

УДК 621.372.2

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИК-ИЗВЕЩАТЕЛИ  
В СИСТЕМАХ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**  
**RUSSIAN INFRARED DETECTORS IN FIRE-ALARM SYSTEMS**

*Д-р техн. наук В.А. Минаев, д-р техн. наук М.П. Сычев, Д.В. Севрюков, В.А. Дудолодов*

*DPhil V.A. Minaev, DPhil M.P. Sychev, D.V. Sevryukov, V.A. Dudoladov*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Рассматривается применение оптико-электронных средств для обнаружения возгораний и проникновения нарушителя. Обсуждаются особенности извещателей пламени (ультрафиолетовых; инфракрасных; многодиапазонных; многоспектральных), а также охранных извещателей ИК-пассивных и многолучевых ИК-активных барьеров. Описан принцип действия и приведены основные тактико-технические характеристики периметровых ИК-извещателей.

**Ключевые слова:** зона обнаружения, ИК-извещатель, микропроцессорная обработка, рубеж, частотный спектр, чувствительный элемент.

Using of optical-electronic means to detect fires and intrusion of violators is seen. Features detectors flame (UV; infrared; multiband; multispectral), as well as security detectors of the infrared and passive multi-beam infrared active barriers are discussed. The principle and basic performance characteristics of perimeter infrared detectors are described.

**Keywords:** detection area, infrared detector, microprocessor processing, boundary area, frequency spectrum, sensing element.

**Введение**

Оптико-электронные охранно-пожарные извещатели (средства обнаружения) для помещений, зданий и периметров, в частности, ИК-пассивные и ИК-активные получили широкое распространение на охраняемых объектах, благодаря целому ряду преимуществ, которыми они обладают по сравнению с другими типами извещателей:

- возможность формировать барьерные рубежи обнаружения в помещениях и на периметрах;
- способность взять под охрану отдельные объекты или группу объектов в условиях присутствия людей в соответствующем помещении;
- хорошая камуфлируемость их составных элементов (передатчиков, приемников);
- высокая помехоустойчивость к акустическим и электромагнитным помехам.

**Тепловые извещатели  
и извещатели пламени**

Излучение пламени имеет составляющие в области ультрафиолетового (УФ), видимого и инфракрасного (ИК) диапазона длины световой волны [1]. К УФ области относится излучение с длинами волн от 10 до 400 нм ( $3 \cdot 10^{16} - 7,5 \cdot 10^{14}$  Гц). Видимой области соответствует диапазон длин волн от 400 до 780 нм ( $3 \cdot 10^{16}$  Гц – 385 ТГц). ИК-излучению соответствует диапазон примерно от 780 нм до 100 мкм (385 ТГц – 1,5 ПГц).

Пламя древесины, горючих газов, паров и жидкостей является источником светового излучения, имеющего свои особенности в различных областях спектра. Каждый очаг горения имеет свою индивидуальную спектральную характеристику, поэтому выбор извещателей необходимо прово-

дить с учетом особенностей источников излучения, расположенных в поле его зрения. Отличие спектров друг от друга породило разновидности типов датчиков, способных улавливать излучение и преобразовывать его в электрическую энергию.

Извещатели пламени применяются, как правило, для защиты зон, где необходима высокая эффективность обнаружения, поскольку обнаружение пожара в начальной фазе пламенного горения, когда температура в помещении еще далека от значений, при которых срабатывают тепловые извещатели. Извещатели пламени обеспечивают возможность защиты зон со значительным теплообменом и открытых площадок, где невозможно применение тепловых и дымовых извещателей.

Исходя из интервалов спектра электромагнитного излучения, воспринимаемого чувствительными элементами, извещатели пламени (например, в семействах «Спектрон», «Полисервис») можно условно разделить на:

- ультрафиолетовые;
- инфракрасные;
- многодиапазонные;
- многоспектральные.

Ультрафиолетовые пожарные извещатели чувствительны к запыленности помещения, поэтому требуют постоянного ухода за чувствительным оптическим элементом. Ложное срабатывание УФ-извещателей могут вызвать рентгеновские лучи, гамма-излучение, а также излучение, возникающее при электродуговой сварке, разряде молнии и высоковольтной дуге.

ИК-пожарные извещатели применяют только в простых условиях, то есть там, где нет мощных источников помех: в теневых зонах помещения, на складах хранения различных материалов.

Многодиапазонные извещатели содержат два–три ИК-канала, работающие в разных диапазонах, обеспечивая решение проблемы мощных оптических помех. Логично, что, получив информацию из нескольких каналов, можно сделать правильный вывод об источнике излучения, поэтому комбинация нескольких ИК-каналов и микропроцессорной обработки делает многодиапазонные датчики наиболее совершенными и помехоустойчивыми. ИК-излучение хорошо проникает сквозь дым, пыль, гарь, копоть. Такие извещатели незаменимы в производственных цехах, на промышленных и особо важных объектах.

Многоспектральные извещатели обеспечивают сведение к минимуму количества ложных срабатываний. Выпускаются извещатели, реагирующие на два спектра излучения — ультрафиолетовый и инфракрасный. Для реализации принципа спектральной селекции выбираются несколько приемников (или один матричный многодиапазонный), способных реагировать на излучение в различных участках спектра источника. Многоспектральные извещатели используются, например, на особо ответственных объектах нефтегазового комплекса.

### ИК-пассивные извещатели

Основное преимущество ИК-средств — возможность создания узкой зоны обнаружения в помещениях и на периметрах объектов, где обустройство полосы отчуждения с внутренней стороны ограды невозможно, но возможно формирование прямолинейных участков периметра в азимутальной и вертикальной плоскостях [2].

Пассивные ИК охранные извещатели предназначены для обнаружения теплокровных (человека, животных), находящихся в пределах зоны чувствительности, по инфракрасному излучению. Тепловое излучение человеческого тела находится в пределах спектрального диапазона излучения с длинами волн 8–12 микрон. Это так называемое равновесное свечение человеческого тела, излучение которого определяется температурой. Например, для 37°C оно соответствует приблизительно 10 микронам. Существует целый ряд соответствующих устройств, которые применяются для регистрации излучения в указанном спектральном диапазоне. Для пассивных ИК-извещателей следует использовать чувствительный элемент с оптимальным соотношением чувствительность/стоимость. Таким чувствительным элементом является пироэлектрический фотоэлемент (пироприемник), на котором фокусируется инфракрасное излучение с помощью зеркальной или линзовой оптической системы (последние наиболее широко распространены).

Явление пироэлектричества состоит в возникновении наведенной разности потенциалов на противоположных сторонах пироэлектрического кристалла при его неравновесном кратковременном нагревании. Со временем электри-

ческие заряды из внешних электрических цепей и перераспределение зарядов в кристалле приводят к релаксации наведенного потенциала [3].

Использование специальных оптических систем в виде линз Френеля в пассивных извещателях позволяет получать зоны обнаружения различной формы и размеров при защите помещений любой конфигурации, строительных конструкций и отдельных предметов, регистрировать разницу между интенсивностью инфракрасного излучения, исходящего от тела человека, и фоновой температурой окружающей среды.

Весьма актуальным является вопрос противодействия физическому экранированию извещателя за счет установки перед ним экрана, перекрывающего его «поле зрения» (так называемое «маскирование»). Технические средства противодействия маскированию составляют систему антимаскирования извещателя. Извещатели со встроенными ИК-светодиодами, характеризующиеся функциями антимаскирования и самотестирования, устанавливаются на наиболее ответственных объектах, в частности там, где возможно противодействие работе системы охраны.

Для самых совершенных моделей пассивных ИК-извещателей характерны автоматическая настройка параметров, встроенный нагреватель, блоки цифровой памяти, интерфейс RS-485, микропроцессорная обработка сигнала и другие опции при диапазоне рабочих температур от  $-40$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Эффективным методом повышения помехоустойчивости извещателей является применение так называемой «двойной технологии», которая заключается в использовании комбинированного извещателя, реализующего пассивный инфракрасный и активный радиоволновой (иногда — ультразвуковой) принципы действия [4].

Радиоволновой (или ультразвуковой) блок фиксирует наличие доплеровского сдвига в частотном спектре отраженного радиосигнала (ультразвука), обусловленного движением объекта. Применение таких извещателей наиболее эффективно при последующей микропроцессорной обработке поступающих сигналов.

Приведем характеристики распространенных ИК-пассивных извещателей:

– STA-457/M2 — протяженность зоны обнаружения от 40 до 70 м; питание — от 9...15 В;

– «Сплав-М» — предназначен для охраны периметров объектов, коридоров, проходов. Обнару-

живает медленно движущегося нарушителя (от 0,1 м/с) на расстоянии до 30...50 м. Высота 30 (при максимальной длине) 2 м, ширина 30 (при максимальной длине) 3 м. Питание — 9...27 В;

– БРК-ИК — однопозиционный ИК-пассивный извещатель с автономным питанием и встроенным передатчиком радиоканала. В корпусе извещателя размещены оптический и электронный модули, а внутри блока питания — аккумуляторная батарея. Используется в составе быстроразвертываемого комплекса. Внешний вид извещателя (СО) БРК-ИК показан на рис. 1.

### ИК-извещатели для блокирования периметров

При охране периметров ИК-извещатели используются, как правило, для блокирования ровных участков с прямой видимостью, подступов к ограждениям, верха и полотна ограждений, ворот [5].

Блокирование прямолинейных участков охраняемого объекта осуществляется потоком ИК-излучения, создаваемого в блоке излучателя (БИ) с помощью ИК-светодиода, принимаемого в блоке фотоприемника (БФ) с помощью ИК-фотодиода и фокусируемого с помощью оптических элементов в БИ и в БФ. Зоной обнаружения извещателя явля-

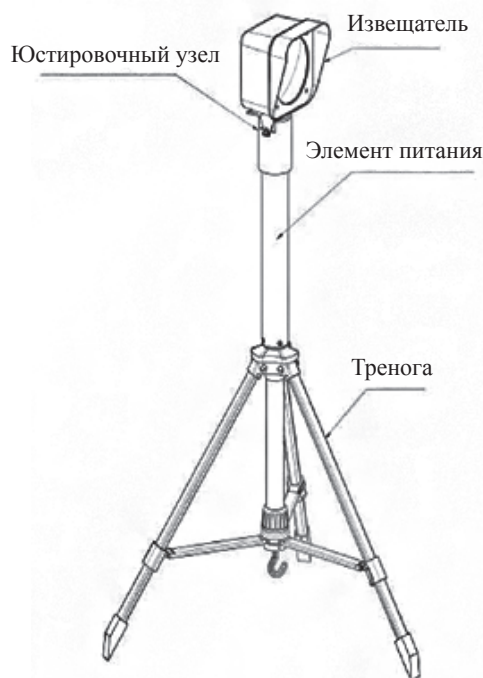


Рис. 1. Извещатель БРК-ИК

ется сдвоенный ИК луч — два ИК-луча, расположенные в вертикальной плоскости на расстоянии 50 мм друг от друга, работающие синхронно.

Активные лучевые барьеры позволяют перекрыть прямолинейные участки периметра различной протяженности, не имеющие физического ограждения. При выборе места установки извещателей имеются определенные ограничения: для подобных извещателей важна прямолинейность участка и его «горизонтальность», отсутствие в зоне прохождения лучей посторонних предметов (деревьев, кустарников и т.д.). Проблема решается путем разбиения дистанции со сложным рельефом на несколько небольших прямолинейных участков [2, 5, 6].

Применение активных лучевых барьеров позволяет создать довольно узкую зону обнаружения на достаточно больших дальностях (до 300 м). Эффект обнаружения достигается за счет узкой фокусировки луча, формируемого передатчиком. Однако сильное сужение луча вызывает сложности в ходе настройки передатчиков и приемников, может привести к неустойчивой работе извещателей при изменениях погодных условий. Поэтому наилучшей следует считать дальность, не превышающую 200 м.

При перекрытии нарушителем луча от передатчика к приемнику мощность полезного сигнала снижается по мере уменьшения площади сечения луча. На рис. 2 приведена модель перекрываемой площади сечения луча в виде сегмента круга, образуемого окружностью и хордой. Соответствующие характерные размеры и обозначения приведены на рисунке.

Указанная площадь в зависимости от угла  $\psi$  описывается формулой

$$S(\psi) = R^2/2 \cdot \left[ \pi \cdot \frac{\psi}{180} - \sin(\psi) \right], \quad (1)$$

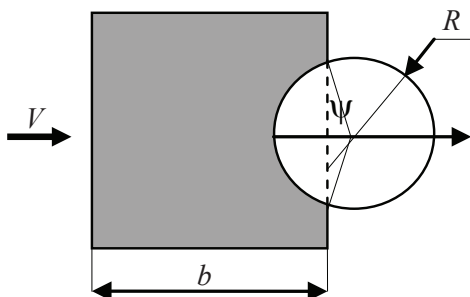


Рис. 2. Модель перекрываемой площади сечения луча

где  $R$  — радиус сечения луча;  $V$  — скорость движения нарушителя;  $b$  — характерный размер нарушителя;  $\psi$  — угол дуги окружности (в градусах), стягиваемый хордой.

Нетрудно видеть, что при изменении угла  $\psi$  в интервале от 0 до  $2\pi$  перекрываемая нарушителем площадь сечения луча увеличивается от 0 до  $\pi R^2$ , т.е. до полного перекрытия. При дальнейшем движении нарушителя площадь перекрытия сечения луча, напротив, уменьшается от  $\pi R^2$  до 0.

Допустив без ограничения общности, что скорость  $V$  постоянна, общий вид  $U$  — силы полезного сигнала ИК-извещателя — можно представить в виде показанного на рис. 3 графика.

Очевидно, что полная длительность сигнала ИК-извещателя может быть оценена из соотношения [7]

$$\tau \approx b/V. \quad (2)$$

В реальных условиях применения ИК-извещателя вид полезного сигнала, когда скорость передвижения и размер нарушителя изменяются, может варьироваться, при этом всегда сохраняя характерную засечку в виде «ямы» на графике  $U(t)$ , образуемой при пересечении ИК-луча нарушителем.

Отметим, что, столкнувшись с факторами ложных срабатываний однолучевых ИК-извещателей (реагирование на падающую листву, пролетающих птиц и т.п.) и чрезмерной чувствительности к изменению метеоусловий, ведущие производители перешли к многолучевым схемам работы извещателей (как правило, 2-лучевым, реже 4-лучевым). В подобной комбинации лучи работают по схеме «И», то есть тревожное извещение формируется при одновременном пересечении всех лучей (рис. 4).

Критичным для работы извещателя может оказаться фиксируемое время прерывания луча. Как правило, у наиболее совершенных и дорогих моде-

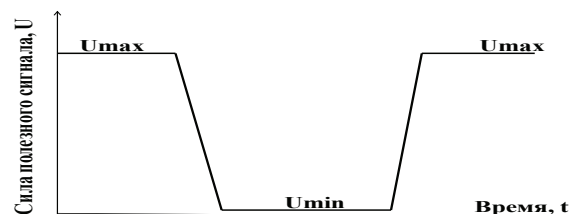


Рис. 3. Общий вид полезного сигнала ИК-извещателя



Рис. 4. Многолучевая схема работы извещателей

лей этот показатель регулируется в достаточно широком диапазоне (от 35 до 1500 мс).

Фактически этот показатель обозначает, насколько скоростные объекты сможет обнаруживать извещатель, инициируя тревожное сообщение [8]. Требуемая величина времени прерывания луча на конкретном объекте определяется временем, которое необходимо нарушителю, чтобы преодолеть средства физической защиты [9], например, перелезть через ограждение.

Но самым большим недостатком данного типа извещателей остается сильная зависимость дальности действия от условий окружающей среды: ИК-излучение очень сильно поглощается частицами воды, поэтому интенсивный дождь, туман, снег приводят к значительной потере энергии луча, вплоть до полного его рассеивания и, как следствие, неработоспособности извещателя.

Лидером среди отечественных ИК-извещателей является семейство СПЭК [2], включающее пожарные (дымовые) и охранные извещатели для помещений, линейные (табл. 1), предназначенные для обнаружения проникновения на охраняемый объект (открытая площадка, периметр, закрытое помещение) и формирования извещения о проникновении. Состоят извещатели, как правило, из двух блоков: блока излучателя и блока фотоприемника. В многолучевых извещателях типа СПЭК-7-2 и СПЭК-7-6 применяются колонки излучателей (КИ) и колонки фотоприемников (КФ). В ряде случаев обеспечивается дистанционный контроль (ДК) работоспособности.

Один из наиболее распространенных двухлучевой извещатель СПЭК-1112 (рис. 5) позволяет определить направление пересечения ИК-лучей. Для получения сигнала о направлении пересечения необходимо извещатель подключить на две зоны, на одном приемно-контрольном приборе: одна зона

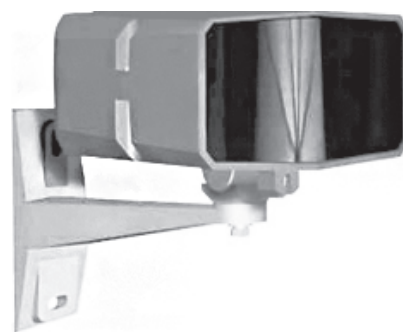


Рис. 5. Активный двухлучевой оптико-электронный извещатель СПЭК-1112

выдает извещение о пересечении «к нам»; вторая — «от нас» [10].

Извещатель СПЭК-1112 также позволяет получить информацию о скорости и размерах постороннего объекта, пересекающего ИК-лучи. Для исключения взаимного влияния при создании многолучевых ИК-барьеров применяются извещатели, работающие на одной из нескольких частот излучения.

Для обеспечения работоспособности этих извещателей при изменении условий распространения ИК-лучей в атмосфере (рассеяние при дожде, снеге, пыли, тумане) значение параметра их интенсивности задается коэффициентом запаса. В условиях средней полосы России (по данным фирмы СПЭК) для устойчивости работы ИК-извещателей коэффициент запаса на определенной дальности должен быть не менее  $10 \div 600$  крат (табл. 2).

Чувствительность активного ИК-извещателя определяет минимальное время, в течение которого должен быть перекрыт луч для выдачи сигнала тревоги (по возможности, регулируется): 35–50 мс (бегущий по рубежу человек), 100–150 мс (блокирование заборов, крыш зданий).

В ГОСТ Р 52434-2005 Извещатели охранные оптико-электронные активные. Общие технические требования и методы испытаний заданы следующие характеристики извещателей:

- должны срабатывать, если полное прерывание попадаемого на приемник излучения превышает 40 мс;
- должны формировать извещение о тревоге (срабатывать), если прерывание инфракрасного луча превышает: 50 мс — для извещателей, эксплуатируемых на открытых площадках; 100 мс — для извещателей, эксплуатируемых в закрытых помещениях;
- не должны срабатывать, если любое прерывание попадаемого на приемник излучения менее 20 мс.

Таблица 1

Тактико-технические характеристики периметровых ИК-извещателей семейства СПЭК

Тип извещателя Характеристики	СПЭК-5 ИО209-11	СПЭК-7 ИО209-16	СПЭК-8 ИО209-17	СПЭК-1112 ИО209-23	Вектор- СПЭК ИО209-14
Макс. дальность действия (L), м	125	15	300	150	150
Число ИК-лучей (расстояние между лучами, см)	1	2 (35 см) 6 (7 см)	1	2 (в горизонтальной плоскости)	1
Напряжение питания постоянного тока, В	10,2 ÷ 30	10 ÷ 30	15 ÷ 30	18 ÷ 30	10,2 ÷ 30
Потребляемый ток, не более, мА	40	40 ÷ 60	600 (с подогревом)	500 (с подогревом)	50
Коэфф. запаса по ИК-энергии	100	15	1000	300	100
Помехоустойчивость от эл/осв. приборов, не менее, лк	500	1500	2000	2000	500
Помехоустойчивость от солнца, галогеновых ламп, не менее, лк	10000	50000	30000	30000	10000
Рабочий диапазон температур, °С	-40...+55	-40...+55	-55...+75	-55...+75	-40...+55
Возможность ДК функционирования	нет	да	да	да	да
Автоматическое включение – отключение подогрева	нет	нет	да	да	нет
Формирование барьеров					
однолучевого	да	нет	да	да	да
двухлучевого	нет	да	нет	нет	нет

Таблица 2

Зависимость коэффициента запаса от дальности

Дальность, м	Коэффициент запаса, крат
До 15	≥ 10
30–50	≥ 50
50–75	≥ 100
125–150	≥ 200
250–300	≥ 600

### Выводы

Таким образом, рассмотрев различные направления использования ИК-извещателей в системах охранно-пожарной сигнализации, сделаем следующие выводы:

– извещатели пламени обеспечивают возможность защиты зон со значительным теплообменом и открытых площадок, где невозможно применение тепловых и дымовых извещателей;

– многоспектральные пожарные ИК-извещатели обеспечивают сведение к минимуму количество ложных срабатываний;

– охранным ИК-извещателям присущи:

возможность формировать барьерные рубежи обнаружения в помещениях и на периметрах;

способность взять под охрану отдельные предметы или группу предметов даже в условиях присутствия людей в соответствующем помещении;

хорошая камуфлируемость их составных элементов (передатчиков, приемников);

высокая помехоустойчивость к акустическим и электромагнитным помехам.

### Литература

1. Трубаева М.В. Извещатели пламени, техническое обозрение // Системы безопасности. № 4. 2009. С. 52–60.

2. Иванов И.В. Охрана периметров – 2. — М.: «Паритет Граф». 2000. 196 с.

3. Орлов Ю.Ю., Столяренко А.В., Громовенко Л.И., Жариков О.Ю. Принцип действия и особенности функционирования ИК-пассивных охранных извещателей. Электронный ресурс: [http://guarda.ru/infra\\_red/15/](http://guarda.ru/infra_red/15/). Режим доступа 4 сентября 2017 г.

4. Кирюхина Т.Г., Членов А.Н., Буцынская Т.А. Электронные системы безопасности. — М.: ТАКИР. 2006. 284 с.

5. Левашов О.В. Активные лучевые барьеры для охраны периметра // Системы безопасности. № 6. 2004. С. 32–36.

6. Пинчук Г.Н., Петровский Н.П. Оценка функциональных показателей технических средств обнаружения систем охраны // Системы безопасности, связи и телекоммуникаций. № 34. 2000. С. 52–56.

7. Дудкин В.А. Селекция целей по габаритным размерам в оптических извещателях // Сборник научных трудов «Проблемы объектовой охраны». Вып. 1. — Пенза: Изд-во ПГУ. 2000. С. 132–135.

8. Магауенов Р.Г., Семенов О.И., Афанасьева Л.Г., Егоров А.Н. Толковый словарь терминов по системам физической защиты. — М.: «Секьюрити Фокус». 2012. 288 с.

9. ГОСТ 52860-2007 Технические средства физической защиты. Общие технические требования.

10. Извещатель охранный линейный оптико-электронный ИО209-23 «СПЭК-1112». Руководство по эксплуатации.