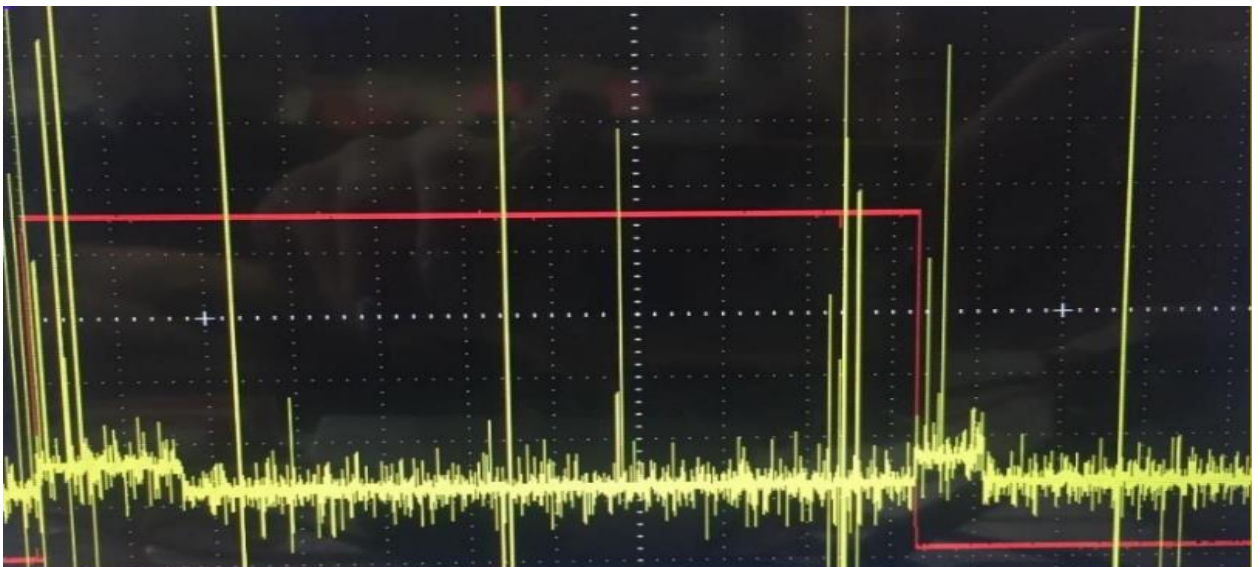


Рисунок 3.10 - Влияние электроимпульсных помех (масштаб по горизонтали – 1 мс/дел, по вертикали а-100 мВ/дел, б-1В/дел)

По рисунку видно, что уровень помех гораздо выше токового ответа, но из-за помех могут быть не точные сигналы. После усовершенствования детектора сигнала в пульте контроля и управления стенда «ДЭМП» эта проблема решилась, после чего передача сигнала при помехах дает незначительные искажения (рисунок 3.11).

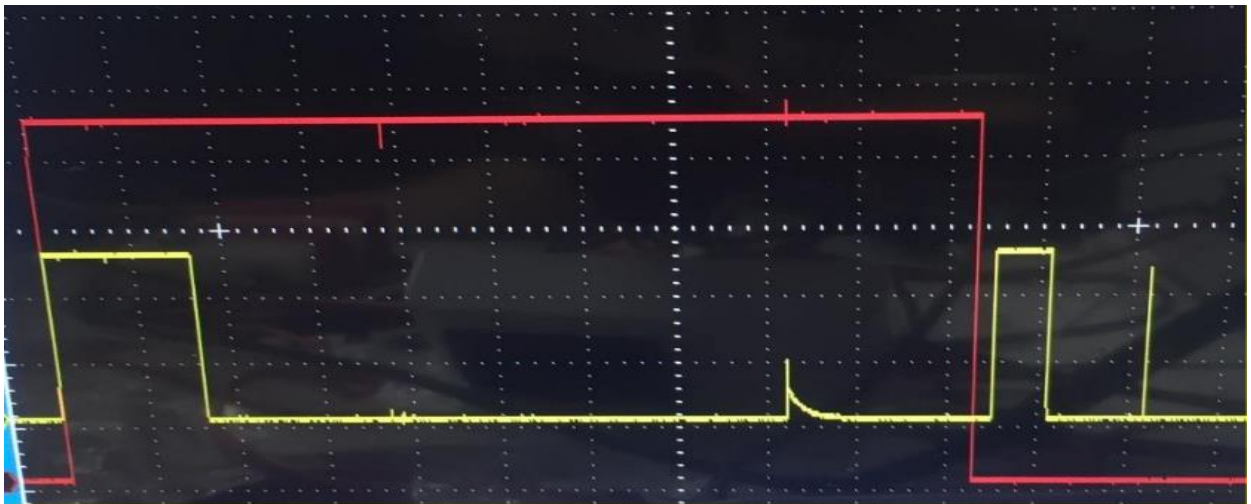


Рисунок 3.11 - Влияние электроимпульсных помех после усовершенствованного детектора сигнала (масштаб по горизонтали – 1 мс/дел, по вертикали а- 2В/дел, б-1В/дел)

Из этого можно сделать вывод, что даже при наличии помех, адресная система последовательной адресацией будет работать исправно и является помехоустойчивой.

### **3.6 Результаты исследования влияние «длинной линии» на стабильность работы**

При подключении сопротивления 50 Ом в начало шлейфа адресной системы пожарной сигнализации, второй мультикритериальный извещатель передал на пульт управления ширину дымового интервала в режиме «Норма» и был равен 111 условных единиц, без подключения сопротивления – 78 условных единиц. Длительность интервалов примерно будет равна 2-3 мс. Результаты измерений не изменились при подключении еще в сигнальную линию пожарной сигнализации конденсатора 0,22 мкФ. От местоположения конденсатора до и после сопротивления, результаты так же не изменились.

При режиме «Пожар» ширина дымового интервала равен 300 условным единицам, следовательно, длительность интервала равен 8,7 мс. При подключении сопротивления ширина интервала увеличилась на 30 условных единиц, длительность интервала – 10 мс. При подключении к кольцевому

шлейфу эквивалент «длинной линии» сопротивления 50 Ом и конденсатор 0,22 мкФ в режиме «Пожар» пульт управления показал, что ширина интервала равна 338 условных единиц, где длительность - 11 мс. Если подключить к шлейфу пожарной сигнализации только емкость, ширина интервала не изменилась, как было 300 единиц, так и осталось.

При подключении сопротивление изоляции 7,5 к Ом и 120 Ом длительность интервала в режиме «Пожар» не изменилась. Благодаря этим результатам видно, что при использовании на больших расстояниях, шлейф пожарной сигнализации будет стабильно работать, и не будет вносить искажения.

### **3.7 Выводы по третьему разделу**

Сигнальная линия с последовательной адресацией (эстафета) с передачей информации аналоговым (временно-импульсным) путём осуществляет переход от интервала к интервалу чисто логическим путём без передачи фронта питания. Таким образом, после включения питания в силовую линию, датчики работают по очереди, один за другим до последнего датчика, имеющего максимальный адрес, чередуют 2 интервала: нечетный интервал - дым, четный - температура. Скорость передачи одного адреса 10 мс. Обработка в пульте управления соответственно производится по двум программам с двумя массивами хранения данных.

Сигнальные линии двухпроводные типа ДЭМП формируют токовый сигнал ответа 1,6 мс в начале адресного периода, а не в конце. Результаты проверки чувствительности передачи информации от сенсора дыма и температурного сенсора показали, что мультикритериальный извещатель обладает хорошей стабильностью и высокой чувствительностью, уменьшая ложные срабатывания. В дежурном режиме на мультикритериальном извещателе, индикатор связи горит зеленым цветом, при приеме команды от пульта контроля и управления «ДЭМП» на мультикритериальном пожарном извещателе, индикатор связи цвет меняет на красный. Также при помощи подачи контроля управления в первом интервале можно передать кодовую

посылку в виде 8-битного кода, в котором защищена информация о типе устройства, его исполнении, а также уникальный номер.

При проверке работоспособности адресная система с последовательной адресацией, выявлено, что система работает исправно. При первичных испытаниях столкнулись с проблемой передачи токового сигнала с помехами, после усовершенствования детектора сигнала в пульте контроля и управления стенда «ДЭМП» эта проблема решилась.

В случае возникновения в шлейфе пожарной сигнализации короткого замыкания или обрыва в течение опроса линии, пульт контроля и управления может выключить линию и произвести повторный опрос. Повторный опрос проходит до места возникновения нарушения шлейфа, после чего пульт начинает опрашивать линию в обратном порядке от последнего адреса до места короткого замыкания или обрыва.

При опросе шлейфа в обратном порядке интервалы дыма и температуры местами не меняются: всегда сначала дым, потом температура. При подключении сопротивления 50 Ом, сопротивления изоляции 120 Ом и конденсатор 0,22 мкФ результаты показали, что использовании на больших расстояниях, шлейф пожарной сигнализации будет стабильно работать, и не будет вносить искажения.

Анализ характеристик протокола «ДЭМП» дает основания для создания на его основе системы пожарной сигнализации с последовательной адресацией с кольцевой структурой построения и изолятором короткого замыкания в каждом извещателе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технические средства противопожарной защиты являются важнейшими средствами предотвращения пожара, своевременного обнаружения и обеспечения безопасной эвакуации людей. Для минимизации вреда здоровью и жизни людей, в случае уже возникшего пожара, во время эвакуации должна быть обеспечена безопасность. Чтобы обеспечить безопасность людей, необходимо соблюдение требований действующих норм и правил, которые предъявляются к средствам противопожарной защиты. Важнейшей ее функцией является способность обнаруживать опасные факторы пожара на ранней стадии возгорания в процессе эксплуатации.

Автоматические системы пожарной сигнализации являются важными средствами противопожарной защиты, своевременно обнаруживающие очаги возгорания и проводящие эвакуацию людей в безопасную зону. Анализ нормативной базы показывает, что наиболее распространенными техническими решениями, обеспечивающими защиту большинства объектов защиты, являются приемно-контрольные приборы пожарной автоматики, в шлейфах которых включены извещатели пожарные дымовые. Обладая высокой чувствительностью, пожарный извещатель способен формировать сигнал еще на этапе тления материалов, когда продукты горения не представляют реальной опасности для людей.

При тепловом воздействии на шлейф пожарной сигнализации может произойти короткое замыкание или обрыв шлейфа, приведя в не работоспособное состояние весь шлейф, больше половины или меньше половины шлейфа. Для повышения работоспособности шлейфов пожарной сигнализации, предлагается перейти с радиального шлейфа на кольцевой с помощью сигнальной линии и последовательной адресацией (эстафета) с передачей информации аналоговым (временно-импульсным) путём. Это упрощает работу системы и обладает 100% живучестью при одном коротком

замыкании или обрыве. В развитии данная система будет передавать не только цифры, но и специальный код «буквы», так как в ней установлена 8 битная кодировка. При снятии датчика, пульт управления будет, знать какого именно будет не хватать. Недостаток такой системы заключается в том, что при добавлении в середину шлейфа пожарной сигнализации пожарного извещателя, адрес извещателей изменится.

Адресная система пожарной сигнализации с последовательной адресацией по результатам проверки работоспособности системы в условиях воздействия мешающих факторов, обладает хорошей стабильностью и не вносит искажений. По результатам полученных данных при определении чувствительности мультикритериальных пожарных извещателей и точности передачи значения контролируемого параметра по шлейфу сигнализации, можно сделать вывод, что чувствительность датчиков соответствуют ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний» [12]. Благодаря возможности применения в системе мультикритериальных пожарных извещателей, обладающих дымовым каналом и температурным сенсором, будет наблюдаться меньшее количество ложных срабатываний.

Монтаж такой системы не будет требовать специальных знаний по программированию, что позволяет предположить хорошую перспективу замены всех пороговых систем пожарной сигнализации на данный вид системы с последовательной адресацией.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.02.2019).
2. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ “О пожарной безопасности” (действующая редакция, 2017) [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/)(дата обращения: 08.02.2019)
3. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/88497/>(дата обращения: 05.02.2019).
4. Корнев, А.П. Административная деятельность органов внутренних дел. Часть Особенная. Издание второе, исправленное и дополненное. / А.П. Корнев. Учебник – М.: МЮИ МВД России. «Щит-М», 1999. - 362 с.
5. СНИП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – URL:<http://docs.cntd.ru/document/871001022> (дата обращения: 15.03.2019).
6. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 15.03.2019).
7. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: ДЕАН, 2014.
8. Кочетков, С. И. Основы пожарной безопасности в образовательных учреждениях / С.И. Кочетков, А.В. Марченко, С.В. Петров. - Новосибирск : АРТА, 2015–254 с.
9. Корсакова, Т.В. Безопасность образовательного пространства: Проблемы охраны здоровья и безопасности детей подростков в системе образования // Материалы регион. научно-практ. конф., 26-27 марта 2009 г. –

Новосибирск : Изд-во НИПКи ПРО, 2009. – 196с.

10. СП 3.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности” [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 18.03.2019).

11. НПБ “Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций”. Приказ МЧС № 645 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902079274> (дата обращения: 20.03.2019).

12. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" с изменениями от 29.07.2017 [Электронный ресурс]. – URL:[http://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie\\_zakoni/item/5378566](http://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378566) (дата обращения: 21.03.2019).

13. МЧС России [Электронный ресурс]. – URL:[www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru) (дата обращения: 21.03.2019).

14. Бариев, Э.Р. Пожарная безопасность в строительстве: учебн. для высш. учебн. заведений, техникумов и проф.-техн. училищ строит. профиля /Э.Р. Бариев, В.Л. Чеканов.– Мн.: ООО "ФОИКС", 1996. - 223 с.:ил.

15. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие /В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, А.П. Парфененко, М.Н. Кудрин, Р.Н. Истратов, И.Р. Белосохов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. – 262 с.

16. Электронная библиотека пожарной безопасности // [Электронный ресурс]. – URL: <http://wiki-fire.org> (Дата обращения: 23.03.2019).

17. Анашечкин, А.Д. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации. Учебное пособие по дисциплине «Производственная и пожарная автоматика»/А.Д. Анашечкин, С.Н. Терехин, М.С. Левчук, А.В. Лебедев, под общей ред. В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2011.

18. Навацкий, А.А. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация: Учебник / Научн. ред. канд. техн. наук, доц. А.А. Навацкий.–М.: АкадемияГПСМЧСРоссии, 2005.
19. Heskestad G. Fire Plumes, Flame Height, and Air Entrainment / G. Heskestad SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rded. Quincy,MA: NFPA, 2002, P. 2-1 – 2-17.
20. НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях [Электронный ресурс]. – URL:<http://docs.cntd.ru/document/901866573/> (дата обращения: 28.03.2019).
21. ГОСТ Р 53325–2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. [Электронный ресурс]. –URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200102066/> (дата обращения: 28.03.2019).
22. Свод правил СП 5.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. нормы и правила проектирования. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009
23. ISO/FDIS6182-1. Fire protection — Automatic sprinkler systems — Part 1 : Requirements and test methods for sprinklers.
24. Группа компаний Гефест: продукция: Каталог / Под ред. Л. Т. Танклевского. – [б.и.], 2017. – 8 с
25. Группа компаний Гефест: продукция: Каталог / Под ред. Л. Т. Танклевского. – [б.и.], 2017. – 10 с.
26. Fleming R.P. Automatic Sprinkler System Calculations / R.P. Fleming. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rded. QuincyMA: NFPA, 2002, P. 4-72 – 4-87.
27. Heskestad G., Bill R.G., Jr. Quantification of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers Including Conduction Effects // G. Heskestad, R.G. Bill. FireSafetyJournal, 1988, Vol. 14, No. 1-2, P. 113 – 125.

28. Группа компаний Гефест: продукция: Каталог / Под ред. Л.Т. Танклевского. – [б.и.], 2017. – 12 с.
29. Thermalinfo.ru: справочник по свойствам веществ и материалов [Электронный ресурс]. – URL: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/tablitsy-udelnoj-teploemkosti-veshhestv>(дата обращения: 26.03.2019).
30. Fireman.club: сайт пожарных и спасателей [Электронный ресурс]. – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/penoobrazovateli-i-poverxnostno-aktivnye-veshhestva-dlya-tusheniya-pozharov/>(дата обращения: 29.03.2019).
31. Пенообразователь // Википедия. [2013-2018]. Дата обновления 19.02.2018 [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пенообразователь#Пенообразователь\\_для\\_пожаротушения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пенообразователь#Пенообразователь_для_пожаротушения)(дата обращения: 29.03.2019).
32. ЩИТ: пенообразователи для пожаротушения [Электронный ресурс]. – URL: <http://spo.ru/articles/klassifikaciya-i-vidy-penoobrazovatelej-dlya-tusheniya-pozharov>(дата обращения: 29.03.2019).
33. Пенообразователи для пожаротушения типа АFFF и экология// Гаравин, В.Ю., Третьяков, А.В.ЭГИДА: пожаротушающие пенообразователи – 2011 [Электронный ресурс]. – URL:<http://egida-ptv.ru/information/pena-afff-eso>(дата обращения: 02.04.2019).
34. Реакция Саймонса // Википедия. [2012-2018]. Дата обновления: 21.10.2016 [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Реакция\\_Саймонса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Реакция_Саймонса)(дата обращения: 02.04.2019).
35. IRON MAN: противопожарное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <http://firefightingtool.ru/14-2-foam-sprinkler/>(дата обращения: 02.04.2019).
36. Fireman.club: сайт пожарных и спасателей [Электронный ресурс]. – URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/drenchernyie-orositeli-vidyi-modifikatsii-i-parametryi>(дата обращения: 02.04.2019).

37. Виноградов, А.Г. Поглощение лучистого теплового потока в распыленной водяной струе: Дисс. канд. физ.-мат. наук. Чебоксары, 2012. 146 с.

38. ГОСТ Р 50969-96. "Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний". [Электронный ресурс]. – URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200007215>(дата обращения: 02.04.2019).

39. ISO FDIS6182-1. Fire protection – Automatic fire systems – Part 1:Requirements and test methods for fire systems.[Электронный ресурс]. – URL:[http://gost-snip.su/document/fire\\_protection\\_\\_\\_part\\_1\\_requirements/](http://gost-snip.su/document/fire_protection___part_1_requirements/) (дата обращения: 02.04.2019).

40. Тепляков, Б.М. Анализ причин пожаров и обстоятельств, обуславливающих их возникновение // Научный альманах. 2019. N 6 – 1 (56). С. 75-77.

41. Тепляков, Б.М. Анализ современного состояния требований пожарной безопасности на объектах защиты // Вестник научных конференций. 2019. N 4 – 1 (44). С. 102-106.