

УДК 543.07

СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОВЫЕ ДАТЧИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

Соломахин З.Е., Соломахин Е.Е., курсанты гр. 25-92, V курс
Научный руководитель: Кочетова Ж.Ю., д.г.н., доцент
Военный учебно-научный центр Военно-Воздушных сил «Военно-воздушная
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж

Пожар – один из основных факторов, приводящий к гибели людей и материальному ущербу. Так, в Российской Федерации только за 2022 год зафиксировано 352509 пожаров, в которых погибло 7746 человек, травмировано – 8140; прямой ущерб составил 18701109 рублей. Несмотря на проводимую работу по предупреждению пожаров и предотвращению развития чрезвычайных ситуаций, приведенные цифры год от года практически не изменяются [1]. Это связано с тем, что за последние десятилетия натуральные материалы для строительства, отделки зданий и сооружений, изготовления теплоизоляционных материалов, мебели и оборудования были заменены синтетическими. При этом риск для жизни и имущества от пожаров резко возрос, так как при горении синтетических материалов образуется токсичный дым, выделяется гораздо больше углекислого газа, чем при сжигании натуральных материалов, а, следовательно, сокращается время эвакуации.

Для непрерывного мониторинга и обнаружения пожаров в настоящее время используются датчики температуры, пламени, дыма, газов [2]. Тип датчиков, их количество и способ размещения в противопожарной системе выбирают в соответствии с характеристиками объекта мониторинга и условиями эксплуатации датчиков. К наиболее часто встречающимся недостаткам используемых в противопожарных системах трансдюсеров относятся их низкие чувствительность, устойчивость, а также большое количество ложных срабатываний.

В определенных ситуациях (например, при возгорании складов, телекоммуникационных объектов, находящихся без постоянного наблюдения) пожар можно обнаружить только после того, как он полностью разовьется, что может нанести серьезный ущерб имуществу и привести к человеческим жертвам. Для минимизации воздействия пожаров необходимо внедрение инновационных эффективных технологий раннего предупреждения возгорания.

За последнее десятилетие создано несколько новых технологий обнаружения пожара благодаря достижениям в области датчиков, информационных технологий и микроэлектроники, а также глубокому пониманию физики пожара [3]. Краткая хронология разработки датчиков пожара приведена на рисунке 1. Представлены пять ключевых методов обнаружения, к которым

относятся датчики тепла, газа, пламени, дыма и оксида графена (GO), а также другие технологии обнаружения пожара.

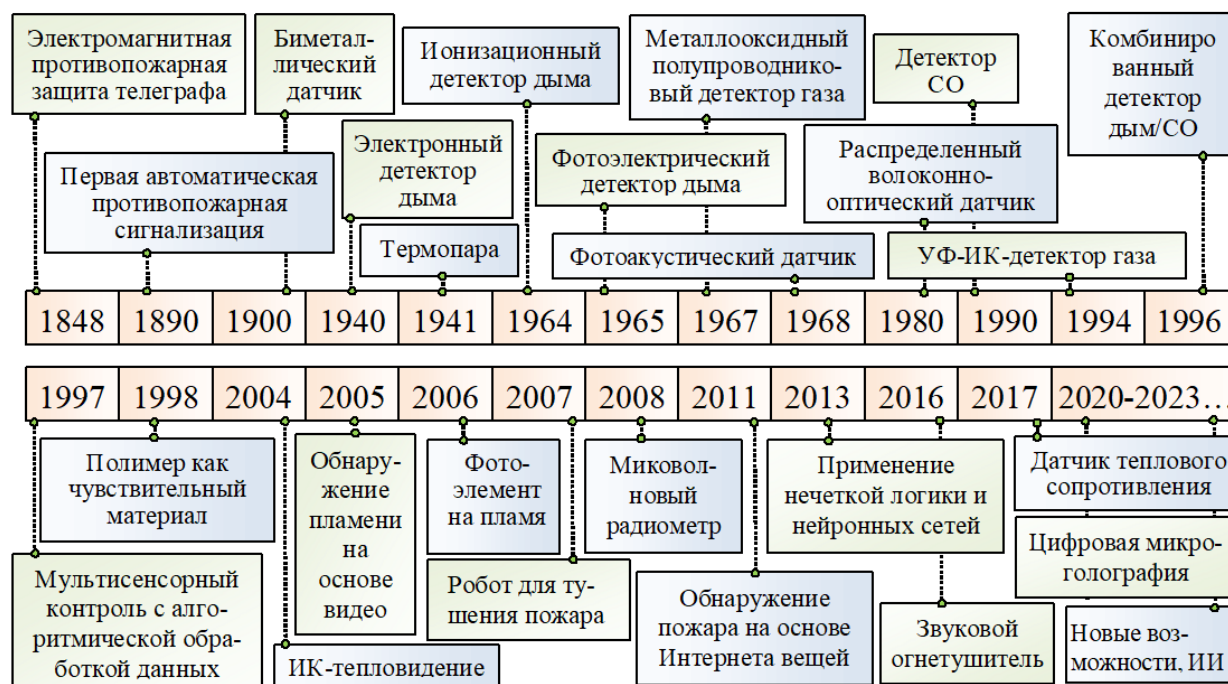


Рисунок 1 – Хронология разработки пожарных датчиков

При обнаружении пожара с помощью теплового зондирования в большинстве современных систем используются электронные и распределенные оптические тепловые детекторы на термисторах. Тепловое зондирование на основе инфракрасного излучения является перспективным методом, особенно подходящим для теплового обнаружения целевого местоположения источника возгорания. Визуальные подходы к обнаружению дыма и пламени привлекают внимание исследователей из-за их быстрого времени отклика и низкой погрешности. Большие алгоритмические возможности существующих цифровых систем открыли новые исследовательские перспективы для глубокого изучения сложных технологий на основе нейронных сетей. Среди различных технологий обнаружения газа газовые датчики на основе полупроводниковых оксидов металлов оказались полезными на практике из-за их высокой чувствительности, небольшого размера и невысокой стоимости. Однако у них есть проблемы со стабильностью, для решения которых требуются дополнительные исследования. Обнаружение пожара с помощью микроволнового радиометра является одним из наиболее важных современных подходов благодаря его ключевому преимуществу обнаружения пожара через барьеры (стены). Для обнаружения пожара подходит метод объединения нескольких датчиков, основанный на беспроводных сенсорных сетях и Интернете вещей. Новая технология зондирования на основе оксида графена (GO) продемонстрировала уникально малое время отклика.

Наиболее перспективными считаются детекторы газов и их комбинации с другими датчиками. Особенно ценными являются так называемые датчики

тления/плавления, так как они отличаются наибольшим быстродействием (время срабатывания до 5-10 с) и высокой чувствительностью к веществам, которые образуются до выделения дыма и появления пламени.

Газы выделяются из различных материалов на каждой стадии горения, а их уникальные характеристики используются для надежного обнаружения возгораний. Химический состав дыма от различных типов пожаров и их источников значительно отличается. Угарный газ считается лучшим из предупреждающих газов, которым относятся CO, CO₂, H₂, O₂. Угарный газ эмитирует при всех типах пожаров.

Самыми распространенными из газовых датчиков CO являются *полупроводниковые металлооксидные газовые сенсоры (MOS)*, так как они характеризуются высокой чувствительностью, низкой ценой, отлаженным производством и миниатюрностью. Общий принцип работы MOS-сенсоров основан на изменении электрического сопротивления чувствительного материала вследствие протекания на его поверхности обратимых химических реакций с газом-аналитом. Но у таких датчиков есть проблемы со стабильностью, которые приводят к ложной тревоге. Нанесение дополнительных слоев (таких как цеолиты, полимеры, композитные материалы и др.) поверх оксидов металлов может улучшить характеристики этих датчиков. Самым высоким коэффициентом относительной чувствительности из применяемых оксидов металлов характеризуется SnO₂. Новый класс металлооксидных датчиков для обнаружения пожара использует металлические нагреватели из Pt, Pd, Ag, Ni и Cr для повышения температуры датчика до желаемого значения и ускорения протекающих на его поверхности реакций.

Оптический метод обнаружения газа, основанный на принципах спектроскопии, является более надежным и чувствительным, характеризуется меньшим временем отклика. Раньше основной проблемой применения этих датчиков для обнаружения пожара была их громоздкость. В настоящее время благодаря развитию микроэлектроники их удалось миниатюризировать. С применением оптических сенсоров с высокой надежностью можно обнаружить CO₂, CO и некоторые другие газы, которые выделяются материалами до пожара или взрыва (электронно-оптический газовый датчик). Датчик может обнаруживать легковоспламеняющийся парафин, ароматические соединения и сероводород в низких концентрациях. Для снижения ложных срабатываний разработан ИК-спектрометрический датчик, который отслеживает спектр от 2,5 до 25 мм и определяет наличие в воздухе нескольких веществ – маркеров пожара. Существует также система раннего предупреждения о пожаре на основе спектроскопического датчика CO с модуляцией длины волны с использованием 32-разрядной системы на кристалле, которая может обнаружить пожар за 24 с без ложной тревоги [4].

Помимо высокой надежности и быстродействия, современные оптические датчики газов устойчивы и способны работать в сложных условиях окружающей среды (дождь, туман, водяные пары и распыленные газы). Единственным ограничением широкого использования оптических сенсоров

остается высокая стоимость, что затрудняет их применение в противопожарных системах, где одновременно могут использоваться 200 и более датчиков.

Нами была оценена возможность применения *пьезосорбционных сенсоров* для определения тления изоляционного материала проводов. Для этого использовали разработанную ранее матрицу из трех пьезокварцевых резонаторов, модифицированных разнородными пленками сорбентов [5, 6]. В лабораторных условиях установлено, что в объеме воздуха 280 дм³ и на расстоянии от источника плавления (изолятор металлических жил на основе поливинилхлорида) до датчиков, равном 1,25 м, время отклика матрицы сенсоров составляет менее 11 с. Влияние мешающих летучих компонентов на идентификацию продуктов плавления ПВХ возможно устранить путем использования алгоритма обработки суммарного отклика сенсоров с применением искусственного интеллекта [7]. Температура начала выделения вредных газов из ПВХ равна 60 °С, а дымления ~114,5 °С. В сочетании пьезосенсоров с температурным датчиком возможно надежное установление момента начала плавления изоляционного материала и предупреждение пожара до его начала.

Особенностью пьезосорбционного датчика является то, что он идентифицирует не отдельные компоненты – маркеры плавления или пожара, а их композицию. Это позволяет устанавливать конкретный плавящийся материал, то есть источник потенциального пожара. Пьезосенсоры характеризуются энерго- и ресурсоэкономичностью, миниатюрны, производятся в РФ.

Список литературы:

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналитич. сборник / под ред. С.В. Соколова. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
2. Савин М.В., Здор В.Л. Современные системы обнаружения пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2003. № 6. С. 70-73.
3. Мочалова Т.А., Сторонкина О.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. 145 с.
4. Khan F., Xu Zh., Sun Ju., Khan F., Ahmed A., Zhao Ya. Recent Advances in Sensors for Fire Detection // Sensors. 2022. No. 22. P. 3310.
5. Кучменко Т.А., Кочетова Ж.Ю., Федорова Е.В. Применение матрицы пьезосорбционных датчиков для анализа газовых этанолсодержащих смесей // Журнал прикладной химии. 2003. Т.76. № 5. С. 764-770.
6. Маслова Н.В., Кочетова Ж.Ю. Комплексный экспресс-анализ загрязнения вод // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № 3. С. 382-392.
7. Кочетова Ж.Ю., Внукова С.В., Соломахин Е.Е., Юдин Н.А. Газовый детектор тлеющего пожара в электрооборудовании / В сб.: Физические основы современных технологий. Материалы Международной научно-методической конференции. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. С. 85-90.