

РАЗВИТИЕ ЛИНЕЙНЫХ ДЫМОВЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ: ТРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭТАПА

Опубликовано: Журнал "Системы безопасности" #1, 2016



Игорь Неплохов

Технический директор ГК "Пожтехника" по ПС, к.т.н.

Дымовые линейные пожарные извещатели довольно давно используются в системах пожарной безопасности. Как правило, их устанавливают в помещениях с высокими потолками и большими площадями. Они обеспечивают более раннее обнаружение возгорания по сравнению с точечными дымовыми извещателями. Основные этапы развития линейных извещателей: 1) традиционный линейный с передатчиком и приемником; 2) однокомпонентный – с приемопередатчиком и отражателем; 3) новейшая разработка – извещатель с видеоматрицей и двухчастотными излучателями

По ГОСТ Р 53325–2012, пожарный дымовой оптико-электронный линейный извещатель (ИПДЛ) – это дымовой извещатель, "формирующий оптический луч, проходящий через контролируемую среду вне извещателя и контролирующий ослабление интенсивности луча средой при ее задымлении" (рис. 1).



Рис. 1. Размещение излучателя и приемника ИПДЛ 1-го поколения

Порог срабатывания ИПДЛ должен быть не менее 0,4 дБ (снижение интенсивности луча на 9%) и не более 5,2 дБ (снижение интенсивности луча на 70%).

ИПДЛ первого поколения

Линейный дымовой извещатель первого поколения состоит из излучателя и приемника, которые размещаются на противоположных сторонах защищаемой зоны: это так называемые двухкомпонентные ИПДЛ. Передатчик излучает

импульсные сигналы, стабильные по уровню. Приемник принимает эти сигналы и сравнивает их с уровнем чистого воздуха, который фиксируется в процессе настройки ИПДЛ. Появление дыма в пространстве между излучателем и приемником вызывает затухание излучения передатчика и снижение уровня сигнала приемника. При достижении затухания пороговой величины, установленной в приемнике, формируется сигнал "Пожар" (рис. 1).

Юстировка

В качестве излучателя и приемника обычно используются светодиод и фотодиод инфракрасного диапазона, для повышения энергетического потенциала применяются оптические системы с линзами, которые формируют узкие диаграммы направленности. Возникает необходимость проведения трудоемкой процедуры юстировки положения излучателя и приемника при помощи специальных элементов (рис. 2) для совмещения их максимумов диаграмм направленности и получения максимального уровня сигнала. Уровень сигнала, принятого приемником при юстировке, отображается каким-либо образом, например посредством светодиодной индикации. Уточняется положение сначала приемника, затем излучателя по горизонтали и по вертикали. Причем эта процедура должна быть выполнена несколько раз – до тех пор, пока не будет происходить увеличение уровня сигнала. При этом юстировка должна сохраняться в течение всего времени эксплуатации ИПДЛ, и следовательно, предъявляются требования по размещению излучателя и приемника на капитальных конструкциях.

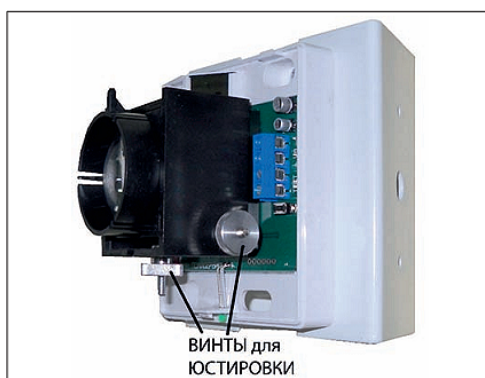


Рис. 2. Элементы юстировки ИПДЛ

Если юстировка выполнена "на глазок" и максимумы диаграмм направленности направлены несколько в сторону, то оптическая ось между приемником и передатчиком проходит через скаты диаграмм направленности. Малейшее изменение их взаимного положения приводит к значительному снижению или повышению уровня сигнала. В первом случае это формирует ложный сигнал "Пожар", во втором – сигнал "Неисправность".

С другой стороны, при размещении нескольких ИПДЛ в одном помещении сигнал от одного излучателя может попадать на соседние приемники и

нарушать их работу. Для исключения этого эффекта рекомендовалось устанавливать приемники и излучатели в шахматном порядке – чтобы они чередовались по каждой стене. Таким образом, расстояния до соседних излучателей увеличивались в два раза. Некоторые типы ИПДЛ для исключения влияния соседних излучателей дополняются линией синхронизации для обеспечения временной селекции сигналов от "своего" излучателя.

Тестирование

Для контроля чувствительности ИПДЛ первого поколения используются фильтры в виде периодической структуры из прозрачных и черных элементов. Величина затухания примерно равна проценту зачерненной части светофильтра. Используются два фильтра с величиной затухания сигнала менее и более порога ИПДЛ. Для каждого порога чувствительности ИПДЛ должна использоваться пара фильтров с величиной затухания сигнала меньше и больше порога ИПДЛ. В качестве примера на рис. 3 показаны две пары фильтров для тестирования ИПДЛ с порогом 30% (1,65 дБ) и 55% (3,47 дБ).

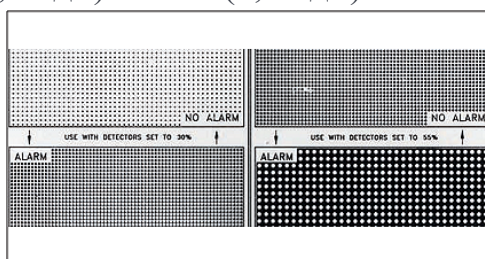


Рис. 3. Фильтры для тестирования ИПДЛ на пороги 30 и 55%

Обычно тестовые фильтры входят в комплект поставки ИПДЛ. При необходимости можно напечатать фильтры на прозрачном листе с помощью стандартного принтера. Фильтры размещаются перед оптической системой приемника или передатчика. При установке первого фильтра ИПДЛ должен оставаться в дежурном режиме, при установке второго – переходить в режим "Пожар".

В отличие от точечных дымовых извещателей, чувствительность которых практически невозможно проконтролировать на объекте, линейные дымовые извещатели тестируются с довольно высокой точностью.

ИПДЛ второго поколения

Примерно десять лет назад появились однокомпонентные ИПДЛ с приемником и передатчиком в одном корпусе и с отражателем, который устанавливается на противоположной стороне, вместо излучателя ИПДЛ первого поколения (рис. 4). В качестве отражателя используется катафот обычно квадратной формы, который выполнен из множества оптических уголковых отражателей

(прямоугольных тетраэдров), благодаря чему падающий на него луч отражается точно в обратном направлении – на приемопередатчик.

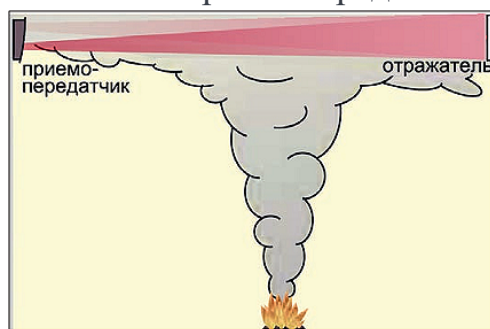


Рис. 4. Размещение приемопередатчика и отражателя ИПДЛ

Изменение положения отражателя на 5–10 град. относительно нормали к направлению падения луча практически не влияет на работоспособность однокомпонентного ИПДЛ. Использование отражателя, который не требует ни юстировки, ни питания, значительно снижает трудоемкость монтажа. При этом остается необходимость проведения юстировки приемопередатчика и сохраняется требование его размещения на элементах помещения, не подверженных изменению положения в процессе эксплуатации. Это требование закреплено в своде правил СП5.13130 п.13.5.1: "Излучатель и приемник (приемопередатчик и отражатель) линейного дымового пожарного извещателя следует устанавливать на стенах, перегородках, колоннах и других конструкциях, обеспечивающих их жесткое крепление...".

Размеры отражателя

Уровень принятого сигнала однокомпонентного ИПДЛ зависит от расстояния до отражателя и от его площади. Сигнал проходит трассу два раза – в прямом направлении от приемопередатчика до отражателя и в обратном направлении от отражателя до приемника. При увеличении расстояния уровень принятого сигнала снижается пропорционально 4-й степени от расстояния. Следовательно, для компенсации снижения сигнала при увеличении расстояния требуется значительное увеличение площади отражателя. Как правило, производители однокомпонентных ИПДЛ задают максимальные расстояния для одного и для четырех отражателей. Если для одного отражателя задано расстояние 50 м, то при увеличении площади отражателя в четыре раза расстояние может быть увеличено всего лишь примерно до 70 м. Установка девяти отражателей (рис. 5) позволяет увеличить расстояние в 1,74 раза – примерно до 85 м. А для увеличения расстояния между приемопередатчиком и отражателем в два раза потребуется увеличить площадь отражателя в 16 раз и, соответственно, размеры отражателя – в четыре раза. Но при этом поперечные размеры луча увеличатся пропорционально расстоянию только в два раза и сравниваются с размерами

отражателя. В этом случае отклонение оптической оси приемопередатчика даже на десятые доли градуса приведет к формированию ложной тревоги.

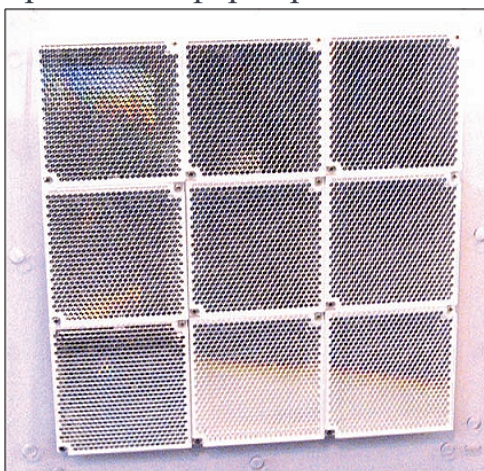


Рис. 5. Использование девяти отражателей увеличивает расстояние в 1,74 раза

Влияние окружающих предметов

На расстоянии 100 м от приемопередатчика диаметр луча равен примерно 1 м. При отклонении оптической оси более чем на 0,5 град. часть отражателя попадает в тень, отраженный сигнал снижается и формируется ложный сигнал "Пожар". При большем отклонении луча может появиться сигнал "Неисправность". Это объясняет нестабильную работу ИПДЛ в металлических (не железобетонных) сооружениях, конструкция которых деформируется при перепаде температур, от снежной нагрузки на крышу и т.д.

Кроме того, при размещении ИПДЛ с отражателем необходимо обеспечить отсутствие отражающих конструкций вблизи приемопередатчика. Сигнал, отраженный от ближайших предметов, может значительно превышать сигнал, принятый приемником от отражателя. Поскольку снижение уровня сигнала пропорционально увеличению расстояния в 4-й степени, то разница в расстоянии компенсирует низкий коэффициент отражения от окружающих предметов. На рис. 6 показано наличие "паразитного" отражения сигнала от балки, расположенной вблизи приемопередатчика. В этом случае ИПДЛ контролирует оптическую плотность среды в пространстве до балки, а большая часть помещения не контролируется.



Рис. 6. Отражение от ближайших предметов нарушает работу ИПДЛ с отражателем

Аналогичные причины нестабильной работы ИПДЛ с отражателями наблюдаются при их размещении в торговых залах. Обычно при проектировании системы пожарной сигнализации невозможно представить, как будет выглядеть припотолочное пространство после монтажа всех инженерных

коммуникаций. Например, как показано на рис. 7, в итоге отражатель оказался перегорожен трубой водяного пожаротушения, в область "наблюдения" ИПДЛ попали многочисленные подвесы осветительных приборов и рекламных конструкций, воздуховоды системы вентиляции, покрытые светоотражающей изоляцией.



Рис. 7. Припотолочное пространство торгового зала

Надо отметить, что подобное размещение ИПДЛ не допускается по требованиям СП5.13130 п.13.5.2: "Излучатель и приемник (приемопередатчик и отражатель) линейного дымового пожарного извещателя следует размещать таким образом, чтобы в зону обнаружения пожарного извещателя при его эксплуатации не попадали различные объекты". Кроме того, в проект новой редакции СП5.13130 по линейным дымовым извещателям включено дополнительное требование п.14.5.4: "Извещатели следует устанавливать таким образом, чтобы минимальное расстояние от их оптических осей до стен и окружающих предметов было не менее максимального радиуса луча извещателя на пути его следования".

Контроль работоспособности ИПДЛ с отражателем

Для проверки отсутствия влияния окружающих предметов на работу ИПДЛ с отражателем после проведения юстировки необходимо провести тестирование. С учетом двойного прохождения контролируемой зоны для имитации затухания сигнала на 30% следует закрывать чуть более половины площади рефлектора, а для 50% – блокировать 3/4 площади. При пороге, равном 30%, ИПДЛ должен активироваться при ослаблении сигнала на 30%, соответственно, на рефлектор падает 70% сигнала, то есть коэффициент передачи равен 0,7, и в обратном направлении коэффициент передачи равен 0,7. Общий коэффициент передачи составляет $0,7 \times 0,7 = 0,49$, соответственно, затухание равно $1 - 0,49 = 0,51$ раз, или на 51%. Таким образом, при тестировании ИПДЛ с порогом 30% необходимо блокировать 51% площади отражателя. Отсутствие перехода ИПДЛ в режим "Пожар" при блокировке части площади отражателя, соответствующей установленному порогу, говорит о его неработоспособности. В этом случае

необходимо попытаться исключить сигналы, отраженные от ближайших предметов, и повторить юстировку и тестирование ИПДЛ.

Порог сигнала "Неисправность" при блокировке луча ИПДЛ устанавливается на уровне 90%, при этом на отражатель падает 10% сигнала, то есть коэффициенты передачи в прямом и в обратном направлении равны по 0,1. Общий коэффициент передачи составляет $0,1 \times 0,1 = 0,01$, соответственно, затухание должно быть равно $1 - 0,01 = 0,99$ раз, или на 99%, в отличие от 90% для ИПДЛ первого поколения. Это означает, что только при размещении блокирующего предмета непосредственно у отражателя возможно формирование сигнала "Неисправность". Следовательно, в процессе эксплуатации практически при любой блокировке луча ИПДЛ с отражателем будет формироваться ложный сигнал "Пожар" вследствие отражения сигнала от блокирующего объекта с учетом более близкого расстояния до него по сравнению с расстоянием до отражателя. Не надо забывать, что уровень сигнала, отраженного с 50 м и 5 м, отличается в 10 000 раз, то есть на 40 дБ.

ИПДЛ третьего поколения

В ИПДЛ третьего поколения в качестве приемника используется CMOS-камера, которая контролирует уровень сигналов двухдиапазонных ИК- и УФ-излучателей (рис. 8), одного или нескольких. Такое построение позволило избавиться сразу от ряда недостатков, присущих ИПДЛ первого и второго поколения.



Рис. 8. Конструкция ИПДЛ с УФ- и ИК-излучателем и CMOS-камерой

Ключевые преимущества

1. Использование видеокамеры обеспечило пространственное разрешение сигналов и позволило исключить влияние переотраженных сигналов.

Видеокамера "видит" излучатель в виде точки и отдельно окружающие конструкции (рис. 9). Свободного пространства радиусом 7,5 см вокруг

оптической оси излучателя при дальности до 150 м достаточно для нормальной работы ИПДЛ с видеокамерой.

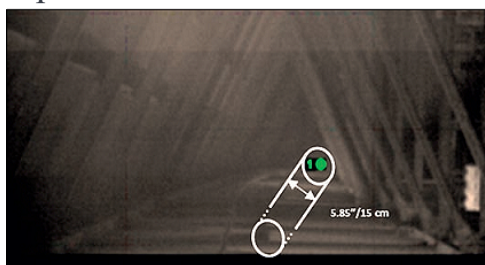


Рис. 9. Минимальное расстояние от оптической оси 7,5 см

2. Цветная CMOS-матрица позволяет проводить измерение оптической плотности среды одновременно в ультрафиолетовом и в инфракрасном диапазоне. Сравнение величин ослабления сигналов в двух диапазонах обеспечивает идентификацию дыма по размеру частиц. Это дает возможность исключить ложные тревоги от пыли, пара, аэрозолей, птиц, насекомых и при блокировке луча различными предметами и механизмами.

3. Один приемник с широкоугольной видеокамерой может одновременно контролировать в адресном режиме до семи излучателей в секторе до 80 град., что значительно повышает величину защищаемой площади. Сигналы излучателей имеют различную кодировку, по которой приемник определяет адреса излучателей. Излучатели выпускаются не только с внешним питанием 24 В, но и со встроенной батареей со сроком службы до пяти лет – это обеспечивает удобство монтажа, практически такое же, как у отражателя.

4. ИПДЛ ультрафиолетового диапазона имеет в 2–3 раза большую чувствительность по сравнению с ИПДЛ инфракрасного диапазона.

Кроме того, конструкция излучателей и приемника в виде вращающейся сферы, аналогично главному яблоку с линзой вместо зрачка, обеспечивает отклонение оптических осей по горизонтали на ± 60 град. и по вертикали на ± 15 град.

Соответственно, нет необходимости в использовании дополнительных кронштейнов при монтаже в непрямоугольном помещении. Небольшие габариты излучателей и приемника 198x130x96 мм позволяют разместить их практически в любом помещении. Благодаря точной заводской юстировке оптических осей излучателей юстировка проводится при помощи лазерной указки (рис. 10) без дополнительной подстройки по максимуму сигнала.



Рис. 10. Юстировка приемника и излучателей при помощи лазера

Для тестирования двухдиапазонного ИПДЛ используется красный или оранжевый светофильтр, который обеспечивает значительное затухание ультрафиолетового сигнала, а инфракрасный сигнал проходит через него практически без ослабления. Аналогичный эффект широко использовался фотоаппаратами при съемке пейзажей на черно-белую фотопленку: на объектив фотоаппарата устанавливался оранжевый светофильтр, который не пропускал синее излучение ясного неба, и на фотоснимке живописно выделялись белые кучевые облака на темном фоне.

Результаты экспериментальных исследований

Принцип действия извещателя УФ + ИК основан на теории рассеяния Густава Ми – вид диаграммы рассеяния зависит от отношения диаметра частиц к длине волны проходящего света. Уровень рассеяния в направлении распространения света и затухание излучения также зависят от соотношения размера частиц и длины волны. Диаметр частиц дыма практически от всех очагов значительно меньше диаметра частиц пыли, пара и аэрозолей. Затухание излучения в ультрафиолетовом диапазоне при прохождении через дым значительно больше по сравнению с затуханием излучения в инфракрасном диапазоне. При прохождении через пространство с крупными частицами, например через аэрозоль для тестирования дымовых извещателей, сигналы ослабляются одинаково. Этот эффект позволяет исключить ложные тревоги ИПДЛ, обеспечивая формирование достоверных сигналов "Пожар" только при обнаружении дыма. Изменение оптической плотности в УФ- и в ИК-диапазонах проводилось при испытаниях по стандартному тестовому очагу по ГОСТ Р 53325–2012 ТП-5А: горение легковоспламеняющейся жидкости с выделением дыма минимальных размеров, который используется для тестирования только аспирационных извещателей класса А (высокой чувствительности – менее 0,035 дБ/м). Очаг имеет размеры 100х100 мм, горит смесь из н-гептана с 3% толуола в количестве 130 г, на расстоянии 1 м от очага, установлено устройство циркуляции воздуха (рис. 11).



Рис. 11. Тестовый очаг 10х10 см, горение н-гептана ТП-5А

Оптическая плотность в УФ- и ИК-диапазонах отличается примерно в два раза (рис. 12), начиная с минимальных уровней задымления. Сигнал "Пожар" был сформирован через 337 с при затухании в УФ-диапазоне около 30% (1,55 дБ) и при затухании в ИК-диапазоне 16% (0,76 дБ). Расстояние между излучателем и приемником равно 8 м, следовательно, усредненная удельная оптическая плотность в ИК-диапазоне равнялась 0,095 дБ/м (2,2 %/м). Таким образом, ИПДЛ с обнаружением в УФ-диапазоне выдержал испытания по ТП-5А для аспирационных извещателей класса А!

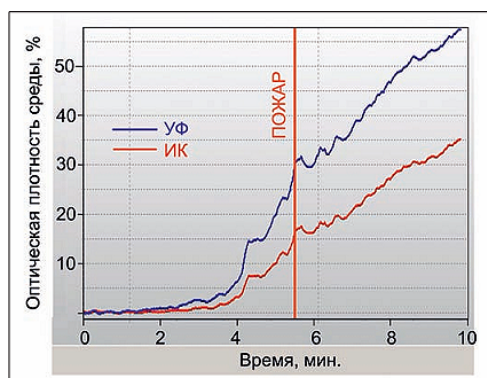


Рис. 12. Оптическая плотность в УФ- и ИК-диапазонах при ТП-5А

Максимальная оптическая плотность при испытании была зафиксирована через 686 с – равная 63,8% (4,41 дБ) в УФ-диапазоне и примерно 40% (2,22 дБ) в ИК-диапазоне. Усредненная максимальная удельная оптическая плотность в УФ-диапазоне достигла 0,551 дБ/м, а в ИК-диапазоне – 0,277 дБ/м. Необходимо отметить, что точечные дымовые извещатели при такой удельной оптической плотности не срабатывают – они проходят испытания по очагу ТП-5 размером 330х330 мм (то есть в 10 раз большей площади) и без рециркуляции воздуха. Точечные СО-газовые извещатели не в состоянии обнаружить даже очаг ТП-5.

Выводы

Естественное развитие технологий ИПДЛ – это переход в ультрафиолетовый диапазон для повышения чувствительности в 2–3 раза и применение двухдиапазонных решений УФ+ИК, которые исключают ложные тревоги от пыли, пара, аэрозолей, а также при блокировке лучей и используют в качестве приемников видеоматрицы, обеспечивающие пространственное разрешение сигналов для исключения отражений от конструкций, расположенных вблизи оптической оси ИПДЛ.