

Научная статья  
УДК 614.8  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.001

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

*Денис Сергеевич Королев<sup>1</sup>*  
*Марианна Борисовна Шмырева<sup>2</sup>*  
*Артем Александрович Гапеев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

<sup>3</sup>Академия ГПС МЧС России, Москва, Россия

*Автор ответственный за переписку: Денис Сергеевич Королев, otrid@rambler.ru*

**Аннотация.** В статье предложен методический подход по совершенствованию системы пожарной сигнализации, осуществляющей мониторинг окружающей среды, принцип работы которой основан на достижении предельных пороговых значений температуры или концентрации дыма. Предложено внести изменения в конструкцию дымовой камеры путем размещения пластин особой формы с отверстиями, исключающих попадание внешнего света и препятствий движения воздушных потоков.

**Ключевые слова:** безопасность, пожарная сигнализация, концепция, схема, факторы пожара

**Для цитирования:** Королев Д.С., Шмырева М.Б., Гапеев А.А. Повышение эффективности пожарной автоматики для предотвращения и ограничения воздействия опасных факторов пожара // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 3(30). С. 18-25. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.001>.

Original article

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIRE AUTOMATION TO PREVENT AND LIMIT THE EFFECTS OF HAZARDOUS FIRE FACTORS

*Denis S. Korolev<sup>1</sup>*  
*Marianna B. Shmyreva<sup>2</sup>*  
*Artem A. Gapeev<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Voronezh state technical university, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

<sup>3</sup>SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Denis S. Korolev, otrid@rambler.ru

**Abstract.** The article proposes a methodical approach to improve the fire alarm system that monitors the environment, the principle of operation of which is based on reaching the maximum threshold values of temperature or smoke concentration. It is proposed to make changes to the design

of the smoke chamber by placing plates of a special shape with holes that exclude the ingress of external light and obstruct the movement of air flows.

**Key words:** safety, fire alarm, concept, diagram, fire factors

**For citation:** Korolev D.S., Smyreva M.B., Gapeev A.A. Improving the efficiency of fire automation to prevent and limit the effects of hazardous fire factors // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2023;3(30): 18-25. (In Russ.). <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.001>.

В настоящее время применение современных систем пожарной сигнализации, предупреждающей о превышении установленного порогового значения, например, температуры или концентрации дыма в защищаемом помещении, является неотъемлемой частью системы обеспечения пожарной безопасности [1-3]. Что особенно актуально для предприятий, в которых протекает взрывоопасный технологический процесс или сконцентрировано большое количество пожароопасных веществ и материалов, представляющие повышенный источник опасности. Не являются исключением социально-значимые объекты, а также объекты защиты с массовым пребыванием людей, характеризуемые огромным потоком рабочего персонала и посетителей. Рост сектора коммерческой недвижимости и IT-индустрии (инфраструктуры), появление центров обработки данных стимулирует спрос на противопожарное оборудование [4,5]. Следовательно, использование прогрессивных систем безопасности с многократным дублированием и резервированием, повышающие надежность эксплуатации оборудования - необходимое условие для защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара.

Согласно статистическим данным в период с 1993 -2021 г. в 30 развитых и развивающихся странах ежегодно регистрировалось около 2,5 - 4,5 млн. возгораний, в которых погибало 17- 62 тысяч человек [6]. При этом основной причиной 70 % смертей от неконтролируемого горения признано отсутствие (неисправность) системы пожарной сигнализации и оповещения, которая снижает риск гибели при деструктивном событии на 50 % [7].

Таким образом, повсеместное применение автоматических систем пожарной автоматики может сыграть важную роль в спасении человеческих жизней, обеспечить рост экономики за счет снижения последствий от пожаров и взрывов.

В качестве объекта исследования предлагается концепция комбинированной системы пожарной сигнализации, объединяющей в себя несколько датчиков, ориентированные на разные опасные факторы пожара (Рис.1) со встроенными пластинами.



Не требуется его калибровка и исключено самонагревание. Важным показателем является потребление питания, которое составляет 50 мкА. Чтобы получить ток 50 мкА на выводе  $U_{out}$  I, рассчитали  $R_1$  с источником отрицательного напряжения по формуле (1):

$$R_1 = \frac{-U_s}{50 \cdot \mu \cdot A} = \frac{-(-5 \cdot U)}{50 \cdot \mu \cdot A} = 100K \quad (1)$$

$U$  – напряжение;

$R$  – сопротивление в системе.

Стоит отметить, что стандартное напряжение датчика температуры не превышает 10 мВ, что не достаточно для стабильной работы AVR (микроконтроллера), поэтому нужен неинвертирующий усилитель (2):

$$AF = 1 + \frac{983\Omega}{220\Omega} = 5,47 \quad (2)$$

При температуре 30°C на выходе LM-35 наблюдаем около 0,30 В, но после усиления получаем (3) напряжение на микроконтроллере:

$$V = 0,3 \cdot 5,47 = 1,641 \quad (3)$$

Таким образом, при получении напряжения более 3В на контакте, происходит отправка оповещения о деструктивном событии.

Вторым значимым элементом является дымовой извещатель [9], принцип работы которого представлен на рис. 3. В предлагаемой системе датчик дыма представляет собой камеру Т-образной формы с инфракрасным светодиодом, излучающим свет (Рис. 4). Конструкция камеры выполнена из ПВХ матового цвета, в которой имеется три отверстия. В левом располагается светодиод, в нижнем фотодиод, а правое отверстие предназначено для захвата частиц дыма.



Рис.3. Принцип действия дымового извещателя (а) когда задымления нет, б) появилась мелкодисперсная система)

В случае воздействия внешних факторов (попадание света, ускоренного воздушного потока, загрязнения и т.д.), необходимо провести калибровку чувствительного элемента детектора задымления. Для этого достаточно усилить падение напряжение на фоторезисторе, тогда коэффициент усиления неинвертирующего усилителя составит (4):

$$AF = 1 + \frac{0,5\Omega}{1\Omega} = 1,5 \quad (3)$$

Установлено, что при отсутствии задымления выходное напряжение составит 5,5 В. В случае увеличения интенсивности дымообразования, величина напряжения уменьшается и достигает 3-3,5 В (Рис.4).

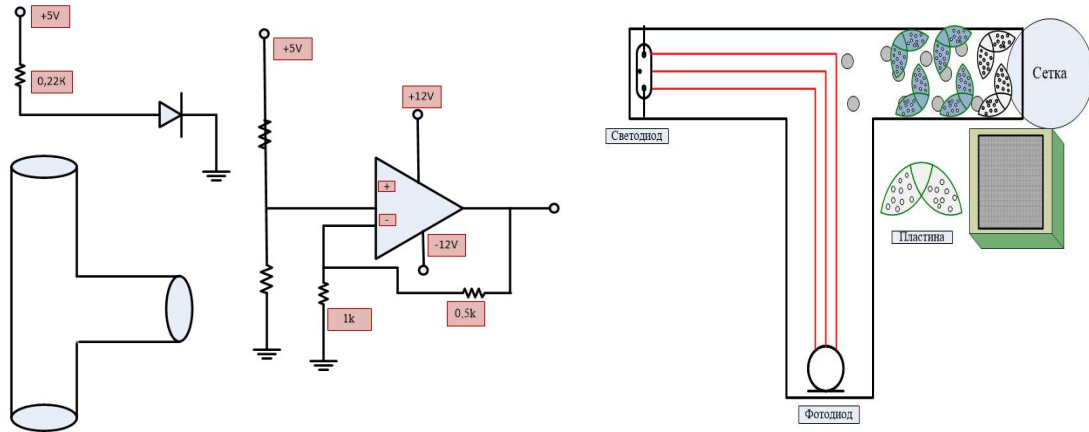


Рис.4. Схема подключения дымового детектора и работа камеры

Таким образом, независимо от опасного фактора, который будет оказывать негативное влияние на людей, оба извещателя должны сработать при одинаковом значении напряжения.

Технической новизной системы пожарной сигнализации является следующее:

1) для защиты от насекомых на дымовой камере предусмотрена защитная сетка размерами ячеек 1,1x1,1 мм, устанавливаемая с правой наружной стороны, эффективность и геометрические размеры, которой определяли при помощи следующего алгоритма:

- построение графика неявно заданной функции  $\omega(x, y)$  в декартовой системе координат;
- определение области искомой величины проходного сечения  $S$  для функции  $\omega(x, y)$ , на которую наносим сетку  $D$  по формуле (5):

$$D = \{(x_i, y_i) | x_i = x_0 + ih, y_i = y_0 + ih, i = 0, 1, \dots\} \quad (5)$$

$h$  – параметр, рассчитываемый по формуле (6) и устанавливающий точность измерения исходя из его первоначально малой величины:

$$h = x_{i+1} - x_i \quad (6)$$

$(x_i, y_i)$  - координаты неявно заданной функции.

Полученное значение  $D$  определит принадлежность частей, попадающих полностью или частично в квадратные ячейки сетки при выполнении одного из условий:

- $\omega(x, y) > 0$  – точка принадлежит защищаемой области;
- $\omega(x, y) < 0$  – точка не принадлежит защищаемой области (Рис. 5);

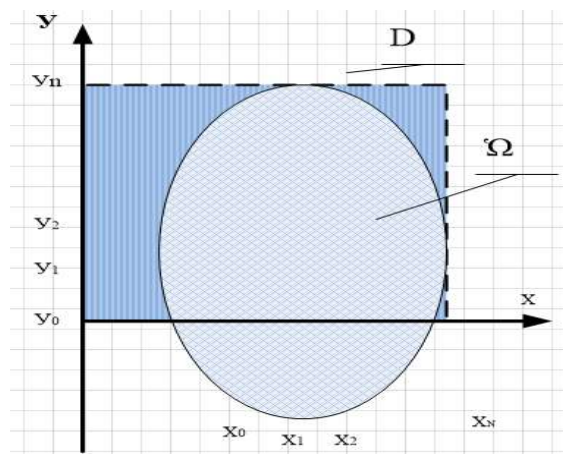


Рис.5. Покрытие области проходного отверстия и определение рабочей области

Стоит отметить, что чем меньше параметр  $h$ , тем точнее можно рассчитать защищаемую площадь, формирующую проходное отверстие. Для определения этой площади, авторы воспользовались методом Монте-Карло, позволяющего приближенно рассчитать площадь сложных фигур по формуле (7):

$$I = \int_B^A W(x) dx \quad (7)$$

Функция  $W(x)$ , а также интервальные границы  $A$  и  $B$  определяются величиной момента времени, при котором определяется положение входного и выходного отверстия относительно друг друга, тем самым образуя проходную ячейку (Рис.6).

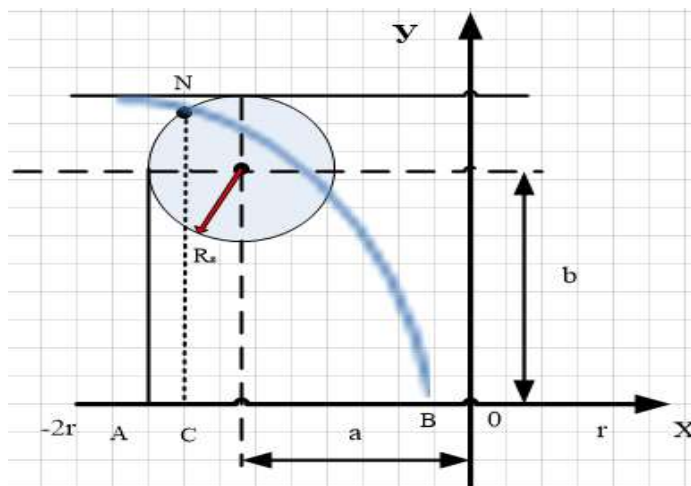


Рис.6. Определение границ интегрирования для вычисления площади отверстия

В определенный момент времени, необходимо сформировать границы интеграла  $A$ ,  $B$  и  $C$ , а затем найти общую точку пересечения, например  $N$  графиков функций  $\omega_1(x, y)$  и  $\omega_2(x, y)$ , которые зададут границы отверстий в выбранный момент времени (8):

$$I = 2 \cdot \int_{x=B}^{x=A} W(x) dx = 2 \cdot \int_{x=C}^{x=A} [b + \sqrt{R_z^2 - (x+a)^2}] dx + 2 \int_{x=C}^{x=B} \sqrt{r^2 - [x + \beta \cdot r - r \cdot a \cdot (\sigma)]^2} dx \quad (8)$$

Отметим, что точка «3» определяет центр округления, поскольку дымовая камера имеет не идеальную форму круга или овала;

$\tau$  – временной интервал;

$a(\tau)$  – параметр, позволяющий определить координаты центра отверстия;

$\beta$  – параметр, определяющий координату в начальный момент времени.

Таким образом, рассчитывая интегралы методом замены переменных, получили достаточно точную искомую величину площади, а площадь проходного отверстия находили по формуле (9):

$$S = \Pi r^2 - I \quad (9)$$

Следовательно, для беспрепятственного прохождения потока воздуха при нормальной скорости движения размер ячейки должен быть не менее 1,1x1,1.

2) оптическая камера выполнена таким образом, что посторонний внешний свет не может проникнуть в измерительную камеру, при этом дым проникает беспрепятственно, что достигается за счет установки вертикальных «Г» - образных пластин, затрудняющих прохождение частиц пыли, грязи, и в то же время, обеспечивая свободный доступ для прохождения горизонтальных воздушных потоков (Рис. 7).

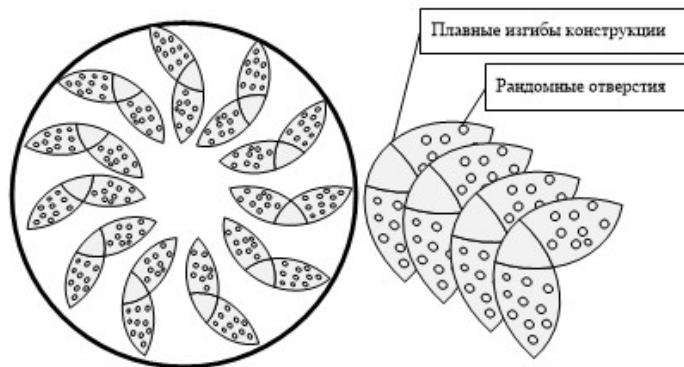


Рис.7. Схема «Г»-образных пластин с рандомными отверстиями

Специальная форма пластинок, расположенных неравномерно по периметру камеры, формируют удовлетворительную степень защиты от внешнего света, в сравнении с обычными пластинками, а плавные изгибы и наличие рандомных отверстий не оказывают значительного сопротивления воздушного потока и проходимости задымленной среды. Острые края применяемых пластинок обращены к центру камеры, внутренняя поверхность которой выполнена из рифленой поверхности, тем самым снижая уровень фонового сигнала и уменьшая, по сравнению с плоскими поверхностями, степень отражения сигнала.

Таким образом, предлагаемая концепция пожарной сигнализации позволит обеспечивать безопасность людей и их имущество на высоком уровне. Такой показатель может быть достигнут путем применения особых пластинок с рандомными отверстиями в дымовой камере, а также возможностью гибкого регулирования параметров работы датчиков температуры и концентрации дыма, основываясь на физико-химических свойствах применяемых веществ, сложности технологического процесса и т.д.

#### Список источников

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст]: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. - 2008. - № 30 (часть I). - ст. 3579
2. Королев Д.С., Минкин Д.Ю. Методика работы интегрированной цифровой системы пожарной автоматики с газоанализирующим оборудованием / Д.С. Королев, Д.Ю. Минкин // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 32-38.
3. Королёв Д.С., Вытовтов А.В. Способ совершенствования систем, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2022. № 2. с. 35-44.
4. Исаков С.Л., Чалаташвили М.Н. Об управлении риском пожарной опасности промышленного предприятия // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008. № 4 (8). С. 95-98.
5. Порошин А.А. Определение мест дислокации подразделений пожарной охраны для защиты от пожаров социально значимых объектов // Технологии техносферной безопасности. 2022. № 4 (98). С. 68-78.
6. Гибель на пожарах: статистика, анализ и основные показатели [Электронный источник] <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gibel-na-pozharax/> (дата обращения 26.07.2023)
7. Удручающая статистика жертв пожаров [Электронный источник] <https://ohranatruda.ru/news/902/588986/> (дата обращения 26.07.2023)
8. LM35DZ/NOPB датчик температуры [Электронный источник] <https://www.chipdip.ru/product/lm35dz> (дата обращения 26.07.2023)
9. Датчик дыма пожарный [Электронный источник] <https://fireman.club/statyi-polzovateley/datchiki-dyima-naznachenie-vidyi-i-osobennosti/> (дата обращения 26.07.2023)

## References

1. Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti [Tekst]: feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. - 2008. - № 30 (chast' I). - st. 3579
2. Korolev D.S., Minkin D.YU. Metodika raboty integrirovannoy tsifrovoy sistemy pozharnoy avtomatiki s gazoanaliziruyushchim oborudovaniyem / D.S. Korolev, D.YU. Minkin // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2021. № 1 (57). S. 32-38.
3. Korolov D.S., Vytovtov A.V. Sposob sovershenstvovaniya sistem, obespechivayushchikh snizheniye pozharnoy i promyshlennoy opasnosti // Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya. 2022. № 2. s. 35-44.
4. Isakov S.L., Chalatahshvili M.N. Ob upravlenii riskom pozharnoy opasnosti promyshlennogo predpriyatiya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2008. № 4 (8). S. 95-98.
5. Poroshin A.A. Opredeleniye mest dislokatsii podrazdeleniy pozharnoy okhrany dlya zashchity ot pozharov sotsial'no znachimykh ob"yektov // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. 2022. № 4 (98). S. 68-78.
6. Gibel' na pozharakh: statistika, analiz i osnovnyye pokazateli [Elektronnyy istochnik] <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gibel-na-pozharax/> (data obrashcheniya 26.07.2023)
7. Udruchayushchaya statistika zhertv pozharov [Elektronnyy istochnik] <https://ohranatruda.ru/news/902/588986/> (data obrashcheniya 26.07.2023)
8. LM35DZ/NOPB datchik temperatury [Elektronnyy istochnik] <https://www.chipdip.ru/product/lm35dz> (data obrashcheniya 26.07.2023)
9. Datchik dyma pozharnyy [Elektronnyy istochnik] <https://fireman.club/statyi-polzovateley/datchiki-dyima-naznachenie-vidyi-i-osobennosti/> (data obrashcheniya 26.07.2023)

### Информация об авторах

Д.С. Королев - кандидат технических наук, доцент

М.Б. Шмырева – кандидат экономических наук

А.А. Гапеев – кандидат технических наук

### Information about the author

D.S. Korolev - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

M.B. Shmyreva - Ph.D. of Economic Sciences

A.A. Gapeev - Ph.D. of Engineering Sciences

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакция 12.08.2023; одобрена после рецензирования 18.09.2023; принята к публикации 28.09.2023.

The article was submitted 12.08.2023, approved after reviewing 18.09.2023, accepted for publication 28.09.2023.