

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Р.В. Горностаев;

П.А. Осавелюк, кандидат технических наук;

А.А. Мельник, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС

Рассмотрено применение автоматических систем противопожарной защиты объектов на основе применения новейших разработок в области обнаружения и тушения пожаров. Описан метод теплового контроля защищаемого объекта, заключающегося в возможности определения координаты пожара с необходимой точностью. Получено численное решение задачи определения координат пожара с учетом мощности теплового излучения. Разработан алгоритм функционирования принципиально новой системы раннего обнаружения и тушения пожара, представляющий собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий определять координату очага пожара для повышения эффективности работы систем пожаротушения.

Ключевые слова: система противопожарной защиты, роботизированные стволы, датчик контроля теплового потока, способ оптической решетки

USING NEW TECHNOLOGY STEWINGS FIRE

R.V. Gornostaev; P.A. Osavelyuk; A.A. Melnik. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article examines application of the automatic fire protection systems based on the newest developments in the fire detection and fire suppression areas. The method of thermal control of object, giving the possibility of fire co-ordinate determination with necessary accuracy is described. The numeral solution for task of fire coordinate determination is got, considering hit radiation power. The operation algorithm for fundamentally new system for early fire detection and fire suppression is developed. As a firmware, the alorithm allows to determine the co-ordinate of fire seat to increase the efficiency of fire extinguishing system.

Key words: fire protection system; robotic fire nozzle; heat flow controlling sensor; method of optical grate

Применение новых технологий пожаротушения, позволяющих защищать не объект в целом, а отдельные его участки, сдерживается недостаточным развитием систем обнаружения пожаров. Существующие автоматические системы обнаружения не позволяют с заданной точностью и инерционностью определять местоположение очага пожара. В связи с этим возникают проблемы по обеспечению противопожарной защиты большого числа зданий и помещений. В последнее время в России особую актуальность приобрела противопожарная защита многофункциональных сооружений со сложной архитектурой, в том числе в различных спортивных воздухоопорных сооружениях. Поэтому разработка алгоритмов обнаружения пожара с использованием моделей с пространственно распределенными параметрами, теорий цифровой обработки сигнала и автоматического управления является важной задачей.

Применение метода теплового контроля окружающей среды с целью определения координат пожара с использованием адресно-аналоговых датчиков контроля теплового потока, работающих в ИК-диапазоне с длиной волн 2,8 – 4,3 мкм, в распределенной системе сбора и обработки информации позволяет по-новому подойти к решению проблемы обнаружения пожара на ранней стадии его развития, а реализация этих идей в программно-аппаратном комплексе раннего обнаружения пожара – наиболее полно обеспечить защиту различных сооружений.

Основными преимуществами разработанного метода аналитического контроля окружающей среды являются: возможность определения координаты пожара с заданной точностью; минимальное время для обнаружения возгорания; определение размеров площади очага; идентификация взрывов, определение локальных перегревов. На основе использования электронного и механического сканирования предложены три способа обнаружения пожара: способ оптической решетки, полярно-статический и полярно-динамический. Для защиты сооружений с различной геометрией наиболее целесообразным является способ оптической решетки, использующий дифференцирующие устройства мощности теплового потока на опорных осях и исчисление координат пожара. Применение этого способа позволяет дополнять датчик функциями контроля оптической плотности среды, в результате возникновение пожара контролируется не только по ИК-излучению, но и по дыму.

Таким образом, использование метода контроля окружающей среды с целью определения координат пожара с применением адресно-аналоговых датчиков в распределенной системе сбора и обработки информации позволяет создать принципиально новую систему противопожарной защиты объектов.

Разработанная система противопожарной защиты представляет собой распределенный, независимый программно-аппаратный комплекс, предназначенный для обнаружения пожара в помещениях, расчета местонахождения очага возгорания, принятия решения по тушению пожара и управления исполнительными устройствами.

Как один из примеров реализации, рассмотрим автоматическую систему противопожарной защиты спортивных воздухоопорных сооружений на основе роботизированных стволов, которая включает в себя следующие элементы (рис. 1):

- автоматизированное рабочее место оператора;
- систему раннего обнаружения и определения координаты пожара;
- систему роботизированных установок пожаротушения;
- систему оповещения людей о пожаре;
- систему видеонаблюдения (дополнительно).

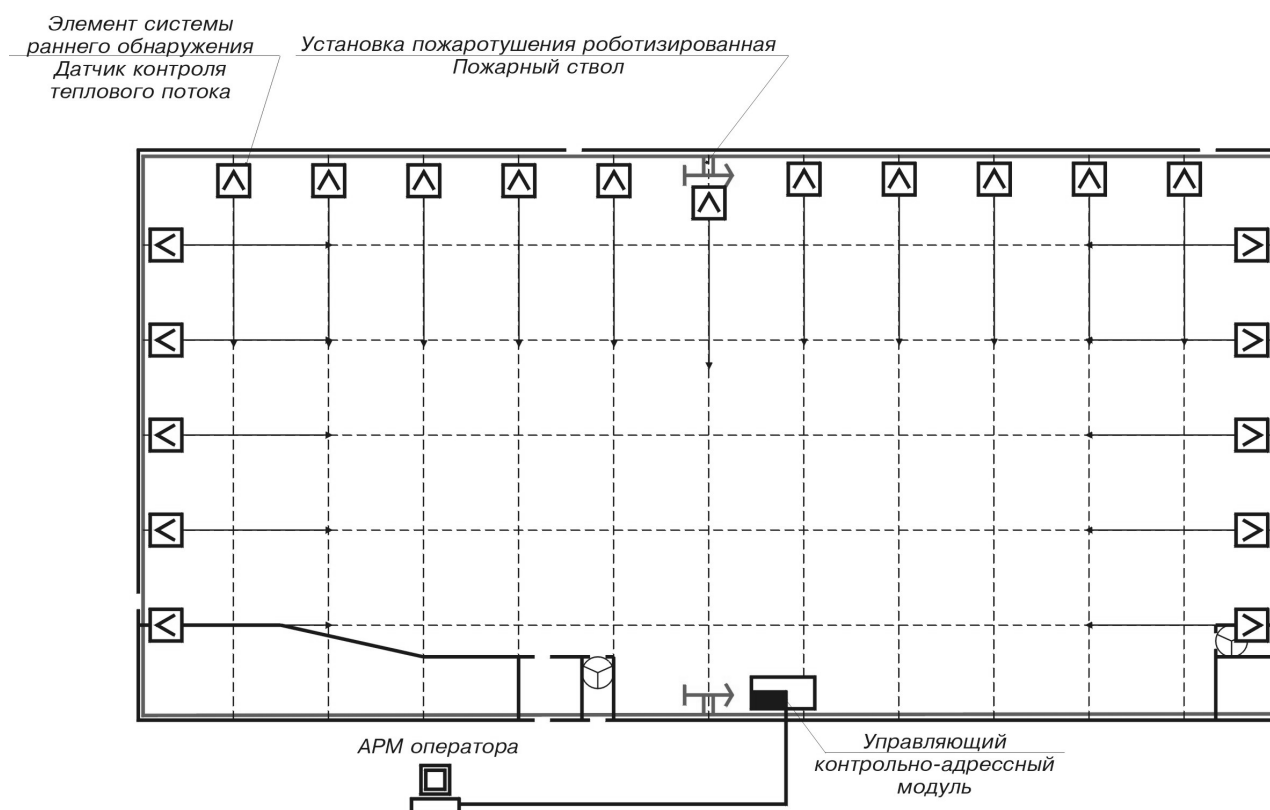


Рис.1. Пример схемы размещения оборудования

В алгоритме работы комплекса в автоматическом режиме предусмотрены следующие этапы:

- обнаружение координаты очага возгорания; запуск систем оповещения;
- позиционирование ответственных за сектор роботизированных установок пожаротушения;
- запуск гидросистемы;
- тушение очага пожара;
- охлаждение конструкций над сектором очага возгорания;
- возврат системы стволов в исходное положение.

Задача выбора оптимального расположения датчиков контроля теплового потока определяется как классическая задача оптимизации в условиях заданной минимальной интенсивности обнаруживаемого очага, при критерии минимального количества датчиков, с учетом архитектурных особенностей объекта и решается индивидуально для каждого конкретного случая на этапе проектирования системы.

Каждый адресно-аналоговый датчик контроля теплового потока имеет свой индивидуальный адрес. Полученные данные с каждого датчика обрабатываются управляющим контрольно-адресным модулем (УКАМ). При превышении заданных порогов опасности вычисляется зона и координата, в которой имеется превышение уровня теплового фона. По полученным координатам очага возгорания происходит запуск алгоритмов тушения роботизированных установок пожаротушения.

Для определения пороговых значений датчика рассматривается два метода. Оба метода предполагают наличие порогов (от двух до четырех): два базовых («Норма», «Пожар») и переходные («Внимание», «Опасность»).

Первый метод предлагает разбиение шкалы измерения датчика на области путем установления пороговых значений; состояние среды определяется попаданием показаний датчиков в определенную область (рис.2).

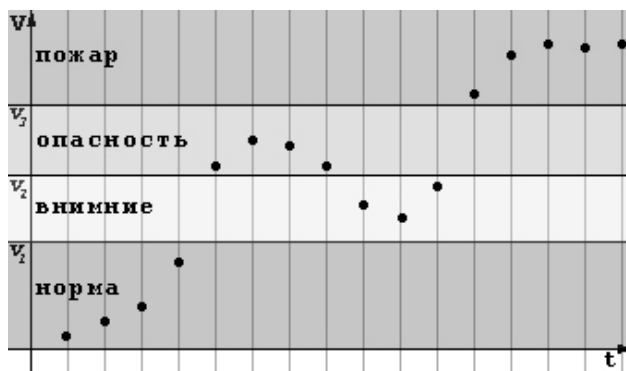


Рис. 2. Пример разбиения показаний датчиков на четыре области состояния по пороговым значениям (v – величина показаний датчика, t – время, мс)

Второй метод базируется на дифференциальной составляющей показаний датчиков, то есть отслеживает разницу между текущим значением датчика и величиной, характеризующей предыдущие показания датчика. В результате испытаний задаются пороговые величины скачков $D1$, $D2$.

Для того, чтобы состояние датчика «Норма» изменилось на состояние «Опасность», необходимо, чтобы текущее значение датчика отличалось от предыдущего (или сглаженного) на величину больше чем $D1$, но меньше чем $D2$; для перехода в состояние «Пожар» – на величину большую $D2$, а чтобы датчик не изменял свое состояние разница показаний не должна превышать $D1$. В общем случае допускается возможность обратного перехода с уровней «Пожар» и «Опасность» на уровень «Норма».

Однако данный метод в чистом виде применим для решения очень ограниченного числа задач, так как бессилён в случаях плавного (продолжительного во времени) изменения, какими являются тление, самовозгорание и др.

На практике может потребоваться комбинация обоих методов в сложных логических связях.

В любом случае следует иметь в виду наличие случайного выброса, связанного с бликами, наводками и другими шумами, способного повлечь ошибки классификации. Для фильтрации случайного выброса удобно пользоваться частным случаем метода кусочно-линейной аппроксимации.

Для проверки описанных методов были проведены практические эксперименты. Для этого была построена модель, состоящая из восьми датчиков (по четыре датчика на сторону); линейные размеры модели 2400x2400 мм (сетка шагом 600 мм). По площади модели передвигался точечный очаг, координата которого в каждый момент времени известна с точностью ± 10 мм. В результате эксперимента вычислялась погрешность определения координаты очага с использованием сплайн интерполяции S_{xy} и интерполяционного многочлена Лагранжа L_{xy} . За погрешность принималась величина d_S и d_L равная расстоянию между известной координатой O_{xy} и определёнными системой координатами S_{xy} и L_{xy} очага (рис. 3).

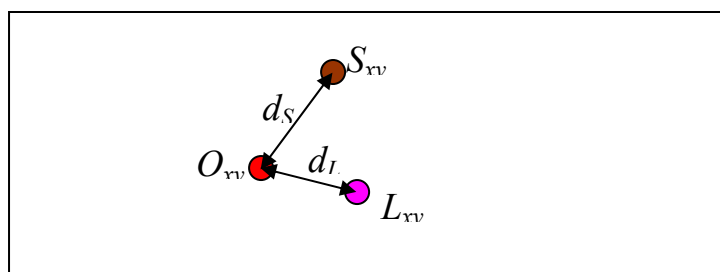


Рис. 3. Схематичное представление измерения погрешности определения координаты очага

Вычисление погрешности проводилось следующим образом:

$$d_S = \sqrt{(O_x - S_x)^2 + (O_y - S_y)^2}$$

$$d_L = \sqrt{(O_x - L_x)^2 + (O_y - L_y)^2}$$

При проведении более 100 опытов были получены результаты, а их абсолютные величины пересчитаны в долевые, относительно шага сетки (таблица).

Анализ характера ошибки не выявил зависимости ее величины и координаты очага (величина ошибки не возрастает и не убывает на краях решетки и не зависит от приближенности его к узлам решетки).

Таблица. Характеристики ошибок определения координаты точечного очага

Характеристика	Значение		
	сплайн интерполяции, %	многочлена Лагранжа, %	
Среднее отклонение	12	12,2	
Среднеквадратичное отклонение	15	14,6	
Минимальное отклонение	1	1	
Максимальное отклонение	30	31	
Доля измерений с ошибкой определения координаты %:			
	>20	22	21
	>10	32	33
	<10	46	46

Как видно из результатов, приведенных в таблице, с решением задачи оба метода интерполяции дали практически одинаковые показатели и могут быть использованы в равной степени.

Анализ измерений на модели из восьми датчиков (по четыре датчика на сторону) с линейными размерами 24000x24000 мм (сетка шагом 6000 мм) повторили характеристики, полученные на масштабной модели. Из проведенных экспериментов становится очевидным, что показатель погрешности в большей степени зависит от точности датчика и может быть улучшен за счет его настройки или модернизации.

Графически поле уровня инфракрасного излучения (рис. 4) можно изобразить, установив градиент цвета от зеленого до красного в диапазоне измерения датчика с шагом его шкалы.

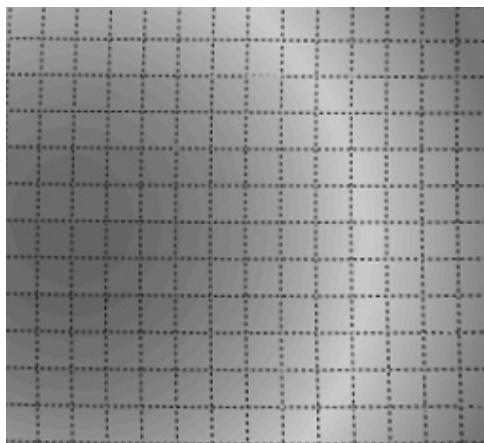


Рис. 4. Фрагмент поля уровня инфракрасного излучения

Из проведенной работы можно сделать вывод о приемлемости использования обоих методов интерполяции для решения задачи определения координаты очага пожара.

Управление системой роботизированных установок пожаротушения осуществляется с помощью УКАМ путем получения необходимых параметров от системы раннего обнаружения для направления роботизированных пожарных стволов в очаг возгорания и зоны охлаждения строительных конструкций. При переводе системы в ручной режим оператор имеет возможность дистанционно управлять роботизированными стволами, контролируя их положение на экране монитора, а также дополнительно посредством системы видеонаблюдения.

Описанная система по сравнению с традиционными системами пожаротушения обеспечивает малую инерционность системы обнаружения и необходимую интенсивность подачи воды для тушения очага пожара. Каждая из роботизированных установок пожаротушения имеет свою уникальную адресацию, что позволяет гибко управлять подсистемой подачи воды. При возникновении аварийной ситуации (тления, перегрева) или непосредственно возникновения горения алгоритмом работы системы предусмотрен запуск не менее двух роботизированных установок пожаротушения и производится автоматическая ориентация их в направлении очага пожара. При этом осуществляется дистанционное открытие запорного вентиля на данном стволе. Обе роботизированных установки пожаротушения направляются в соответствие заданного алгоритма подачи воды и, при отсутствии реакции диспетчера на предупреждение о пожаре, запускается автоматическая подача воды, учитывающая периодическое изменение направления стволов.

Данная система автоматического пожаротушения позволяет:

- избежать неэффективного расхода воды при тушении пожара;
- обеспечить в месте возникновения пожара необходимую интенсивность подачи огнетушащего вещества;

– увеличить надежность средств пожарной защиты в целом, что достигается обеспечением автономности и надежности работы с нескольких направлений подачи воды в условиях пожара;

– обеспечить оптимальный расход воды для тушения при выполнении условия полного перекрытия областей орошения.

Таким образом, эффективность тушения пожара при любом его развитии, достигается с помощью использования системы раннего обнаружения очага пожара с определением его координаты и адресной подачи огнетушащего вещества заданную точку. Что позволяет применять такие системы противопожарной защиты для зданий и сооружений, с различными сложными архитектурными решениями, где не представляется возможным использование стандартных существующих на сегодняшний день автоматических систем пожаротушения.

Литература

1. Использование инфракрасных датчиков для противопожарной защиты особо охраняемых лесных территорий / С.П. Амельчугов, Р.В. Горностаев, О.В. Кириллов, С.А. Васильев // Природные пожары: возникновение, распространение, тушение и экологические последствия: материалы 5-й междунар. конф. 30 июня – 5 июля 2003 г. Томск: ТГУ, 2003. С. 36.

2. Комплекс роботизированных установок пожаротушения для противопожарной защиты особо охраняемых лесных территорий / С.П. Амельчугов, Р.В. Горностаев, О.В. Кириллов, С.А. Васильев // Природные пожары: возникновение, распространение, тушение и экологические последствия: материалы 5-й междунар. конф., 30 июня – 5 июля. 2003 г. Томск: ТГУ, 2003. С. 35.

3. Амельчугов С.П., Горностаев Р.В., Васильев С.А. «Особенности построения роботов пожарной безопасности // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: материалы XIX науч.-практ. конф. Секция: предупреждение пожаров, оценка пожарного риска. М.: ВНИИПО, 2005. С. 135–137.

4. Построение систем обнаружения пожаров, основанных на регистрации теплового потока С.П. Амельчугов, Р.В. Горностаев, П.А. Осавелюк, С.А. Васильев // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: материалы XIX науч.-практ. конф. Секция: предупреждение пожаров, оценка пожарного риска. М.: ВНИИПО, 2005. С. 135–137.

5. Система мониторинга и управления пожарной безопасностью промышленного предприятия С.П. Амельчугов, Г.А. Доррер, Р.В. Горностаев, С.А. Васильев // Деятельность правоохранительных органов и федеральной противопожарной службы в современных условиях: проблемы и перспективы развития, 25–26 мая 2006 г. Иркутск: ВСИ, 2006. С. 274.

6. Амельчугов С.П., Горностаев Р.В., Лёвин С.Н. Новая технология построения систем защиты от пожара на базе роботизированных комплексов пожаротушения // Технологии защиты. 2007. № 5. С. 215.