

Линейные дымовые пожарные извещатели

И.Г. Неплохов,
к.т.н., эксперт

Дымовые линейные извещатели широко используются в системах пожарной безопасности. Они незаменимы в помещениях с высокими потолками и большими площадями, имеют максимальную чувствительность по черным дымам. Отмечается более раннее обнаружение возгорания линейным извещателем по сравнению с точечными дымовыми извещателями в реальных условиях. В данной статье анализируются различные типы линейных извещателей, показаны преимущества однокомпонентных извещателей, а также приводятся рекомендации по установке.

Основные положения

Существует несколько типов линейных дымовых пожарных извещателей (ПИ). Наиболее распространенные двухкомпонентные линейные ПИ состоят из передатчика и приемника, которые размещаются на противоположных сторонах защищаемой зоны. Приемник принимает сигнал передатчика и сравнивает его уровень с величиной, соответствующей чистой среде. Появление дыма между приемником и передатчиком вызывает затухание сигнала и приводит к формированию сигнала ПОЖАР (рис. 1).

По требованиям НПБ 82-99 "Извещатели пожарные дымовые оптико-электронные линейные. Общие технические требования. Методы испытаний", чувствительность линейного дымового извещателя должна устанавливаться в пределах от 0,4 дБ (снижение интенсивности луча на 9%) до 5,2 дБ (снижение интенсивности луча на 70%). В документации может указываться чувствительность в дБ или в процентах. Снижению сигнала на Δ% соответствует ослабление на С дБ:

$$C = 10 \log[100/(100-\Delta\%)] \text{ дБ}$$

Для перевода из одних единиц в другие можно воспользоваться **Таблицей 1**.



Рис. 1 Принцип действия оптико-электронного линейного дымового извещателя

Соответственно, изменение чувствительности линейного извещателя проводится с использованием набора фильтров, обеспечивающих различное затухание. Для проверки конкретного значения чувствительности достаточно наличия двух фильтров с затуханием ниже и выше порога. Например, для контроля порога срабатывания 30% можно использовать два фильтра с затуханием 25% и 35%. В комплект линейного извещателя 6424 (рис. 2) входят две пары фильтров для проверки чувствительности 30% и 55%. Фильтры должны иметь достаточно равномерную структуру, что бы величина затухания не зависела от положения фильтра.



Рис. 2 Линейный извещатель 6424

Величина затухания фильтра в процентах равна отношению непроницаемой части площади к общей величине умноженной на 100. Рисунок может состоять из непрозрачных точек или наоборот прозрачных точек, диаметр которых, по крайней мере, на порядок меньше апертуры оптической системы приемника и передатчика (рис. 3).

В простейшем случае можно использовать фильтр в виде периодической структуры из чередующихся прозрачных и непрозрачных полос определенной ширины. Величина его затухания равна отношению ширины непрозрачной полосы к суммарной ширине прозрачной и непрозрачной умноженной на 100. Фильтр устанавливается перед приемником или передатчиком (рис. 4). Расстояние между приемником и передатчиком должно соответствовать диапазону, указанному в технических характеристиках. Таким образом достаточно просто проконтролировать чувствительность линейного извещателя (в отличие от точечных дымовых извещателей) в процессе эксплуатации, при изменении температуры окружающей среды, при накоплении пыли на оптических системах и т.д.

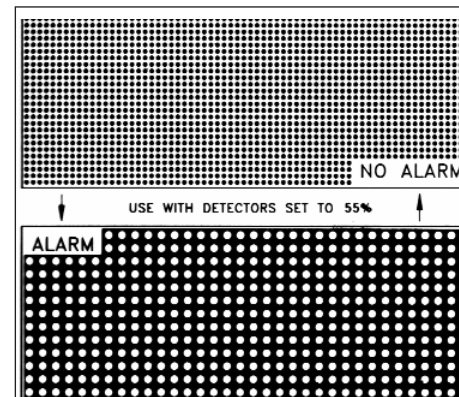


Рис. 3 Пример тестового фильтра

При сертификации чувствительность измеряется при установке приемника и передатчика на расстоянии 1 м, с исполь-

Таблица 1.
Перевод
процентов
в децибеллы

%	дБ
5	0.223
10	0.458
15	0.706
20	0.969
25	1.249
30	1.549
35	1.871
40	2.218
45	2.596
50	3.00
55	3.468
60	3.979
65	4.559
70	5.229
75	6.021
80	6.99
85	8.239
90	10
95	13.01
99	20



Рис. 4 Расположение компонент линейного извещателя и фильтров при измерении чувствительности

необходимо обеспечить снижение сигнала в 100 раз, что соответствует 20 дБ, для имитации 100 м - снижение сигнала в 10^4 раз, что соответствует 40 дБ.

Сравнение эффективности линейных и точечных дымовых извещателей

Чувствительность линейных и точечных дымовых извещателей производится в различных единицах: линейных - в абсолютных единицах затухания, точечных - в удельных единицах, т.е. величина затухания на расстоянии один метр или один фут. В соответствии с НПБ 65-97 "Извещатели пожарные дымовые оптико-электронные" чувствительность точечных извещателей, определяется при испытаниях в аэродинамической трубе замкнутого типа где через извещатель проходит воздух с аэрозолью (НПБ 65-97 Приложение 1) и должна устанавливаться в пределах 0,05 - 0,2 дБ/м. Для перевода абсолютного значения затухания в удельные единицы оптической плотности среды необходимо его разделить на протяженность зоны в метрах. Соответственно, требованиям НПБ 82-99 по чувствительности линейного дымового извещателя от 0,4 дБ до 5,2 дБ при равномерном задымлении 10 метровой зоны соответствует удельная оптическая плотность в пределах от 0,04 дБ/м до 0,52 дБ/м, а при задымлении 100 метров - в пределах от 0,004 дБ/м до 0,052 дБ/м. Теоретически при постоянной чувствительности эффективность линейного извещателя повышается с увеличением протяженности защищаемой зоны. Однако в реальных условиях на первом этапе возгорания плотность задымления максимальна над очагом возгорания и уменьшается при удалении от него.

С другой стороны, чувствительность точечного дымового извещателя, измеренная в аэродинамической трубе, не сопоставима с чувствительностью в реальных условиях. В месте расположения извещателя скорость воздушного потока увеличивается за счет уменьшения сечения трубы и возникает турбулентность, которая отсутствует при распространении дыма вблизи потолка. Для снижения этого эффекта необходимо увеличивать сечение аэродинамической трубы, что определяет большие габариты и высокую стоимость данного оборудования. На **рис. 5** в качестве иллюстрации показана установка для испытаний дымовых пожарных извещателей в компа-

нии "Систем Сенсор". Этот способ тестирования при производстве извещателей позволяет контролировать стабильность чувствительности. Однако для получения информации об эффективности извещателя в реальных условиях используются тестовые пожары, которые регламентированы европейским стандартом EN54-7:2001 и российским ГОСТ Р 50898-96 "Извещатели пожарные. Огневые испытания". Используя классификацию ПИ по чувствительности, приведенную в этих документах, можно провести более точное сравнение эффективности линейных и точечных извещателей.

Существует шесть типов тестовых очагов пожара: ТП-1 - открытое горение древесины, ТП-2 - тление древесины, ТП-3 - тление хлопка, ТП-4 - горение полиуретана и ТП-5 - горение легковоспламеняющейся жидкости с выделением дыма, ТП-6 - горение легковоспламеняющейся жидкости без выделения дыма. По результатам испытаний для каждого вида тестового очага извещатели разделяются на три группы, не считая не прошедших испытание: класс А (наиболее чувствительный) с предельными значениями $T_1=15^\circ\text{C}$, $m_1=0,5$ дБ/м, $Y_1=1,5$; класс В (средний) $T_2=30^\circ\text{C}$, $m_2=1,0$ дБ/м, $Y_2=3,0$ и класс С (наименее чувствительный) $\Delta T_3=60^\circ\text{C}$, $m_3=2,0$ дБ/м, $Y_3=6,0$. Таким образом, допускается различие в оптической плотности внутри дымовой камеры и в открытом пространстве более чем в 10 раз: наименьшая чувствительность по НПБ 65-97 в дымовом канале 0,2 дБ/м, а по тестовым пожарам 2,0 дБ/м. И противоречия здесь нет: в испытательном помещении по ГОСТ Р 50898-96 размером 10 ± 1 м x 7 ± 1 м и высотой $4\pm 0,2$ м сказывается аэродинамическое сопротивление дымозахода ПИ. Неудачная конструкция дымозахода и дымовой камеры ПИ, относительно низкая площадь дымозахода по сравнению с внутренним объемом ПИ могут привести к снижению чувствительности в реальных условиях более чем в 10 раз. В той или иной степени этот эффект проявляется у любого точечного дымового извещателя с дымовой камерой и с конструктивными элементами для защиты от пыли.

В линейном дымовом извещателе этот эффект полностью отсутствует, так как дым поступает в контролируемую зону без преодоления каких-либо препятствий. Таким образом, линейный извещатель с порогом 3 дБ (50%) при равномерном задымлении на протяжении даже 10 метров обеспечивает чувствительность эквивалентную удельной оптической плотности среды 0,3 дБ/м. Что по классификации точечных дымовых извещателей по ГОСТ Р 50898-96 соответствует самому чувствительному



Рис. 5 Установка для контроля чувствительности точечных дымовых извещателей

классу А. При пороге 1,25 дБ (25%) соответственно получаем эквивалентную удельную оптическую плотность среды 0,125 дБ/м, что в 4 раза выше нижней границы класса А (0,5 дБ/м).

Кроме того, линейный дымовой извещатель обеспечивает лучшую эффективность по обнаружению различных типов пожаров, по сравнению с точечными оптико-электронными, ионизационными и тепловыми извещателями (**таблица 2**).

Необходимо также отметить, что все современные линейные извещатели имеют несколько порогов чувствительности и компенсацию запыления оптики и светофильтров, что позволяет учесть условия эксплуатации, исключить ложные срабатывания и снизить расходы на техническое обслуживание. У точечных извещателей данные функции реализованы только в адресно-аналоговых системах и в наиболее продвинутых пороговых, например в последних сериях "Систем Сенсор" ПРОФИ и ЛЕОНАРДО. Это объясняется жесткими ограничениями по массогабаритным характеристикам и по электропотреблению, налагаемыми на точечные пожарные извещатели.

Типы линейных извещателей

Линейные дымовые извещатели можно разделить на два крупных класса: двухкомпонентные, состоящие из отдельных блоков приемника и передатчика, и совре-

Таблица 2. Чувствительность пожарных извещателей к тестовым очагам пожара (О - отлично обнаруживает; Х - хорошо обнаруживает; Н - не обнаруживает)

	Тип тестового пожара					
	ТП-1	ТП-2	ТП-3	ТП-4	ТП-5	ТП-6
Характеристика	Открытое горение древесины	Пиролиз древесины	Тление хлопка	Открытое горение пластмассы	Горение гептана	Горение спирта
Основные сопутствующие факторы	Дым, пламя, тепло	Дым	Дым	Дым, пламя, тепло	Дым, пламя, тепло	Пламя, тепло
Тепловой	Х	Н	Н	Х	Х	О
Дымовой оптический	Н	О	О	Х	Х	Н
Дымовой ионизационный	О	Х	Х	О	О	Х
Комбинированный тепловой и дымовой оптический	Х	О	О	Х	Х	О
Дымовой линейный	Х	О	О	О	О	Н

менные однокомпонентные - один блок приема-передатчика с пассивным рефлектором. Построение линейного извещателя определяет требования к техническим характеристикам компонент, их конструкции и размещению. Для двухкомпонентного извещателя необходимо обеспечить стабильный уровень сигнала передатчика во всем диапазоне рабочих температур и напряжений питания, т.к. снижение уровня сигнала передатчика приводит к формированию ложного сигнала ПОЖАР. Приемник должен обеспечивать хранение в энергонезависимой памяти значения уровня опорного сигнала приемника и величину корректировки порога срабатывания при запылении оптики в процессе эксплуатации.

Кроме того, для увеличения энергетического потенциала в приемнике и передатчике используются оптические системы, обеспечивающие достаточно узкие диаграммы направленности. Такое построение определяет сложность настройки и эксплуатации линейных извещателей. Для обеспечения работоспособности необходимо проведение достаточно трудоемкой юстировки, при которой устанавливается положение приемника и передатчика, соответствующее приему максимума сигнала. Изменение положения приемника или передатчика в процессе эксплуатации вызывает отклонение диаграммы направленности, снижение уровня сигнала и формирование ложного сигнала ПОЖАР, который не сбрасывается без переюстировки извещателя. После сброса производится сравнение пониженного за счет разъюстировки уровня сигнала с уровнем сигнала при чистой оптической среде и выдается подтверждение сигнала ПОЖАР. Ситуация для извещателя не отличается от подтверждения сигнала ПОЖАР при наличии дыма. Соответственно, крепление приемника и передатчика допускается только на капитальные конструкции. Форму диаграммы направленности выбирают таким образом, чтобы незначительное смещение опорных конструкций не нарушало работоспособность линейного извещателя. Обычно допускается в процессе эксплуатации смещение максимума диаграммы направленности относительно оптической оси в пределах порядка $\pm 0,5^\circ$, что соответствует при расстоянии между приемником и передатчиком 10 метров смещению луча на ± 87 мм, а при расстоянии 100 метров - на ± 870 мм.

Для обеспечения работы двухкомпонентных извещателей при различных дальностях обычно требуется использование нескольких уровней сигнала передатчика и регулировка усиления приемника, что создает дополнительные трудности при настройке и юстировке. Другой существенный недостаток - необходимость подключения и передатчика и приемника к источнику питания - это значительный расход кабеля обычно превышающий расстояние между приемником и передатчиком. Кроме того, при установке в одном помещении параллельно нескольких линейных извещателей необходимо исключить попадание на приемник сигналов от соседних передатчиков. Некоторые производители в этом случае рекомендуют устанавливать приемники и передатчики в шахматном порядке, что приводит к дополнительному увеличению расхода кабеля и монтажных работ. Причем монтаж этой части шлейфа обычно затруднен из-за высоких потолков, или из-за необходимости выполнения скрытой проводки.

Практически все эти недостатки отсутствуют у однокомпонентных дымовых ли-

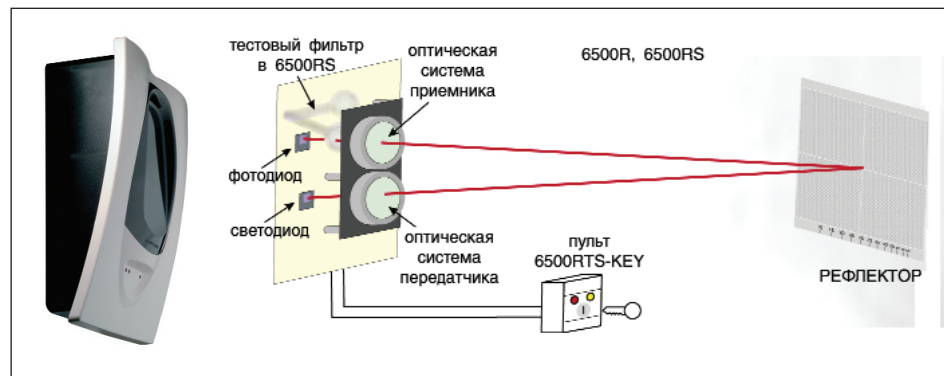


Рис. 6 Внешний вид и строение однокомпонентного извещателя 6500R/6500RS и рефлектора

нейных извещателей, в которых приемник и передатчик размещены в одном блоке, а на противоположной стороне располагается пассивный рефлектор не требующий питания (рис. 6). Он состоит из большого числа призм, структура которых обеспечивает отражение сигнала в направлении источника. Подобная конструкция используется в автомобильных катафотах. Таким образом, рефлектор не требует не только питания, но и юстировки. Соответственно в несколько раз сокращается расход кабеля, трудоемкость монтажа и юстировки.

Более того, рефлектор может быть установлен на некапитальные и даже вибрирующие конструкции. Допускается изменение положения рефлектора в пределах $\pm 10^\circ$. При больших углах появляется снижение уровня отраженного сигнала за счет уменьшения проекции рефлектора на плоскость перпендикулярную оптической оси, т.е. за счет уменьшения эквивалентной площади рефлектора.

Размещение приемника и передатчика в одном блоке обеспечивает возможность автоматического выбора диапазона измерения уровня сигнала при юстировке, автоматическую подстройку уровня излучения передатчика и коэффициента усиления приемника в зависимости от дальности контролируемой зоны.

Кроме того, дополнительно появляется возможность временной селекции сигналов, возможность использования одного рефлектора при близком расположении двух-трех извещателей, возможность компенсации изменения оптической плотности не связанной с возникновением пожароопасной ситуации в течение суток для исключения ложных срабатываний и т.д.

Значительно упрощается и контроль чувствительности однокомпонентного линейного извещателя. Вместо использования оптических фильтров можно обеспечить ослабление сигнала путем блокировки соответствующей площади рефлектора. Для случая равномерного облучения рефлектора имеется простая зависимость затухания сигнала от величины его площади. Этот способ реализован в однокомпонентном извещателе 6500 "Систем Сенсор". На его рефлекторе нанесена шкала от 10% до 65% с дискретом 5%, по которой определяется величина затухания сигнала при изменении площади затенения (рис. 7). Таким образом, можно с высокой точностью измерить

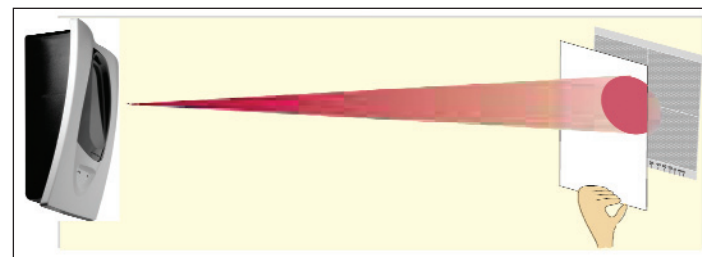


Рис. 7. Проверка чувствительности однокомпонентного извещателя

чувствительность извещателя 6500 на любом из четырех порогов 25%, 30%, 40%, 50%.

Рекомендации по размещению

Линейный дымовой извещатель защищает зону протяженностью до 100 - 200 метров и, соответственно, заменяет в зависимости от длины и высоты помещения более 10 - 20 точечных дымовых извещателей. Сложность монтажа, тестирования и технического обслуживания точечных дымовых извещателей при наличии высоких полов определяет дополнительные преимущества линейных извещателей. Причем установка точечных извещателей в помещениях высотой более 12 метров запрещена из-за резкого снижения их эффективности: дым при достижении потолка распространяется на большую площадь, соответственно снижается его удельная плотность и соответственно увеличивается время определения возгорания. Этот эффект практически не влияет на работоспособность линейного извещателя, т.к. снижение удельной оптической плотности компенсируется увеличением протяженности задымления (рис. 8). Высокая эффективность линейных извещателей в таких условиях определила возможность защиты помещений значительной высоты. По европейским рекомендациям линейные извещатели допускается устанавливать для защиты людей в помещениях высотой до 25 метров, а для защиты имущества - до 40 метров в один ярус. При этом расстояние между оптическими осями выбирается в пределах от 9 до 15 метров и не требуется его уменьшение при увеличении высоты помещения.

По российским требованиям, приведенным в НПБ 88-2001* "Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования", в помещениях высотой до 12 метров расстояния между оптическими осями не должны превышать расстояний между рядами точечных дымовых извещателей при той же высоте. Т.е. ни каким образом не учитывается различие физических процессов при дымоопределении точечным и линейным извещателем. Более того, в помещениях высотой от 12 до 18 метров предписана двухъярусная установка линейных дымовых извещателей. Требуется уста-

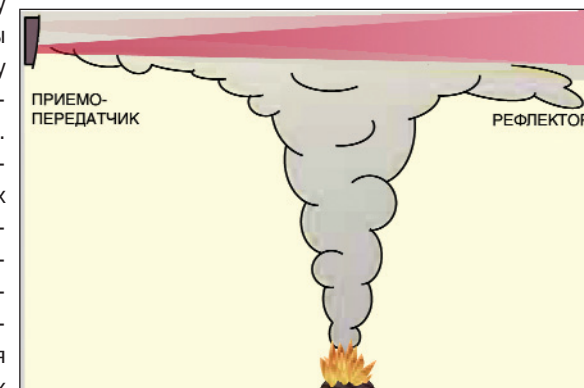


Рис. 8 Распределение дыма в помещении с высоким потолком

новка дополнительного яруса линейных извещателей на высоте 1,5 - 2 метра от уровня пожарной нагрузки, но не менее 4 метров от плоскости пола. Т.к. размещение линейных извещателей в помещениях выше 18 метров нормами вообще не предусмотрено, то на практике в некоторых случаях применяют трехъярусную установку, хотя увеличение высоты помещения с большим запасом можно компенсировать установкой более высокой чувствительности. Такое положение приводит в некоторых случаях к выбору более дешевого и менее эффективного оборудования.

По тем же причинам в некоторых случаях используются значительно более дешевые тепловые извещатели, несмотря на то что они вообще не пригодны для определения тлеющих пожаров (см. **табл.2**), а при обнаружении загорания на стадии открытого огня остановить дальнейшее его развитие обычно возможно лишь при использовании профессионального пожаротушения. Кроме того, на этой стадии задымление помещения достигает такого уровня, что невозможно не только локализовать очаг, но и находиться в этом помещении без изолирующего противогаза опасно для жизни.

Хочется надеяться что, в процессе развития отечественной нормативной базы будет учтен опыт эксплуатации линейных дымовых извещателей и уточнены требования по их размещению, что позволит повысить эффективность противопожарной защиты значительно большего числа объектов в нашей стране.

В предыдущем номере журнала были подробно рассмотрены различные конструкции линейных извещателей, принцип действия, описаны методы контроля чувствительности, проведена оценка их эффективности в сравнении с точечными дымовыми извещателями. В этом номере обсуждаются европейские рекомендации по установке линейных извещателей, рассматриваются вопросы, наиболее часто встречающиеся при практическом их использовании.

Размещение линейных извещателей

Горение твердых горючих материалов, как правило, начинается с тления и сопровождается при термическом распаде значительным выделением дыма, который под действием тепловых потоков поступает в окружающее пространство. Сначала поток теплого воздуха и образующегося дыма под действием архимедовой силы поднимается вверх, затем он растекается в радиальных направлениях под потолком, а после достижения стен помещения, происходит накопление газодымовоздушной смеси в подпотолочном пространстве. При дальнейшем повышении локальной температуры в очаге пожара происходит увеличение выделения газообразных продуктов горения и появляется открытое пламя. Таким образом, происходит развитие примерно 90% пожаров. Следовательно, наибольшая эффективность работы дымовых линейных извещателей обеспечивается при их размещении в верхней части помещения под перекрытием (см. **рис. 9**).



Рис. 9. Распределение дыма в помещении

Требования по установке линейных ПИ впервые появились в НПБ 88-2001 "Установки пожаротушения и сигнализации", введены в действие 1 января 2002 года и сохранены без изменений в действующей редакции НПБ 88-2001*. Максимальные расстояния между рядами точечных извещателей были заменены на максимальные расстояния между оптическими осями (см. **таблицу 3**).

В помещениях высотой от 12 до 18 метров предписана двухъярусная установка линейных дымовых извещателей: первый ярус извещателей следует располагать на расстоянии 1,5-2 м от верхнего уровня пожарной нагрузки, но не менее 4 м от плоскости пола, второй ярус извещателей следует располагать на расстоянии не более 0,4 м от уровня перекрытия (см. **таблицу 4**). Максимальное расстояние между оптическими осями извещателей в обоих ярусах 7,5 метров.

Указания НПБ 88-2001* достаточно фрагментарны, что можно объяснить срав-

Таблица 3. Рекомендации по установке точечных дымовых извещателей

Высота установки извещателя, м	Максимальное расстояние между оптическими осями извещателей, м	Максимальное расстояние от оптической оси извещателя до стены, м
До 3,5	9,0	4,5
Св. 3,5 до 6,0	8,5	4,0
Св. 6,0 до 10,0	8,0	4,0
Св. 10, 0 до 12,0	7,5	3,5

Таблица 4. Рекомендации по установке линейных извещателей

Высота защищаемого помещения, м	Ярус	Высота установки извещателя, м	Максимальное расстояние, м	
			между оптическими осями ЛДПИ	от оптической оси ЛДПИ до стены
Св. 12,0 до 18,0	1	1,5-2 от уровня пожарной нагрузки, не менее 4 от плоскости пола	7,5	3,5
	2	Не более 0,4 от покрытия	7,5	3,5

нительно небольшим сроком развития отечественной нормативной базы в данном направлении. Учитывая динамику и направление развития нашей нормативной базы, небезынтересно как нормируется установка линейных ПИ в европейских странах. Подробное описание физических процессов, влияющих на установку дымовых линейных ПИ в помещениях различного типа приведены в европейских рекомендациях, основанных на Британском стандарте BS 5839-1:2001. Расстановка линейных ПИ здесь также связана с расстановкой точечных ПИ, не так прямолинейно. По BS 5839-1:2001 п. 22.3 при использовании точечных дымовых извещателей в помещении с плоским потолком расстояние от любой точки защищаемого помещения ближайшего ПИ в проекции на горизонтальную плоскость не должно превышать 7,5 метров, т.е. дымовой ПИ контролирует площадь в виде круга радиусом 7,5 метров. Для линейного ПИ расстояние от любой точки защищаемого помещения оптической оси не должно превышать 7,5 метров, т.е. контролируется полоса шириной 15 метров: по 7,5 метров в каждую сторону от оптической оси. По НПБ 88-2001* при расстоянии между точечными дымовыми ПИ, равном 9 метрам (подразумевается квадратная решетка) один извещатель контролирует круг радиусом 6,36 метров, соответственно можно было бы допустить максимальное расстояние между оптическими осями линейных ПИ если не 15 метров, то для начала, по крайней мере, 12,5 метра, но никак не 9 метров. Кстати, требование по обеспечению требуемого максимального расстояния от точечного ИП упрощает проектирование в случае помещения произвольной конфигурации - не прямоугольного или вообще с не плоскими стенами.

Далее в BS 5839-1:2001 в начале раздела 22 по установке и размещению ПИ приведены комментарии, в которых поясняется принцип работы точечных дымовых, тепловых, линейных и других типов извещателей. В частности отмечается, что дым и нагретые газы от очага, возгорания по мере подъема смешиваются с чистым холодным воздухом, и быстро увеличивается размер очага необходимый для активизации точечных дымовых и тепловых ПИ с ростом высоты помещения. Снижение влияния этого эффекта рекомендуется обеспечивать путем использования более чувствительных ПИ. Относительно линейных дымовых извещателей указывается, что рост высоты помещения оказывает на них меньшее влияние по сравнению с точечными ПИ, поскольку одновременно увеличивается размер задымленного пространства и увеличивается протяженность луча, проходящего через него. Эти положения учтены при определении максимальной высоты защищаемых помещений для различного типа ПИ (см. таблицу 5).

Таким образом, линейные извещатели допускается устанавливать для защиты людей в помещениях высотой до 25 метров, а для защиты имущества - до 40 метров, причем в один ярус, с максимальным расстоянием между оптическими осями 15 метров, без его уменьшения с увеличением высоты помещения. Более того, это расстояние (в горизонтальной проекции) может быть даже увеличено максимум на 25% в случае наклонного потолка при угле наклона не менее 250.

В помещениях с покатым потолком обязательно один из линейных извещателей устанавливается в самой верхней части помещения, поскольку дым накапливается в первую очередь именно здесь (см. рис. 10). В таких помещениях не допускается ус-

Таблица 5. Максимальная высота защищаемых помещений для различного типа пожарных извещателей

Тип ПИ	Максимальная высота потолка, м	
	Основное применение	Объекты категории Р (защита имущества)
Тепловой класса А1, другие классы	9,0	13,5
	7,5	12,0
Точечный дымовой	15,0	10,5
Газовый	10,5	15,0
Оптический линейный дымовой	25,0	40,0

тановка линейных извещателей поперек помещения, т.к. появление дыма на этом уровне произойдет через недопустимо большой промежуток времени. По BS 5839-1:2001, потолок считается наклонным, если перепад высот превышает 600 мм, при этом допускается увеличивать расстояние между оптическими осями в проекции на горизонтальную плоскость на 1% на каждый градус наклона, но максимум на 25% (см. рис. 10).

Максимальное расстояние оптической оси от перекрытия не должно превышать 600 мм. В отличие от российских требований, по BS 5839-1:2001, точечные извещатели должны устанавливаться таким образом, чтобы их чувствительные элементы располагались ниже потолка на расстоянии для дымовых от 25 до 600 мм, а тепловых от 25 до 150 мм! В НПБ 88-2001* п. 12.18* для всех точечных извещателей, кроме извещателей пламени, указано требование о максимальном расстоянии от потолка до нижней точки извещателя 0,3 м. В чем разница между тепловыми и дымовыми извещателями? В BS 5839-1:2001 описаны физические процессы, которые необходимо учитывать при использовании дымовых извещателей в высоких помещениях: при тлеющих пожарах не происходит значительного выделения тепла, и

если дым достигает высоты, на которой располагается слой более теплого воздуха, то он начинает растекаться в горизонтальной плоскости, не достигнув потолка (см. рис. 11).

Этот эффект, названный страти-

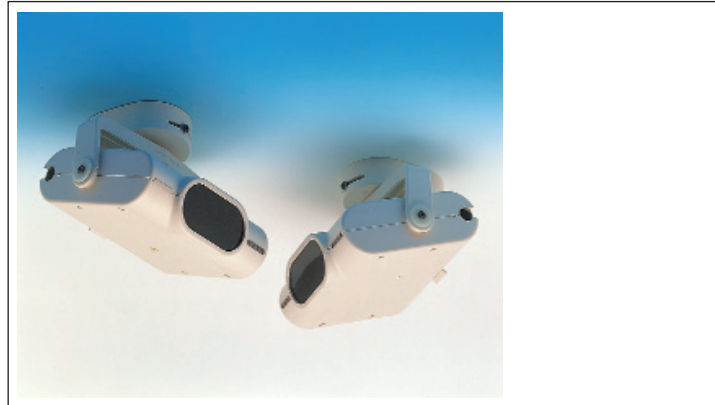


Рис. 10. Расстановка линейных извещателей на наклонном потолке

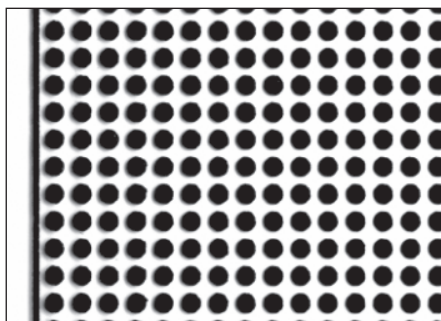


Рис. 11. Влияние эффекта стратификации на работу дымового извещателя

снижение дымовых извещателей, так как со временем температура дыма повышается, слой дыма будет приближаться к потолку и быстрее достигнет дымовых ПИ, расположенных выше первоначально образованного слоя дыма. Если слой дыма образуется выше уровня установки ПИ, то определение пожара произойдет через больший промежуток времени, только после заполнения всего объема под перекрытием. Тепловые извещатели обнаруживают пожар на стадии открытого огня, при этом воздух в месте возгорания нагревается значительно выше и быстро достигает перекрытия. Соответственно, более низкое расположение тепловых извещателей, на расстоянии более 150 мм не допускается из-за снижения их эффективности. На стадии открытого огня, в большинстве случаев из-за сильного задымления помещений, проблематична не только ликвидация пожара или снижения скорости его развития, но и эвакуация людей. В BS 5839-1:2001 отмечается более позднее обнаружение пожара тепловыми пожарными извещателями и ограничивается область их применения.

Стандарт BS 5839-1:2001 предусматривает возможность установки линейных извещателей на значительном удалении от перекрытия, более 600 мм. Этот вариант используется при необходимости дополнительного определения восходящего дыма внутри высокого пространства, например атриума, при отсутствии возможности установки достаточного количества линейных ПИ под перекрытием. При таком расположении линейного извещателя защищаемое пространство составляет 12,5% от высоты установки в каждую сторону от луча (см. **рис. 12**). С увеличением высоты дым расходится на большую площадь и его обнаружение обеспечивается при большем расстоянии между линейными ИП. И, наоборот, при сравнительно небольшом расстоянии от пола диаметр задымленного простран-

ств меньше и для его обнаружения требуется более частая установка. Например, при установке нижнего яруса линейными ИП на высоте 4 метра по BS 5839-1:2001 линейные ПИ надо устанавливать через 1 метр, на высоте 12 метров - через 3 метра, на высоте 20 - через 5 метров, на высоте 30 метров - через 7,5 метров.

Соответственно, вероятность обнаружения задымления линейными ПИ нижнего яруса, установленными на высоте 4 метра, при расстоянии между осями 7,5 метров можно оценить как $1/7,5 = 0,1333$, т.е. порядка 13%. Таким образом, нижний ярус линейных пожарных извещателей практически не повышает уровень противопожарной защиты, а только приводит к значительному удорожанию системы.

К сожалению, объем статьи не позволяет обсудить все положения стандарта BS 5839-1:2001 из-за его значительного объема - более 130 страниц. Можно отметить еще одно незначительное расхождение в требованиях по установке точечных и линейных извещателей. В п. 12.18* НПБ 88-2001* приведено требование по установке точечных извещателей под перекрытием на расстоянии не менее 0,1 м от стен, а в п. 12.33 для линейных извещателей это расстояние увеличено в 5 раз: должно обеспечиваться расстояние от оптических осей до стен и окружающих предметов не менее 0,5 м. В стандарте BS 5839-1:2001 п. 22.3g для точечных извещателей указано о недопустимости их установки ближе 500 мм от стены, а в п. 22.3n об их расположении с обеспечением свободного пространства в полусфере с радиусом не менее 500 мм. С учетом протяженности контролируемой зоны линейного извещателя аналогичное требование в п. 22.5e содержит ограничение: не более 3 метров луча должно находиться ближе 500 мм от стен, перегородок, каких-либо конструкций и т.д.

Действительно, если расположение стен вблизи точечного ИП может значительно увеличить время определения пожароопасной ситуации из-за снижения воздухообмена в углах помещения, то в случае линейного извещателя этот эффект практически не проявляется, если вдоль незначительной части луча расположены предметы ближе 0,5 метров.

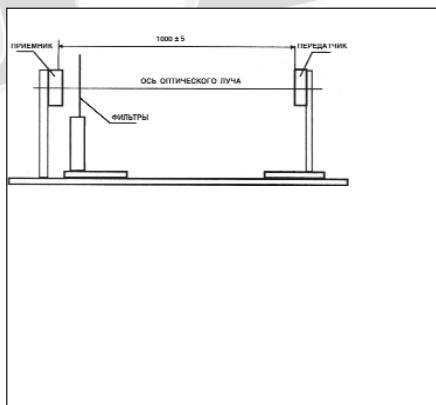


Рис. 12. Установка линейных дымовых извещателей в средней части высокого помещения по BS 5839-1:2001

ства меньше и для его обнаружения требуется более частая установка. Например, при установке нижнего яруса линейными ИП на высоте 4 метра по BS 5839-1:2001 линейные ПИ надо устанавливать через 1 метр, на высоте 12 метров - через 3 метра, на высоте 20 - через 5 метров, на высоте 30 метров - через 7,5 метров.

Соответственно, вероятность обнаружения задымления линейными ПИ нижнего яруса, установленными на высоте 4 метра, при расстоянии между осями 7,5 метров можно оценить как $1/7,5 = 0,1333$, т.е. порядка 13%. Таким образом, нижний ярус линейных пожарных извещателей практически не повышает уровень противопожарной защиты, а только приводит к значительному удорожанию системы.

К сожалению, объем статьи не позволяет обсудить все положения стандарта BS 5839-1:2001 из-за его значительного объема - более 130 страниц. Можно отметить еще одно незначительное расхождение в требованиях по установке точечных и линейных извещателей. В п. 12.18* НПБ 88-2001* приведено требование по установке точечных извещателей под перекрытием на расстоянии не менее 0,1 м от стен, а в п. 12.33 для линейных извещателей это расстояние увеличено в 5 раз: должно обеспечиваться расстояние от оптических осей до стен и окружающих предметов не менее 0,5 м. В стандарте BS 5839-1:2001 п. 22.3g для точечных извещателей указано о недопустимости их установки ближе 500 мм от стены, а в п. 22.3n об их расположении с обеспечением свободного пространства в полусфере с радиусом не менее 500 мм. С учетом протяженности контролируемой зоны линейного извещателя аналогичное требование в п. 22.5e содержит ограничение: не более 3 метров луча должно находиться ближе 500 мм от стен, перегородок, каких-либо конструкций и т.д.

Действительно, если расположение стен вблизи точечного ИП может значительно увеличить время определения пожароопасной ситуации из-за снижения воздухообмена в углах помещения, то в случае линейного извещателя этот эффект практически не проявляется, если вдоль незначительной части луча расположены предметы ближе 0,5 метров.

Эффективность линейного дымового извещателя

Некорректное тестирование линейного дымового извещателя даже опытными инсталляторами приводит к ложным выводам о его более низкой чувствительности по сравнению с точечным оптико-электронным извещателем. Действительно, если при поступлении дыма в оптическую камеру быстро происходит активизация обычного датчика, то аналогичное "задымление" светофильтра линейного извещателя не вызывает никакой реакции. Подобное тестирование не может показать работоспособность ни линейного, ни точечного извещателя, т.к. задымление незначительного объема помещения вблизи извещателей даже отдаленно не воспроизводит физические процессы, сопровождающие реальное возгорание.

Методика проведения натурных испытаний пожарных извещателей и оценки результатов приведены в европейском стандарте по дымовым извещателям: точечным - EN54 ч. 7, линейным - EN54 ч. 12, а также в российском ГОСТ Р50898-96 "Извещатели пожарные. Огневые испытания". Существует шесть типов тестовых пожаров: ТП-1

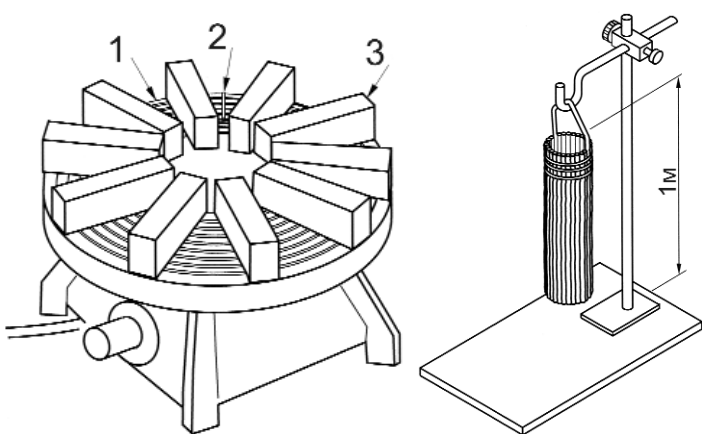


Рис. 13. Вид тестового очага ТП-2 (тление дерева).

1 - электрическая плита,
2 - термopа, 3 - деревянные бруски

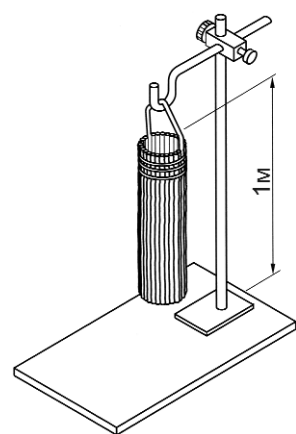


Рис. 14. Вид тестового очага ТП-3 (тление хлопковых фитилей)

- открытое горение древесины, ТП-2 - тление древесины, ТП-3 - тление хлопка, ТП-4 - горение полиуретана и ТП-5 - горение гептана, ТП-6 - горение спирта. Дымовые точечные извещатели испытываются по четырем тестовым пожарам: ТП-2, ТП-3, ТП-4, ТП-5. Каждый тестовый очаг не только

состоит из определенного материала, но и имеет

вполне определенную конфигурацию и размеры. Очаг ТП-2 состоит из 10 высушенных буковых брусков (влажность ~5%) размерами 75x25x20 мм, расположенных на поверхности электрической плиты диаметром 220 мм, имеющей 8 концентрических пазов глубиной 2 мм и шириной 5 мм, внешний паз должен располагаться на расстоянии 4 мм от края плиты, расстояние между смежными пазами должно составлять 3 мм (см. **рис. 13**), мощность плиты должна быть примерно 2 кВт. Очаг ТП-3 состоит из примерно из 90 хлопковых фитилей длиной 800 мм и массой примерно 3 г каждый, прикрепленные к проволочному кольцу диаметром 100 мм, подвешенному на штативе (**рис. 14**), собранные в пучок концы фитилей поджигают открытым пламенем, затем пламя задувают до появления тления, сопровождающегося свечением. Очаг ТП-4 состоит из трех матов из пенополиуретана (без добавок, повышающих огнестойкость) плотностью 20 кг/м³ и размерами 500x500x20 мм каждый, уложенные один на другой, которые воспламеняются при помощи 5 мл спирта в емкости диаметром 50 мм, установленной под углом нижнего мата. Очаг ТП-5 - это 650 г гептана с добавлением 3% толуола в поддоне из стали размерами 330x330x50 мм.

Испытания проводятся в помещении длиной 9 - 11 метров, шириной 6 - 8 метров и высотой 3,8 - 4,2 метров, в центре которого на полу располагается тестовый очаг пожара. Тестируемые точечные извещатели располагаются на потолочном перекрытии по окружности на расстоянии 3 м от его центра в секторе 600 (см. **рис. 12**). Здесь же установлены измеритель оптической плотности среды m (дБ/м), радиоизотопный измеритель концентрации продуктов горения Y (относительные единицы) и измеритель температуры T (°C). Два тестируемых линейных извещателя располагаются симметрично и их оптические оси находятся на расстоянии 2,5 метров от центра помещения (см. **рис. 15**).

*На **рис. 16** показано испытательное помещение компании "System Sensor", в котором проводятся натурные испытания пожарных извещателей на тестовые пожа-

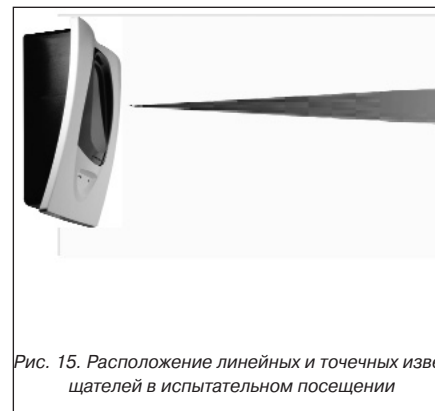


Рис. 15. Расположение линейных и точечных извещателей в испытательном помещении



Рис. 16. Испытательное помещение компании "System Sensor"*

ры. Все помещение совершенно черное от копоти и для получения изображения фотографии пришлось максимально осветлить. В **таблице 4** приведены результаты испытаний дымовых линейных извещателей 6500 с чувствительностью 40% (2,22 дБ) при расстоянии между приемопередатчиком и рефлектором 5 метров.

Результаты испытаний подтверждают отсутствие зависимости чувствительности линейного извещателя 6500 от вида дыма. Он одинаково хорошо реагирует как на "светлые" дымы, выделяющиеся при тлении дерева и текстильных материалов, так и на "черные" дымы, выделяющиеся при горении пластика, изоляции кабеля, резинотехнических изделий, битумных материалов и т.д. В отличие от точечных дымовых опико-электронных извещателей, фиксирующих уровень рассеяния инфракрасного излучения на частицах дыма в оптической камере, величина которого зависит от типа дыма. Для

сравнения в **таблице 5** приведены результаты испытаний дымовых точечных опико-электронных извещателей. Эти испытания проводились в разное время, вследствие чего имеются различия в скоростях нарастания оптической плотности среды, концентрации взвешенных частиц и температуры.

Таблица 4 Результаты испытаний дымовых линейных извещателей

Вид ТП	№ п/п	Время активизации (мин:сек)	Параметры тестового очага при активизации		
			Y	m (дБ/м)	
ТП-2 (тление древесины)	1	9:36	0.92	0.64	-
	2	9:32	0.92	0.64	-
ТП-3 (тление хлопка)	1	5:02	2.69	0.42	-
	2	5:02	2.71	0.43	-
ТП-4 (горение полиуретана)	1	1:04	1.92	0.56	4.35
	2	1:04	1.92	0.56	4.35
ТП-5 (горение гептана)	1	1:33	2.67	0.52	16.98
	2	1:29	2.54	0.45	18.06

Таблица 5 Результаты испытаний дымовых точечных оптико-электронных извещателей

Вид ТП	№ п/п	Время активизации (мин:сек)	Параметры тестового очага при активизации		
			Y	m (дБ/м)	
ТП-2 (тление древесины)	1	7:47	0.73	0.80	-
	2	6:10	0.52	0.46	-
	3	7:49	0.79	0.80	-
	4	6:53	0.63	0.59	-
ТП-3 (тление хлопка)	1	6:09	1.49	0.95	-
	2	5:29	1.04	0.58	-
	3	5:48	1.37	0.86	-
	4	5:35	1.11	0.72	-
ТП-4 (горение полиуретана)	1	2:11	3.35	0.91	8.4
	2	2:15	3.61	1.00	10.3
	3	2:17	3.61	1.00	10.3
	4	2:17	3.61	1.00	10.3
ТП-5 (горение гептана)	1	2:45	4.58	0.92	19.1
	2	2:21	3.69	0.80	17.1
	3	2:17	3.73	0.81	17.0
	4	2:13	3.53	0.81	16.0

Таким образом, даже при сравнительно невысоких потолках (4 метра) и протяженности оптического луча (5 метров) линейный извещатель активизируется при меньших уровнях удельной оптической плотности среды по сравнению с точечными оптико-электронными извещателями. Причем если для точечного ИП условия проведения испытаний соответствуют условиям эксплуатации на большинстве объектов с незначительными отклонениями, то для линейных извещателей эти условия наиболее неблагоприятные для его работы. С увеличением протяженности защищаемой зоны при фиксированном уровне чувствительности в абсолютных единицах затухания линейный извещатель будет активизироваться соответственно при меньших значениях удельной оптической плотности. С увеличением высоты помещения преимущества еще больше усиливаются, т.к. рассеивание дыма на большой высоте влияет на линейный ПИ в меньшей степени, чем на обычный точечный.

Необходимо также отметить, что все современные линейные извещатели имеют несколько порогов чувствительности и компенсацию запыления оптики, что позволяет учесть условия эксплуатации, исключить ложные срабатывания и снизить расходы на техническое обслуживание. Более высокие уровни чувствительности рекомендуются устанавливать в сравнительно чистых помещениях и для защиты небольших зон на большой высоте, например, в атриумах и в световых фонарях. При достаточно

протяженных зонах и в пыльных помещениях рекомендуется устанавливать более низкие уровни чувствительности, что обеспечит больший диапазон автокомпенсации запыления оптического фильтра и рефлектора. При достижении границы диапазона автоматической компенсации формируется отдельный сигнал "Обслуживание", указывающий на необходимость проведения технического обслуживания (см. **рис. 17**).

Полным анахронизмом в наше время являются линейные извещатели без автокомпенсации запыления оптических систем. По мере их загрязнения будет повышаться чувствительность такого извещателя, соответственно появятся ложные срабатывания, исключение которых потребует частых чисток оптики. Увеличение объема технического обслуживания при установке линейных ПИ на значительной высоте может достаточно быстро скомпенсировать выигрыш на стоимости оборудования.

Линейные извещатели последнего поколения напротив для исключения ложных срабатываний, вызванных увеличением оптической плотности в контролируемом помещении в рабочие часы, имеют так называемые адаптивные пороги (см. **рис. 18**). В отличие от фиксированного порога, в этом случае медленные изменения оптической плотности в течении суток компенсируются в заданных пределах. Например, в извещателе 6500 кроме четырех фиксированных уровней чувствительности 25%, 30%, 40%, 50% затухания имеются два адаптивных уровня 30% - 50% и 40% - 50%.

Другой очень важный момент, которому не всегда уделяется достаточно внимания, это юстировка линейного извещателя, особенно в случае двух отдельных блоков приемника и передатчика, когда трудоемкость этой операции достаточно высока. Некачественное выполнение этого этапа настройки линейного ПИ создает массу проблем при его эксплуатации и может сделать систему полностью неработоспособной. На порядок снижается трудоемкость юстировки при использовании однокомпонентного линейного ПИ, когда требуется настроить положение оптики только приемно-передатчика, а рефлектор на противоположной стороне помещения устанавливается с точнос-



Рис. 17. Компенсация запыления оптических элементов линейного извещателя

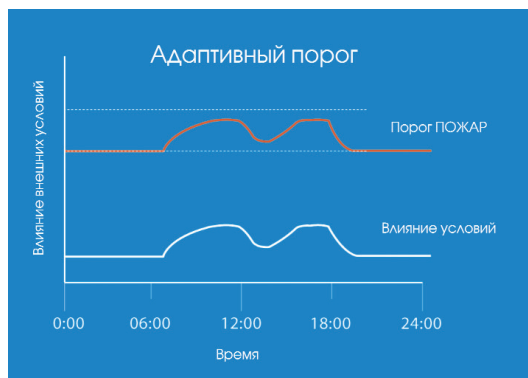


Рис. 18. Компенсация изменения оптической плотности среды в течение суток

тью $\pm 10^\circ$. После юстировки положение приемника и передатчика должно обеспечивать прием максимального сигнала на данной дальности. Сигнал передатчика можно представить в виде луча прожектора, и при точной первоначальной установке его положения незначительные изменения положения не вызывают заметного снижения сигнала и не приводят к изменению чувствительности. Обычно допускается изменение положения компонент линейного ПИ в пределах порядка $\pm 0,5^\circ$ (см. **рис. 19**). Если юстировка не выполнена полностью, то передатчик устанавливается в положение, когда максимум сигнала находится несколько в стороне от приемника, а непосредственно на его оптическую систему обращен скат "прожектора". В этом случае даже незначительные изменения положения передатчика, что неизбежно в процессе эксплуатации, вызывают значительные изменения уровня сигнала в любую сторону. Если изменение положения передатчика привело к снижению сигнала, то извещатель переходит в режим ПОЖАР, и не реагирует на сброс, т.к. после сброса производится сравнение пониженного за счет разъюстировки уровня сигнала с уровнем сигнала при чистой оптической среде и выдается подтверждение сигнала ПОЖАР. Если изменение положения передатчика привело к увеличению сигнала, то извещатель должен сформировать сигнал НЕИСПРАВНОСТЬ, который также не должен сбрасываться без переюстировки. В приемном тракте установлена величина снижения сигнала, соответствующая заданной чувствительности, относительно уровня сигнала при оптически чистой среде. Увеличение сигнала при сохранении фиксированного порога приводит к снижению чувствительности и фиксируется как НЕИСПРАВНОСТЬ.

После проведения юстировки обязательно необходимо убедиться в соответствии реальной чувствительности ПИ установленному уровню. Эту процедуру рекомендуется повторять при изменении условий эксплуатации, например, при значительном снижении или повышении температуры, при загрязнении оптических систем и т.д. Большинство двухкомпонентных линейных ПИ комплектуются оптическими фильтрами для имитации затухания сигнала примерно на 0,5 дБ выше и ниже порога, что обеспечивает достаточную точность измерений. Значительно упрощается контроль чувствительности однокомпонентного линейного извещателя: для ослабления сигнала блокируется соответствующая площадь рефлектора по шкале в процентах

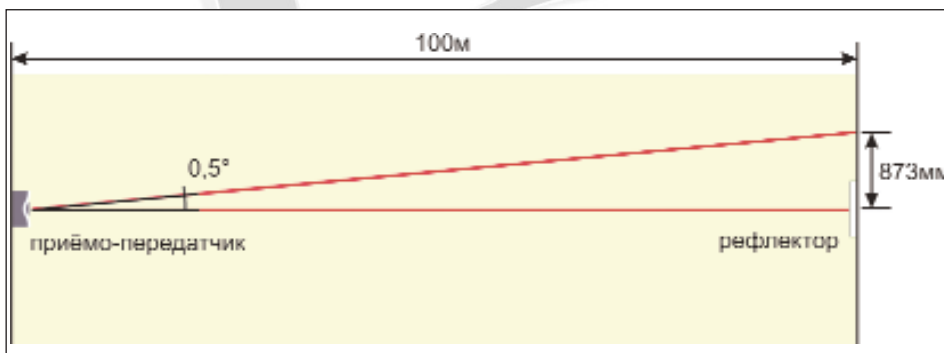


Рис. 19. Максимально допустимые отклонения оптической оси линейного извещателя

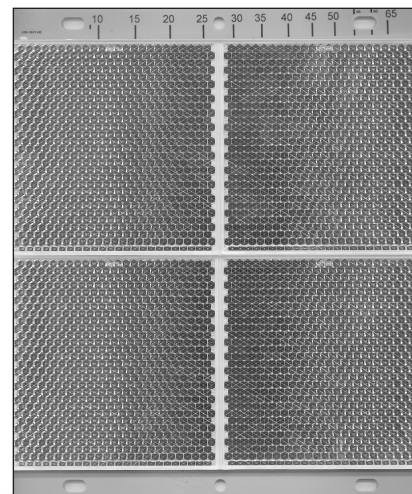


Рис. 20. Рефлектор линейного извещателя 6500

затухания. Этот способ реализован в однокомпонентном извещателе 6500 "Систем Сенсор" (см. **рис. 20**). Таким образом, можно с высокой точностью измерить чувствительность извещателя 6500 на любом из четырех порогов: 25%, 30%, 40%, 50%.

Часто возникает вопрос: почему для имитации затухания сигнала на 30% необходимо закрывать более половины площади рефлектора, а для 50% - примерно 3/4 площади? Ошибки здесь нет, так как в однокомпонентном линейном извещателе, в отличие от однокомпонентного извещателя, сигнал проходит контролируемую зону два раза: от приемопередатчика до рефлектора и обратно. Соответственно, при реальном задымлении, ослабляющем сигнал на 3 дБ (на 50%), к приемопередатчику вернется сигнал ослабленный на 6 дБ (на 75%). Простой расчет для рефлектора без шкалы: например, уровень чувствительности 30%, значит ослабление сигнала на 30%, соответственно до рефлектора дойдет 70% сигнала, т.е. 0,7 от первоначального уровня, и на обратном пути тоже останется 0,7 от отраженного от рефлектора, а всего вернется $0,7 \times 0,7 = 0,49$ или 49%, затухание составит $1 - 0,49 = 0,51$, т.е. 51%. Этот эффект показывает еще одно преимущество однокомпонентного линейного извещателя: его потенциальная чувствительность в два раза выше, чем у двухкомпонентного, а реально при установлении одинаковой чувствительности выше помехозащищенность из-за увеличения в два раза порога.

В заключение можно отметить, что современный линейный дымовой пожарный извещатель обеспечивает высокий уровень противопожарной защиты только при грамотной установке и настройке. Высокая стоимость оборудования при использовании однокомпонентных линейных извещателей с пассивным рефлектором компенсируется за счет снижения расходов на кабель, на монтажные, пуско-наладочные работы и на техническое обслуживание. Экспериментальные исследования подтверждают высокую эффективность линейных дымовых извещателей при обнаружении тления древесины, текстильных материалов, при горении пластика, горючих жидкостей, битумных материалов, что обеспечивает универсальность применения.