

Отметим, что если  $\varphi=0=\psi=0$  (рис. 2, а), то при приеме рассеянного сигнала, требуется достаточно высокая фронтальная разрешающая способность ПЭП, что не всегда возможно добиться. Более надежный вариант измерений может быть реализован путем приема УЗК в плоскости сечения *ДН*, что иллюстрируется рисунком 2, б.

Настоящая работа выполнена при поддержке БРФФИ, проект T19-136.

УДК 614.842

## ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГАРНОГО ГАЗА, ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ, РАССЕИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАДЫМЛЕННОЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ПИРОЛИЗА В ПЛАМЕННОЕ ГОРЕНИЕ

Никитин В.И., Антошин А.А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Технические средства пожарной автоматики становятся все более «умными» в условиях широкого использования микропроцессорной техники. В результате появляется возможность создания технических средств, способных распознавать разные процессы горения при пожаре и тем самым предупреждать людей о разной степени опасности, возникшей при этом. Различают, например, пламенное горение, тление, обугливание и т. п. Переход одного процесса горения от одного вида к другому, например, переход тления в пламенное горение изучалось в [1].

В работе [2] исследовано изменение характеристик окружающей среды в условиях нагрева образцов древесины разного размера до температуры самовоспламенения. Изменение оптических характеристик среды под потолком помещения при переходе тления бумаги в пламенное горение изучалось в работе [3].

В настоящей работе исследовались изменение концентрации угарного газа, оптической плотности и рассеивающей способности задымленной среды при переходе от пиролиза к пламенному горению.

В качестве средств измерения параметров окружающей среды при горении тестовых пожаров использовались: газоанализатор дымовых газов Multilyzer NG (с погрешностью 5 % от измеренной величины); установка «Дымовой канал», позволяющая моделировать пожары в условиях приближенных к реальным пожарам в бытовых помещениях.

Для моделирования режима перехода от тления к пламенному горению образцы древесины и листы мягкой бумаги располагались равномерно на невключенной электроплитке.

После этого включалась электроплитка, температура на которой постоянно повышалась. Рост температуры за 14 минут составил 480 °С.

## Литература

1. Баев А.Р. Патент РБ на изобретение. Способ ультразвукового контроля качества склеивания материалов. № 15036 от 8.06.09 зарег.19.07.11, – 2011.
2. A.R. Baev, A.L. Mayorov, M.V. Asadchaya. Features of the ultrasonic waves reflection from inhomogeneous boundary of contacting solids // Materials of 10-th European Conf. on NDT, Moscow, 2010. – P 234–240.

Изменение температуры на плитке, на входе в вытяжной канал и температура под потолком испытательной камеры (высота потолка 2,4 м) на оси пожара фиксировалось каждые 30 с помощью термопар.

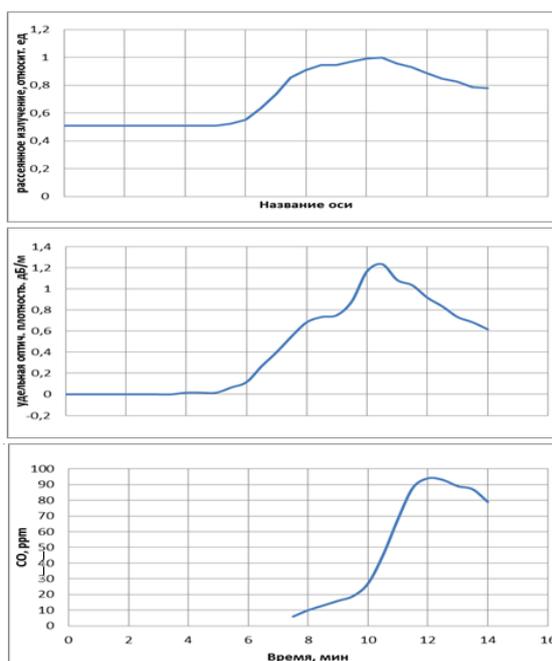


Рисунок 1 – Изменения рассеянного излучения, удельной оптической плотности, концентрации угарного газа при нагреве деревянных брусочков размерами 2x10x75 мм

На расстоянии 4 м от оси пожара в дымовом канале проводились измерения удельной оптической плотности и рассеянного излучения. Расстояние, которое проходило зондирующее излучение в дымовом канале, составляло 600 мм. Скорость воздушного потока контролировалось на

входе в канал и была равна примерно 0,2 м/с. Измерение удельной оптической плотности и рассеянного излучения с помощью измерительного узла установки для измерения оптических характеристик дыма проводилось также через каждые 30 с в течение 14 минут с момента начала нагрева электроплитки.

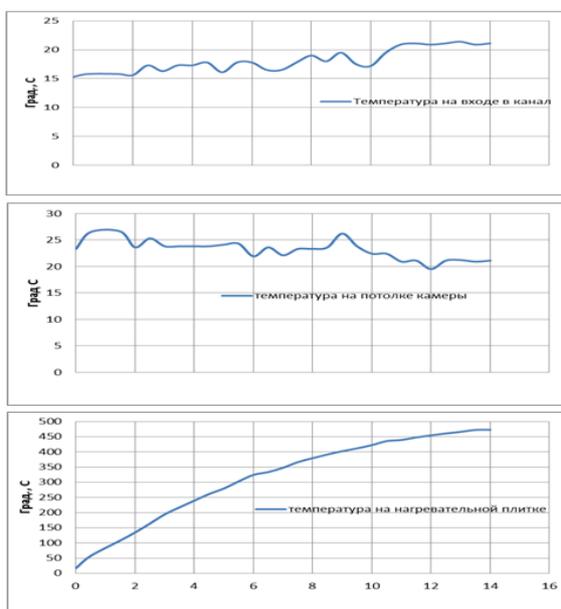


Рисунок 2 – Изменения температуры на плитке, на потолке камеры и на входе в канал

Результаты исследования изменения характеристик окружающей среды при нагреве образца, изготовленного из ели толщиной 2 мм (образец № 1), приведены на рис. 1.

При нагревании плитки, начиная с 5 минуты при температуре на ней 275 °С и выше, наблюдалось постепенное увеличение потока рассеянного излучения и значений удельной оптической плотности.

Наличие угарного газа СО также фиксировалось, начиная с 7,5 минуты, что обусловлено некоторой инерционностью (до 60 секунд согласно паспорту) в фиксировании значений газоанализатором дымовых газов Multilyzer NG. Далее отметим общее в контролируемых во времени параметрах.

1. Равномерно происходило увеличение следующих параметров до определенного времени:

- изменение значений удельной оптической плотности (от 0 до 0,68 дБ/м) до 8 минуты;
- изменение значений рассеянного излучения (от 0,5 до 0,85 отн. ед.) до 7,5 минуты;
- изменение значений угарного газа (СО) (до 19 ppm) до 9,5 минуты.

2. Изменения контролируемых параметров имели иной, более плавный во времени, характер:

– начиная с 8 и до 9,5 минуты для удельной оптической плотности (изменения от 0,68 до 0,88 дБ/м);

– начиная с 7,5 минуты до 10,5 минуты для рассеянного излучения (изменения от 0,85 до 1 отн.ед.).

При этом с 8,5 минуты вплоть до 9 минуты (период около 30 секунд) удельная оптическая плотность (около 0,75 дБ/м) и рассеянное излучение (0,95 относительных единиц) существенно не изменялись.

3. Возобновление резкого изменения удельной оптической плотности началось с 9,5 минуты вплоть до 10,5 минуты (630 секунд) (изменения оптической плотности с 0,88 дБ/м до 1,23 дБ/м).

Результаты изменений температуры на плитке, на потолке испытательной камеры и на входе в вытяжной канал представлены на рис. 2.

Удельная оптическая плотность после 10,5 минуты начала снижаться. В отношении динамики изменения значений угарного газа (СО) отметим, что начиная с 9,5 минуты до 12 минуты концентрация угарного газа (СО) увеличивается по линейной зависимости (с 19 до 94 ppm). После 12 минуты начинается уменьшение значений угарного газа (СО).

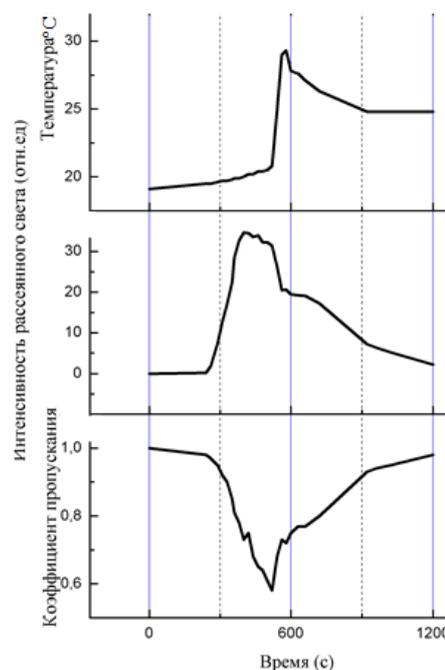


Рисунок 3 – Зависимости от времени температуры под потолком помещения, интенсивности рассеянного излучения и коэффициента пропускания среды в случае тления и дальнейшего воспламенения бумаги

На рис. 3, приведенном в работе [3], показано, что переходной процесс от тления к пламенному горению гладкой бумаги описывается следующими зависимостями:

– резкое увеличение температуры на потолке испытательной камеры при воспламенении бумаги;

– резкое снижение значений интенсивности рассеянного света;

– резкое увеличение коэффициента светопропускания.

В результате сравнения результатов, полученных в данной работе, с результатами работы [3], делаем следующие выводы:

– первый этап пиролиза образцов древесины также, как и образцов гладкой бумаги характеризуется нарастанием значений рассеянного излучения, удельной оптической плотности, а также угарного газа (для гладкой бумаги измерения СО не проводились);

– второй этап пламенного горения (с 8 до 10,5 минуты – для образцов из древесины, с 400 до 500 с – для образцов гладкой бумаги) характеризуется более резкими изменениями удельной оптической плотности и угарного газа, а также более

плавными изменениями скорости нарастания рассеянного излучения;

– третий этап затухания характеризуется уменьшением значений всех контролируемых параметров.

#### Литература

1. Киреев А.А., Бондаренко С.Н. Исследование повторного воспламенения древесины обработанной гелеобразующими огнетушащими составами // Проблемы пожарной безопасности.– 2009.– вып. 25.– С. 65-72.

2. Тестовый пожар на основе древесины, моделирующий условия перехода тления в пламенное горение. Антошин А.А., Никитин В.И. // материалы 11-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2018», С. 497-499.

3. Зуйков И.Е., Антошин А.А., Есипович Д.Л., Олфир Г.И. Измерение характеристик воздуха в верхней зоне помещения при горении бумажной продукции// Приборы и методы измерений. – № 1. – С. 68-72.

УДК 628.74

### АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОПУСКАНИЯ И РАССЕЙВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАДЫМЛЕННОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ЕВКЛИДОВЫХ РАССТОЯНИЙ

Антошин А.А., Безлюдов А.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Известно, что метод Евклидовых расстояний позволяет получить характеристические кривые для анализа потоков рассеянного излучения оптического диапазона, распространяющегося в задымленной при тлении хлопка, пиролизе древесины и поролон газовой среде помещения [1]. О применении этого метода к анализу потоков прошедшего излучения не сообщалось. В работе представлены зависимости количества повторений одинаковых Евклидовых расстояний от длины этого отрезка для наборов экспериментальных данных потоков рассеянного вперед и прошедшего излучения. Потоки рассеянного и прошедшего излучения для каждого варианта источника задымления, водяного пара и чистой среды измерялись одновременно. Однако отсутствуют данные о каком-либо анализе динамики их одновременного изменения во времени.

Анализ выполненный в данной работе предполагал, что характеристические кривые, полученные методом Евклидовых расстояний из линеаризованных оптических сигналов, представляют собой зависимости количества повторений Евклидовых расстояний одного размера от величины этого отрезка. Длина отрезка отражает скорость изменения величины потока излучения между двумя соседними моментами результатами измерения. Как видно из рисунка 1, зависимости, описывающие динамику изменения рассеянного

средой излучения, имеют выраженные максимумы. Вблизи максимумов группируется большая часть значений, формируя треугольную форму кривых. В отличие от характеристической кривой, полученной из сигнала фотодиода в условиях «чистой» газовой среды, лежащей в интервале Евклидовых расстояний от 2,1 до 2,9 (ширина 0,8), другие кривые занимают меньшие интервалы: водяной пар -0,4, тление хлопка 0,6, пиролиз древесины - 0,3. При этом интервалы пересекаются между собой, и в то же время максимумы кривых тления и водяного пара смещены от фонового (условий чистой среды) сигнала: максимум кривой водяного пара смещён в сторону меньших Евклидовых расстояний на 0,1 Евклидового расстояния, максимум кривой тления хлопка – в сторону больших Евклидовых расстояний также на 0,1. Можно заключить, что меньше всего величина регистрируемого потока рассеянного излучения претерпевала изменения в эксперименте с кипячением воды. В то же время для экспериментов с кипячением воды и тлением хлопка можно наблюдать различие в абсолютных величинах скоростей изменения параметров, это видно по сдвигу характеристических кривых друг относительно друга по оси абсцисс. Скорость изменения величины сигнала в эксперименте с тлением хлопка в данном случае выше, чем в остальных экспериментах; и это несмотря на то, что