

На графике (рисунок 4) заметно различие режимов генерации для четных и нечетных волн. 2-й, 4-й и 6-й максимумы значительно ошумлены, что выдвигает требование выбора рабочей точки на 1-м, 3-м или 5-м максимуме. Другой проблемой для системы стабилизации периметра в данном случае (ССП) (в отличие от гладкой зависимости на рисунке 1) является наличие множества экстремумов, как на максимумах контура усиления, так и между ними, что приводит к «зависаниям» между соседними контурами усиления или «блужданиям» рабочей точки вблизи максимума (рисунок 5а), что снижает точность измеряемых угловых показаний в сравнении с работой на гладком неошумленном контуре усиления (рисунок 5б).

Таким образом, использование «интеллектуального» микроконтроллерного управления ССП позволяет учесть ряд особенностей изготовления и настройки КЛ и обеспечить повышение его точностных характеристик.

Литература

1. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д. Адаптивная бесплатформенная инерциальная навигационная система. Пятый белорусский космический конгресс 25–27 октября 2011 года. Материалы конгресса. Том 2. – ОИПИ НАН Беларуси, Минск – С. 247–251.
2. Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д. Цифровой малогабаритный лазерный гироскоп. Материалы 9-й МНТК «Приборостроение-2016». – Мн. : БНТУ, 2016. – С. 82–83..

УДК 614.842

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ЗАДАННОЙ МОЩНОСТИ МОДУЛЕМ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Кицак А.И., Есипович Д.Л., Челедюк Е.С.

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

Введение. Технология тушения пожара по площади модулем порошкового пожаротушения (МПП) заключается в том, что огнетушащий порошок, выбрасываемый под высоким давлением из МПП, направляется в очаг пожара на поверхность горения. По выходе из МПП огнетушащая среда представляет собой струеподобную газопорошковую смесь (ГПС) вытесняющего газа и частиц порошка, движущихся практически с одинаковой скоростью. С увеличением расстояния от выходного отверстия МПП происходит удаление вытесняющего газа из струи вследствие его расширения и проникновение в свободные каналы порошковой среды окружающего воздуха и встречных нагретых потоков газовых продуктов горения.

Под действием этих факторов появляется горизонтальная составляющая скорости частиц порошка, приводящая к расширению струи, и происходит постепенное торможение движения частиц. Вследствие снижения скорости частиц порошка часть из них может не достичь поверхности горения, и не будет участвовать в тушении пожара.

На данный момент отсутствует методика оценки влияния мощности пожара на эффективность его тушения МПП. Разработка ее позволила бы существенно снизить финансовые затраты при проектировании модульных установок порошкового пожаротушения на проведение огневых испытаний МПП для определения их пневмозагрузочных параметров, обеспечивающих эффективное тушение пожара заданной мощности.

Целью работы является разработка методики численной оценки энергетических параметров очага пожара, который может быть потушен модульной установкой порошкового пожаротушения с заданными техническими характеристиками при тушении пожара по площади.

Динамика характеристик движения ГПС в открытом пространстве на пути к очагу пожара. Условная схема тушения пожара МПП представлена на рисунке 1.

На схеме изображен модуль порошкового пожаротушения 1, расположенный на некотором фиксированном расстоянии от очага пожара, и сам очаг пожара 2.

Определим скорость ансамбля частиц порошка, находящихся в элементарном слое ГПС объемом dV , движущимся в потоке нагретого воздуха тепловой колонки очага пожара. Будем предполагать, что плотность частиц порошка в выделенном слое однородна по его площади, а скорость частиц одинакова по горизонтальному сечению ГПС.

На выделенный ансамбль частиц в объеме dV действуют: сила тяжести \vec{F}_T , направленная вертикально к Земле; сила Архимеда \vec{F}_A , направленная противоположно силе тяжести; сила сопротивления воздуха \vec{F}_B , направленная в сторону, противоположную вектору скорости частиц порошка; подъемная сила \vec{F}_H потока теп-

лового воздуха тепловой колонки очага возгорания, направленная противоположно направлению вектора скорости частиц порошка.

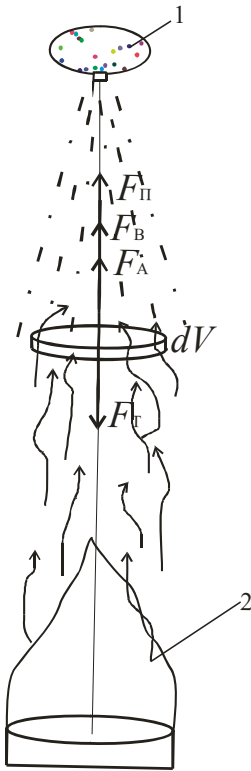


Рисунок 1 – Схема тушения пожара МПП

Уравнение движения частиц порошка в слое ГПС объемом dV в заданный момент времени t под действием сил, приложенных к нему, запишется в виде:

$$G_{\text{гп}}(t)\Delta t = G_{\text{гп}}(t)\Delta t v_h \frac{dv_h}{dh} = \vec{F}_\tau + \vec{F}_a + \vec{F}_b + \vec{F}_n \quad (1)$$

где $G_{\text{гп}}(t)$ – массовый расход ГПС за единицу времени, кг/с; Δt – элементарный интервал времени выброса порошка, с; a – ускорение частиц порошка, м/с²; v_h – скорость частиц порошка на расстоянии h от выходного отверстия МПП, м/с.

Подставляя в уравнение (1) найденные ранее в работе [1] зависимости для модулей сил, действующих на ансамбль частиц в объеме dV , получим с учетом приближений, принятых в этой же работе, и направлений действий сил следующее уравнение движения ансамбля частиц

$$v_h \frac{dv_h}{dh} = g - 2,34 \frac{\rho_{\text{нг}} v_h^2}{\varepsilon^2 \sqrt{\varepsilon} d_{\text{отв}} \rho_{\text{п}}} - \frac{Q_{\text{пож}}(1-\chi)}{T_{\text{в}} c_{\text{п}} G_{\text{гп}}(t)} g \quad (2)$$

В формуле (2) g – ускорение свободного падения, м/с²; $\rho_{\text{нг}}$ – плотность нагретых газов, кг/м³; $\rho_{\text{п}}$ – плотность частиц порошка, кг/м³, ε – порозность порошка, $d_{\text{отв}}$ – диаметр выходного

отверстия МПП, м; $Q_{\text{пож}}$ – мощность тепловыделения, Вт; χ – коэффициент теплопередачи в строительные конструкции, $c_{\text{п}}$ – удельная изобарная теплоемкость нагретого газа, Дж/кг К.

Решение данного уравнения относительно v_h при начальном условии $v_h(h=0) = v_0(t)$ ($v_0(t)$ – скорость ансамбля частиц порошка на выходе МПП в заданный момент времени t) имеет вид:

$$v_h = (cb^{-1}(1 - \text{Exp}[-bh]) + v_0^2(t)\text{Exp}[-bh])^{1/2}, \quad (3)$$

где

$$c = 2g \left(1 - \frac{Q_{\text{пож}}(1-\chi)}{T_{\text{в}} c_{\text{п}} G_{\text{гп}}(t)} \right), \quad b = 4,68 \frac{\rho_{\text{нг}}}{\varepsilon^2 \sqrt{\varepsilon} d_{\text{отв}} \rho_{\text{п}}}.$$

Полученное соотношение (3) позволяет оценить скорость частиц порошка элементарного слоя ГПС, выброшенных из МПП в момент времени t с начальной скоростью $v_0(t)$, на различных расстояниях h от выходного отверстия МПП при заданных пневмо-загрузочных параметрах МПП, известных дисперсных характеристиках частиц порошка и прогнозируемых энергетических параметрах пожара.

Оценка предельных энергетических параметров очага пожара, который может быть потушен модульной установкой порошкового пожаротушения с заданными техническими характеристиками при тушении пожара по площади. Как упоминалось ранее, эффективность тушения пожара по площади зависит от скорости частиц огнетушащего порошка. При торможении движения частицы до скорости, равной нулю, она переходит в состояние витания (во взвешенное состояние), состоящее в колебательном ее движении возле заданного уровня. Под действием конвективных тепловых потоков пожара такие частицы могут быть выброшены из зоны горения, и не будут принимать участие в тушении пожара.

Условие равенства нулю скорости частиц огнетушащего порошка, примененное к уравнению (3), может быть использовано для оценки мощности пожара $Q_{\text{пож}}^*$, при котором частицы огнетушащего порошка, выбрасываемые из МПП с заданными пневмо-загрузочными характеристиками, переходят на определенном расстоянии от его выходного отверстия в состояние витания.

Величина $Q_{\text{пож}}^*$ при этом определяется выражением:

$$Q_{\text{пож}}^* = T_{\text{в}} c_{\text{п}} G_{\text{гп}} \left(1 + \frac{v_{\text{сп}}^2 b \text{Exp}[-bh]}{2g(1 - \text{Exp}[-bh])} \right), \quad (4)$$

где $v_{\text{сп}}$ – среднее (за время истечения) значение скорости частиц огнетушащего порошка на вы-

ходе МПП, G_{cp} – среднее (за время истечения) значение массового расхода огнетушащего порошка, h – расстояние, отсчитываемое от выходного отверстия МПП, на котором частицы огнетушащего порошка переходят в состояние витания.

Выражение (4) можно использовать для оценки мощности пожара, который может быть потушен МПП с заданными эксплуатационными параметрами. Найденное из (4) значение $Q_{пож}^в$ определяет границу мощностей, ниже которой пожары с мощностью, меньшей $Q_{пож}^в$, могут быть потушены данным МПП, поскольку частицы огнетушащего порошка в этом случае будут достигать поверхности горения, и принимать участие в его тушении. Параметр h , входящий в (4), при этом можно считать условной высотой крепления МПП.

УДК 681

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СКАНИРОВАНИЕМ В СИСТЕМАХ ЗОНДОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ

Костина Г.А., Пантелеев К.В., Свистун А.И., Тявловский К.Л., Самарина А.В., Кондратьева Н.К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение. Системы сканирующей зондовой электрометрии на основе зонда Кельвина находят применение в практике неразрушающего контроля однородности распределения параметров рабочих слоев полупроводниковых пластин [1]. В случае сканирования пластины диаметром 200 мм и шагом сканирования, например, 1 мм требуется регистрация и обработка 40 тысяч отсчетов. Поэтому основным требованием, предъявляемым к данным системам, является их быстродействие. В работе рассмотрен алгоритм управления сканированием, обеспечивающий повышение производительности за счет измерений при прямом и обратном ходе зонда Кельвина, а также возможные режимы передачи измерительной информации на хост-компьютер для последующей обработки.

Характеристика процесса. Процесс сканирования реализуется путем координатного перемещения предметного столика с закрепленным на нем образцом (рис. 1) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Перемещение выполняют приводы с шаговыми двигателями. В момент отсчета приводы приостанавливаются. Область и шаг сканирования определяет оператор по средствам пользовательского интерфейса, в зависимости от задачи сканирования.

Также при восстановлении из массива измерительных данных визуализированных двух- и/или трехмерных карт распределения параметров рабочих слоев полупроводниковой пластины используется метод сплайн-интерполяции или бикубическая интерполяция, обеспечивающие интерполяцию в окрестности отсчета. Вычислительные алгоритмы

Заключение

Полученные результаты могут быть использованы при решении задач проектировании модульных установок порошкового пожаротушения для определения пневмо-загрузочных параметров МПП по известным техническим характеристикам применяемого огнетушащего вещества.

Литература

1. Кицак А.И. Оценка скорости частиц огнетушащего порошка на пути к очагу пожара при поверхностном способе тушения модульной установкой порошкового пожаротушения импульсного типа // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация, 2018. – № 1(43). – С. 73–120.

при этом позволяют одновременно обрабатывать измерительные данные, что в случае небольшого количества измерительных точек обеспечивает высокую скорость обработки. При этом вывод обработанных данных в виде визуализированного изображения требует периодического (по мере поступления информации) обновления рабочего поля пользовательского интерфейса.

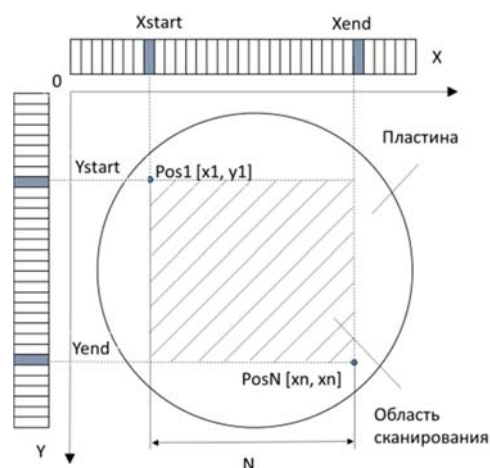


Рисунок 1 – Схема процесса сканирования

В случае контроля больших поверхностей (~ 200×200 мм) и визуализации распределения измеряемых параметров в режиме реального времени без задержки на время интерполяции требуются значительные ресурсы вычислительной машины. В этом случае наибольшее быстродействие алгоритмов обработки данных будет достигнута при