

*А.О. Рябов*, магистрант кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»

*И.И. Рамоян*, кандидат технических наук,

доцент кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью»

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

**Ключевые слова:** дымовые пожарные извещатели; время срабатывания; дымовая камера; статический заряд; корпус извещателя.

**Аннотация:** В статье проведен анализ существующих конструкций дымовых пожарных извещателей. Проведенный анализ показал, что важной причиной их некорректной работы является сама конструкция корпуса извещателя из-за отсутствия свободного проникновения дыма в чувствительную зону. Приведен пример наиболее часто встречающейся конструкции корпуса дымовых пожарных извещателей, которая имеет относительно большую высоту расположения дымозаходных отверстий относительно потолка. При этом для проникновения частиц дыма в дымовую камеру тепломому воздуху необходимо опуститься обратно вниз или объем скопившегося под потолком дыма должен повыситься, что влияет на время срабатывания датчиков. На основе выполненного анализа авторы настоящей статьи предлагают более оптимальное устройство извещателя, дымозаходные отверстия на корпусе которого располагаются ближе к потолку, т.е. на непосредственном пути частиц дыма, что повышает вероятность их проникновения в дымовую камеру. В целом конструкция извещателя отличается тем, что дымовая камера располагается над микросхемой, контактами и диодами. Для приема вертикально восходящих потоков дыма в извещателе предусмотрены отверстия в нижней части крышки. В микросхеме и электрической колодке также сделаны отверстия для облегчения прохождения дыма в дымовую камеру. Для оценки преимуществ предлагаемой авторами конструкции был выполнен сравнительный теоретический расчет времени срабатывания нового и наиболее распространенных моделей извещателей. Результаты расчетов показывают, что предложенная конструкция пожарного извещателя позволяет обеспечить наиболее быстрое прохождение дыма через дымовую камеру, вследствие чего время срабатывания пожарной сигнализации сокращается.

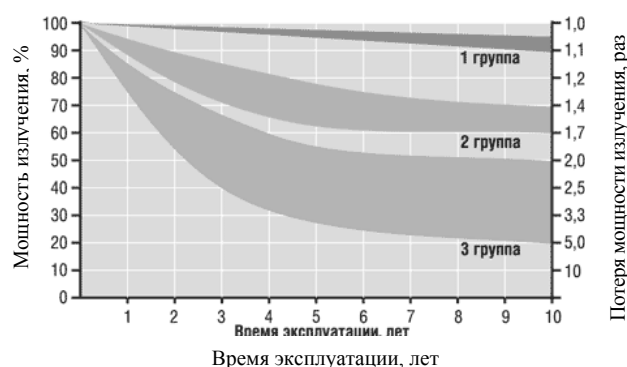
В настоящее время рынок заполнен обилием различных моделей дымовых пожарных извещателей. Гонясь за эстетической составляющей, многие производители забывают об основных задачах систем раннего обнаружения источника возгорания. Для удешевления датчиков производители применяют менее качественные комплектующие и материалы. Пренебрегают также качественной проверкой извещателей в дымовой камере, проведением тестовых пожаров, забывая, что от времени обнаружения источника возгорания зависят масштабы развития пожара и условия дальнейшего пожаротушения.

Анализ проведенных исследований [1; 2; 3] по проблеме ложных срабатываний и неэффективной работы дымовых точечных пожарных извещателей показал, что можно выделить три основные причины их некорректной работы.

К первой причине можно отнести дешевые и, как правило, некачественные компоненты, используемые при изготовлении дымовых оптико-электронных пожарных извещателей. В результате экспериментальных исследований было выяснено, что со временем дешевые ИК-диоды теряют мощность излучения в разы, причем цена используемых диодов обратно пропорциональна чувствительности к дыму с течением времени [1].

По поведению ИК-диодов в процессе испытаний они были разделены автором [1] на три характерные группы. На графике (рисунок 1) приведены типовые зависимости изменения мощности излучения (в процентном отношении) для этих групп. Первая группа (примерно 20 % всех испытываемых типов ИК-диодов) характеризуется очень малой потерей мощности излучения за весь срок службы (не более 5–10 % за 10 лет). Вторая группа характеризуется умеренной потерей мощности излучения (до 30–40 % за 10 лет). Третья

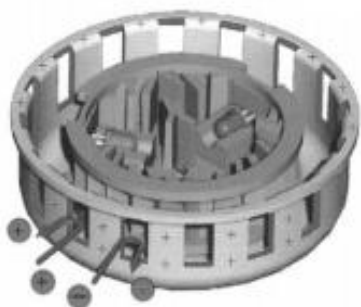
группа – самая многочисленная – до 70 % всех испытываемых ИК-диодов. Для нее характерна значительная и очень значительная потеря мощности излучения ИК-диода – от 50 до 80 % (в 2–5 раз).



**Рис. 1.** График зависимости мощности излучения от времени эксплуатации

Вторым очень существенным, а при определенных обстоятельствах практически непреодолимым препятствием могут стать размеры входных отверстий в корпусе извещателя. В последнее время все чаще в новых разработках (с целью сэкономить на защищаемой от насекомых сетке) дымозаходные отверстия в корпусе стали выполнять в виде узких длинных щелей. При этом общая суммарная площадь таких отверстий по сравнению с типовыми корпусами уменьшилась не очень существенно. Но вся проблема в том, что корпуса извещателей традиционно изготавливаются из пластика, не обладающих антистатическими свойствами.

Поэтому в условиях их применения на реальных объектах на корпусах накапливается статический заряд какого-либо знака. Известно, что частицы дыма в условиях возникновения реального очага пожара также несут на себе определенный заряд. Для того чтобы частицы дыма могли проникнуть внутрь извещателя через узкие щели, они должны максимально сблизиться с элементами корпуса (межщелевыми перемычками) и преодолеть его электрическое поле. При одинаковом знаке заряда частицы, попадая в электрическое поле корпуса, будут отталкиваться от него и приобретут вектор движения по направлению от извещателя. При различных знаках заряда частицы, попав под действие электрического поля корпуса, сначала притянутся к нему, даже если они двигались по направлению к щели (рис. 2) [2].



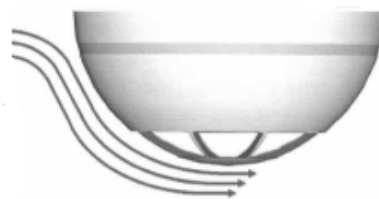
**Рис. 2.** Принцип взаимодействия заряженных частиц дыма и корпуса дымового извещателя с узкими щелями

В обычных конструкциях корпуса извещателей дымозаходные отверстия имеют достаточно крупные размеры, что не создает каких-либо существенных препятствий для дымозахода даже в случае наличия статических зарядов на корпусе и частицах дыма. Под действие электрического поля корпуса будут попадать только те частицы, которые движутся по траектории, близкой к краям отверстий, тогда как на движение основной массы дыма ближе к центру отверстий воздействие этого электрического поля будет очень слабым (рис. 3) [2].



**Рис. 3.** Принцип взаимодействия заряженных частиц дыма и корпуса дымового извещателя с обычными дымозаходными отверстиями

Третьей причиной некорректной работы из-за отсутствия свободного проникновения дыма в чувствительную зону является сама конструкция корпуса извещателя. В последнее время наметилась тенденция придавать корпусам как можно более обтекаемые формы, которые органично вписываются в интерьер помещений, но имеют еще и очень высокие аэродинамические свойства, что совершенно не способствует проникновению дыма внутрь. При встрече на своем пути извещателя сферической формы дыму значительно легче обогнуть препятствие, чем проникнуть внутрь корпуса (рис. 4) [2].



**Рис. 4.** Извещатель сферической формы

Были проведены исследования, которые показали, что извещатели с высоким аэродинамическим сопротивлением дымозахода, с обтекаемыми корпусами минимальных размеров при высокой чувствительности в дымовом канале срабатывают позже извещателей с более низкой чувствительностью, но с хорошей вентилируемостью дымовой камеры [3].

На рис. 5 приведен пример наиболее часто встречающейся конструкции корпуса дымовых пожарных извещателей, которая имеет уже другой недостаток: относительно большую высоту расположения дымозаходных отверстий относительно потолка. Для проникновения частиц дыма в дымовую камеру теплого воздуха необходимо опуститься обратно вниз (по законам физики дыму проще обогнуть извещатель сбоку) или объем скопившегося под потолком дыма должен повыситься (что влияет на время срабатывания датчиков). Основные конструктивные элементы извещателя (микросхема, электрическая колодка) располагаются здесь над дымовой камерой, что и приводит к вышеназванному недостатку.



**Рис. 5.** Типовой корпус извещателя

Исходя из анализа вышеназванных причин некорректной работы дымовых пожарных извещателей, для организации более эффективного дымозахода внутрь корпуса его форма должна максимально препятствовать потокам воздуха вдоль него, т. е. отверстия должны «захватывать» движущийся мимо дым.

Авторы настоящей статьи предлагают более оптимальное устройство дымового извещателя (условное название М-1, рис. 6). Входные отверстия на корпусе здесь располагаются ближе к потолку, т. е. на непосредственном пути частиц дыма, что повышает вероятность их проникновения в дымовую камеру. В целом конструкция извещателя отличается тем, что дымовая камера располагается над микросхемой, контактами и диодами. Для приема вертикально восходящих потоков дыма в извещателе предусмотрены отверстия в нижней части крышки. В микросхеме и электрической колодке также сделаны отверстия для облегчения прохождения дыма в дымовую камеру. Корпус извещателя выполнен из полипропилена Cabelec 3839, который отличается хорошими антистатическими свойствами.

Для оценки преимуществ предлагаемой авторами конструкции извещателя был выполнен сравнительный теоретический расчет времени срабатывания нового и наиболее распространенных моделей извещателей. Для расчета времени срабатывания использовались основные положения физики, газодинамики и теплообмена при пожарах [4; 5].

Масса дыма  $m_z$ , кг, образующегося при горении, определяется по формуле [4]:

$$m_z = (\psi + g_k - g_i) \cdot t, \quad (1)$$

где  $\psi$  – массовая скорость выгорания вещества, кг /с;

$g_k$  – количество поступающего воздуха через дверной проем, кг/с;

$g_i$  – количество выходящего воздуха из помещения, кг /с;

$t$  – время развития пожара, с.

С другой стороны, масса продуктов горения (дыма) вычисляется по формуле:

$$m_z = \rho_{nz} \cdot V_{zop}, \quad (2)$$

где  $\rho_{nz}$  – плотность продуктов горения, кг/м<sup>3</sup>;  $V_{zop}$  – объем образующегося дыма, м<sup>3</sup>.

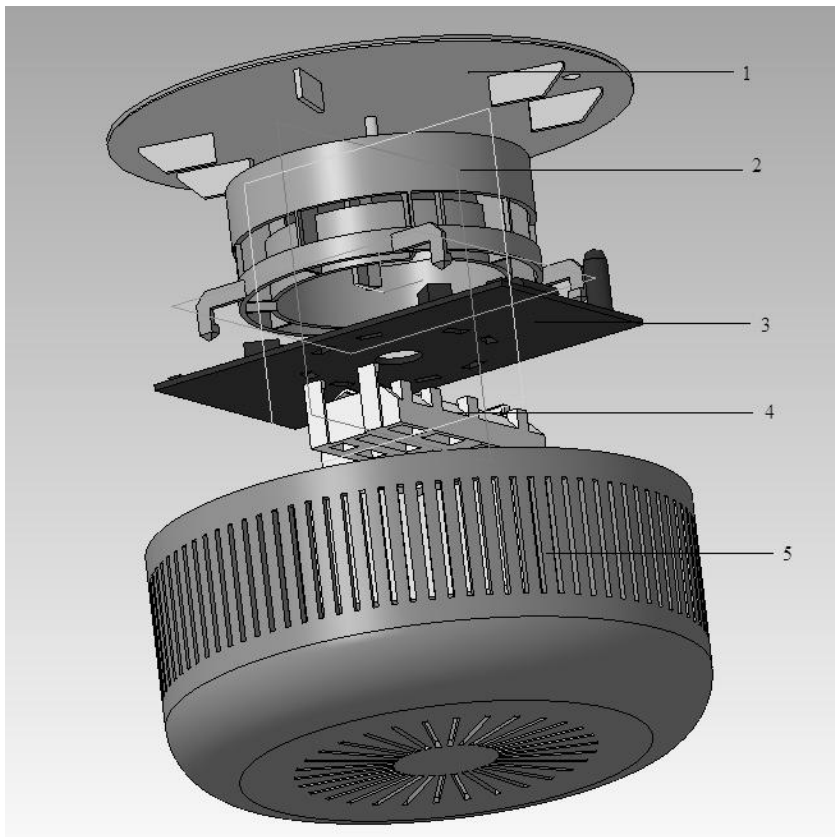
Плотность продуктов горения  $\rho_{nz}$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляется по эмпирической формуле [5]:

$$\rho_{nz} \approx \frac{352}{T_n}, \quad (3)$$

где  $T_n$  – температура в помещении при пожаре, К.

Согласно СП 5.13130.2009 время срабатывания пожарных извещателей не должно превышать 360 секунд. В течение данного времени движение воздуха будет минимально, следовательно, воздухообмен в помещении можно не учитывать. Таким образом, масса продуктов горения  $m_z$ , находящихся в помещении, может быть определена по упрощенному выражению (1):

$$m_z = \psi \cdot t, \quad (4)$$



**Рис. 6.** Предлагаемая оптимальная конструкция извещателя М-1:

1 – крепление извещателя; 2 – дымовая камера; 3 – микросхема; 4 – электрическая колодка; 5 – крышка корпуса

Таблица 1. Сравнение технических характеристик и времени срабатывания оптико-электронных пожарных извещателей

№	Марка датчика	Диаметр корпуса, мм	Высота корпуса, мм	h, мм	Время срабатывания, с
1	М-1	90	40	10	54
2	ИП 101-18-A2R1	70	45	40	222
3	ИП 212-85	89	37	20	108
4	ИП 212-18	94	48	30	168
5	Извещатель В.В Овчинникова	92	22	19	102

Скорость выгорания  $\psi$ , кг/с, вычисляется по формуле [5]:

$$\psi = V_{лин} \cdot S_2 \cdot \rho_{гор}, \quad (5)$$

где  $V_{лин}$  – линейная скорость горения материала, м/с;  $S_2$  – площадь горения, м<sup>2</sup>;  $\rho_{гор}$  – плотность горючего вещества, кг/м<sup>3</sup>.

Подставив в формулу (4) все найденные из вышеуказанных зависимостей (2, 3, 5) величины, получим:

$$\frac{352}{T_n} \cdot V_{гор} = V_{лин} \cdot S_2 \cdot \rho_{гор} \cdot t, \quad (6)$$

Из выражения (6) выразим искомое время срабатывания извещателя  $t$ , с, в течение времени развития пожара:

$$t = \frac{352 \cdot V_{гор}}{V_{лин} \cdot S_2 \cdot \rho_{гор} \cdot T_n} = \frac{352 \cdot S_0 \cdot h}{V_{лин} \cdot S_2 \cdot \rho_{гор} \cdot T_n}, \quad (7)$$

где  $S_0$  – площадь задымления, м<sup>2</sup>;  $h$  – высота расположения дымозаходных отверстий относительно потолка, м.

Как было сказано выше, для различных пожарных извещателей характерны различная высота  $h$  расположения дымозаходных отверстий относительно потолка. Рассчитаем по формуле (7) время срабатывания для извещателя М-1 и для некоторых распространенных на рынке дымовых оптико-электронных пожарных извещателей.

Исходные данные для расчета:  
площадь задымления  $S_0=98$  м<sup>2</sup>,

площадь горения  $S_{гор}=0,3$  м<sup>2</sup>,  
горючее вещество – масло индустриальное,  
плотность масла  $\rho_{гор}=917$  кг/м<sup>3</sup>,  
линейная скорость горения масла  $V_{лин}=0,7 \cdot 10^{-4}$  м/с,  
средняя температура в помещении в течение первых минут пожара  $T_n=70^{\circ}\text{C}$ .

Результаты расчетов представлены в таблице 1, которые показывают лучшее время срабатывания для предлагаемого нового извещателя М-1.

Кроме этого, также можно сделать вывод, что при изготовлении пожарных извещателей необходимо выбирать наиболее качественные материалы и компоненты. Устройство извещателей рекомендуется выбирать с отверстиями для приема дыма, расположенными ближе к потолку. Конструкция предложенного авторами пожарного извещателя позволяет обеспечить наиболее быстрое прохождение дыма через дымовую камеру, вследствие чего время срабатывания пожарной сигнализации сокращается.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивинская И. Проверка временем. Ее не всегда выдерживает чувствительность пожарных извещателей // БДИ. 2004. № 4. С. 52–53.
2. Маслов И., Демиденко В. Нет дыма без огня // БДИ. 2004. № 3. С. 46–48.
3. Неплохов И. Чувствительность дымового извещателя // Системы безопасности. 2012. № 2. С. 152–158.
4. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учеб. пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
5. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров : учеб. пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. 256 с.

#### PERSPECTIVES OF CONSTRUCTION OF SMOKE-SENSITIVE DETECTORS

© 2014

**A.O. Ryabov**, candidate of technical sciences,  
magistrand of the chair «Management of industrial and ecological safety»

**I.I. Rashoyan**, candidate of technical sciences,  
assistant professor of the chair «Management of industrial and ecological safety».  
*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

**Keywords:** smoke detectors; reaction time; flue gas chamber; static charge on the case, the detector housing.

**Annotation:** The paper analyzes existing designs smoke detectors. The analysis showed that the major cause of incorrect operation is very design the detector due to the absence of the free passage of smoke in the sensing zone. An example of the most common hull design smoke detectors, which has a relatively large height of the holes relative to ceiling. Here-with, for the penetration of smoke particles in the smoke chamber the warm air must be lowered back down, or the volume of accumulated smoke should increase. This affects the response time of the sensor. On the basis of performance analysis,

the authors of this article offer a more optimal device detector. The holes in his body closer to the ceiling, which increases the probability of penetration of smoke into the smoke chamber. The design of the detector is characterized in that the smoke chamber is located above the chip, contacts and diodes. To receive updrafts smoke openings are provided at the bottom of the detector cover. Also in the chip and the electrical block are made holes for the passage of smoke in the chamber. Was the comparative theoretical calculation of response time of the most common models and new detectors. The calculation results show that the proposed design of the detector allows the most rapid passage of smoke through the smoke chamber.