

УДК 614.842.4

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХА В ВЕРХНЕЙ ЗОНЕ ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ БУМАЖНОЙ ПРОДУКЦИИ

Зуйков И.Е.¹, Антошин А.А.¹, Есипович Д.Л.², Олефир Г.И.¹

¹ Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

² Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: aantoshyn@mail.ru

Проведены экспериментальные исследования динамики температуры, коэффициента пропускания и рассеивания вперед излучения дымом под потолком помещения при горении бумажной продукции. Изучено поведение основных признаков пожара на ранней стадии, характерное для данного типа пожарной нагрузки.

Ключевые слова: рассеивание излучения, оптическая плотность, признаки пожара, пламенное горение, тление бумаги.

Введение

В пожарных извещателях, серийно выпускаемых в настоящее время и широко применяемых в системах пожарной сигнализации, используются различные физические принципы обнаружения признаков пожара. Массовое распространение получили пожарные извещатели, контролирующие изменение следующих физических характеристик воздуха в помещении в зоне установки извещателя: температуры, пропускания излучения воздушной средой, интенсивности излучения, рассеянного в среде с продуктами горения. При этом как абсолютные значения указанных характеристик, так и динамика их изменения существенно зависят от многих факторов (количества, типа и состояния горючего вещества, условий горения и др.). Неучет этих зависимостей может приводить к тому, что система пожарной сигнализации будет подвержена ложным срабатываниям либо будет неспособна обнаружить конкретный пожар на ранней стадии его развития. Эти особенности в принципе могут быть учтены при разработке алгоритмов обнаружения пожара, что положительно скажется на надежности системы пожарной сигнализации. Таким образом, исследование поведения физических характеристик окружающей среды при моделировании

пожаров для различных горючих веществ является актуальной задачей.

Одним из широко распространенных горючих материалов является бумага и бумажная продукция. В реальных пожарах зачастую именно бумага является первичной горючей средой. Известно, что характеристики среды под потолком помещения в случае горения бумаги отличаются от соответствующих характеристик при горении других материалов. Например, в работе [1] приводятся результаты сравнительного исследования при горении газетной бумаги, дерева, полистирола и бензина. Отмечено, что динамика изменения признаков пожара при горении бумаги существенно отличается от случаев горения других материалов. Но в целом в литературе отсутствует информация о систематических исследованиях особенностей поведения оптических параметров среды при горении различной бумажной продукции, нет данных о характере изменения свойств среды под потолком и при других типах пожаров (например, при беспламенном горении, т.е. тлении). А именно с тления начинаются многие пожары, где бумага является первичной горючей средой.

Целью работы являлось определение поведения основных признаков пожара на ранней стадии при горении бумаги в помещении,

характерного для данного типа пожарной нагрузки.

Методика эксперимента

В работе приводятся результаты исследований изменения во времени температуры воздуха под потолком помещения, коэффициентов пропускания и интенсивности рассеянного вперед оптического излучения воздухом с продуктами горения в случаях различных режимов горения (пламенное горение и тление) для писчей бумаги и упаковочного картона. Исследования проводились на установке «Дымовой канал», позволяющей моделировать пожары в условиях, приближенных к реальным пожарам в бытовых помещениях [2]. Эта установка включает в себя многоканальный прибор для измерения температуры измеритель-регулятор ИР «Сосна 004», прибор для контроля скорости газовых потоков (TESTO 405-VI) и оптико-электронное устройство для измерения коэффициентов пропускания и интенсивности рассеянного вперед оптического излучения [3].

Температура воздуха измерялась под потолком дымовой камеры (высота потолка 2,4 м) на оси пожара. Начальная температура воздуха в экспериментах составляла 18 °С. На расстоянии 4 м от оси пожара в дымовом канале проводились измерения коэффициента пропускания и интенсивности рассеянного дымом излучения. Расстояние, которое проходило зондирующее излучение в дымовом канале, составляло 600 мм. Скорость воздушного потока контролировалась на входе в канал и в экспериментах была равна примерно 0,2 м/с.

Пламенное горение бумаги осуществлялось путем поджога двадцати листов писчей бумаги формата А4 плотностью 20 г/м, расположенных на горизонтальной поверхности веером. Бумага, сложенная в стопку, не поддерживала самостоятельного горения. Кроме того, исследовалось пламенное горение двадцати листов бумаги того же качества, но предварительно смятой. Пламенное горение упаковочного картона изучалось при поджоге трех образцов картона размером $230 \times 400 \text{ мм}^2$ каждый с общей массой 325 г, расположенных под небольшим углом к горизонтали. Для моделирования режима тления десять листов писчей бумаги размещались на поверхности не включенной электроплиты мощностью 2 кВт. После этого электроплита включалась и ее поверх-

ность нагревалась за 10 мин до температуры 600 °С.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рисунках 1–3 представлены зависимости от времени температуры под потолком помещения, интенсивности рассеянного излучения и коэффициента пропускания среды в случае различных режимов горения (пламенное горение и тление) писчей бумаги.

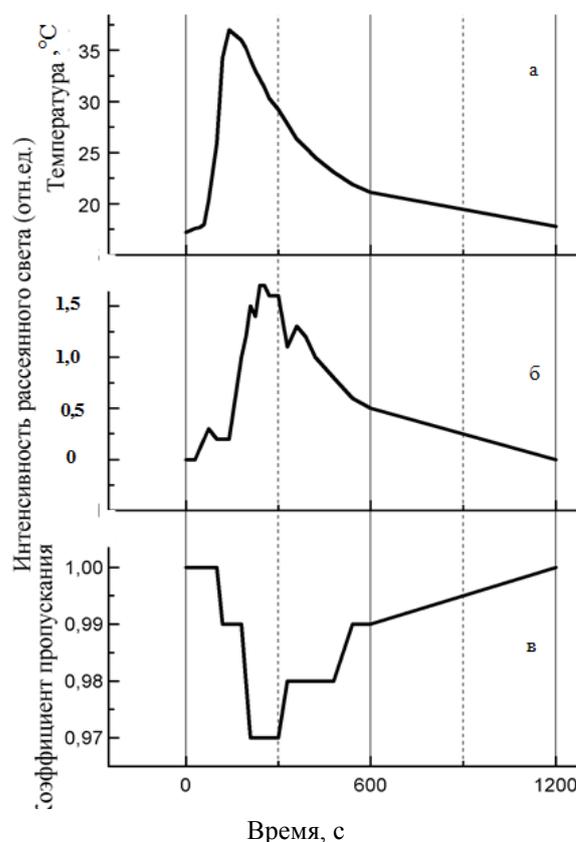


Рисунок 1 – Зависимости от времени температуры под потолком помещения (а), интенсивности рассеянного излучения (б) и коэффициента пропускания среды (в) в случае пламенного горения мятой бумаги

Из представленных зависимостей видно, что динамика изменения характеристик среды под потолком существенно зависит от качества бумажной продукции и типа горения. Так, горение мятой бумаги вызывает на порядок меньшее изменение коэффициента пропускания и интенсивности рассеянного излучения, чем горение того же количества гладкой бумаги. Изменения этих величин максимальны через 240 с (мятая бумага) и через 480 с (гладкая бумага). При этом темпера-

тура достигает максимального значения 37 °С (рисунок 1) и 26,5 °С (рисунок 2) за время примерно 140 с после начала горения.

Таким образом, наибольшие изменения оптических характеристик среды под потолком

происходят после погасания пламени, когда температура в помещении начинает снижаться. Удельная оптическая плотность не превышала 0,2 дБ/м (мятая бумага) и 1,89 дБ/м (гладкая бумага).

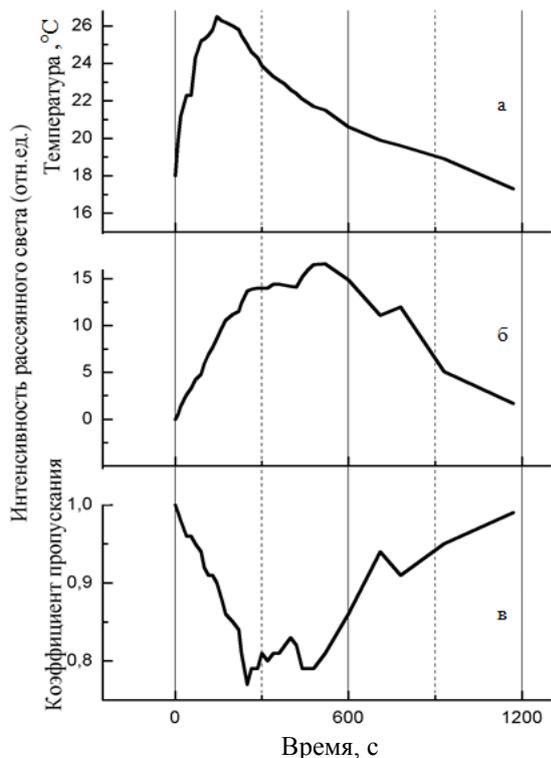


Рисунок 2 – Зависимости от времени температуры под потолком помещения (а), интенсивности рассеянного излучения (б) и коэффициента пропускания среды (в) в случае пламенного горения гладкой бумаги

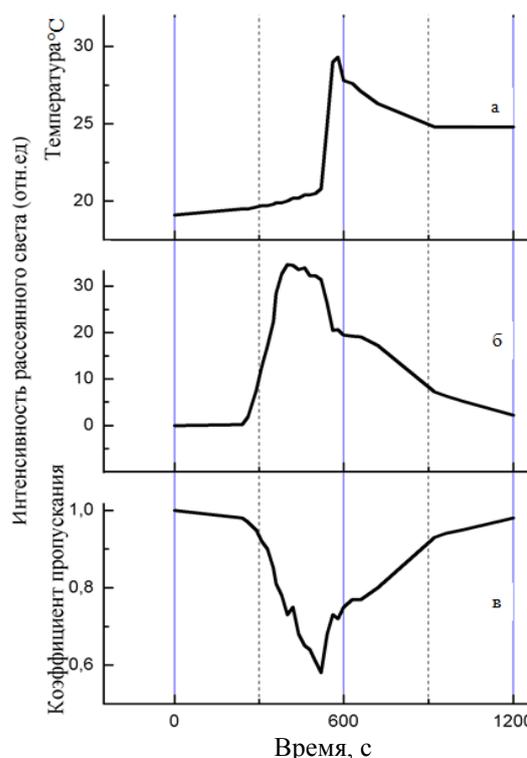


Рисунок 3 – Зависимости от времени температуры под потолком помещения (а), интенсивности рассеянного излучения (б) и коэффициента пропускания среды (в) в случае тления бумаги

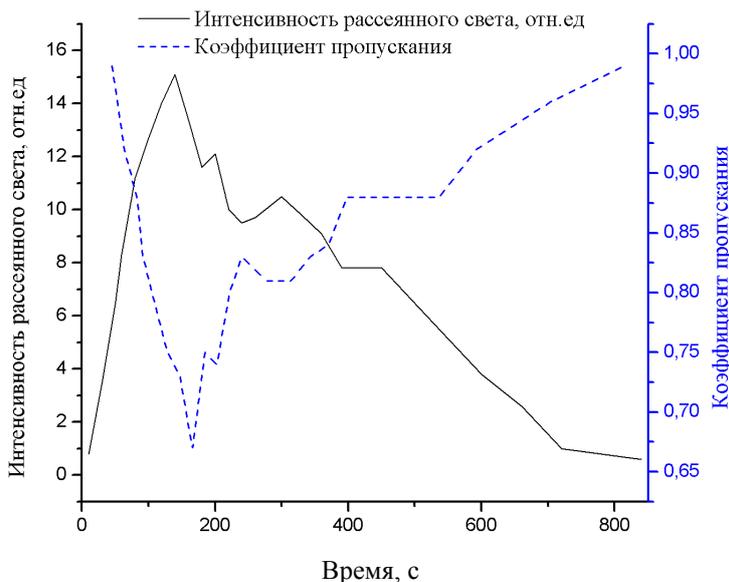


Рисунок 4 – Зависимости от времени интенсивности рассеянного излучения и коэффициента пропускания среды под потолком помещения при пламенном горении упаковочного картона

В отличие от пламенного горения, в случае тления в два раза меньшего количества бумаги, а значит и меньшей концентрации продуктов горения, удельная оптическая плотность достигала значения 4 дБ/м через 520 с. В первые 260 с, пока температура бумаги не достигла значения температуры тления, происходит медленное изменение оптических характеристик среды под потолком, удельная оптическая плотность при этом достигает значения 0,2 дБ/м. Достигнув температуры тления, за последующие 260 с удельная оптическая плотность увеличивается до 4 дБ/м. Медленный незначительный рост температуры до момента самовоспламенения бумаги в основном определяется тепловыделением электроплиты. Одновременно быстро нарастает интенсивность рассеянного излучения. После самовоспламенения бумаги начинается быстрый рост температуры и одновременно уменьшается удельная оптическая плотность и интенсивность рассеянного излучения.

На рисунке 4 приведены зависимости от времени интенсивности рассеянного излучения и коэффициента пропускания среды в случае пламенного горения упаковочного картона. Из представленных результатов видно, что коэффициент пропускания достигает минимума (0,67) одновременно с максимумом интенсивности рассеянного света (15 отн. ед.) через 180 с горения. После затухания картона оба параметра постепенно принимают начальные значения через 15 мин.

Заключение

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

– пламенное горение бумаги, являющееся одним из наиболее опасных и быстро развивающихся пожаров, не сопровождается в начале горения (вплоть до прекращения пламенного горения) существенным изменением оптических характеристик воздуха под потолком по-

мещения. Изменению оптических характеристик предшествует заметное изменение температуры. В этом случае наиболее информативной характеристикой, свидетельствующей о наличии пожара, является температура;

– при пожарах, начинающихся с тления бумаги, именно рассеяние излучения и коэффициент пропускания (либо оптическая плотность) среды являются теми характеристиками, по которым можно выявить пожар на раннем этапе.

Таким образом, для обнаружения пожара на этапе пламенного горения с помощью широко используемых в настоящее время дымовых пожарных извещателей, работающих как на принципе регистрации изменения коэффициента пропускания среды, так и на принципе регистрации рассеянного излучения, требуется регистрация малых сигналов. Для улучшения эффективности обнаружения таких пожаров необходимы извещатели, регистрирующие изменение температуры, например комбинированные пожарные извещатели с алгоритмом работы, учитывающим обнаруженные закономерности.

Список использованных источников

1. *Bukowski, R.W.* Fire Alarm Signaling Systems / R.W. Bukowski, W.D. Moore. – National Fire Protection Association, 2003. – 450 p.
2. *Зуйков И.Е.* Установка, моделирующая пожары в начальной стадии развития / И.Е. Зуйков, А.А. Антошин, Г.И. Олефир, И.Б. Третьяк // Сборник научных трудов «Достижения физики неразрушающего контроля и технической диагностики». – Минск, Институт прикладной физики НАН Беларуси, 2011. – С. 197–202.
3. *Зуйков, И.Е.* Контроль концентрации дыма при проведении испытаний дымовых оптических точечных пожарных извещателей / И.Е. Зуйков, А.А. Антошин, Г.И. Олефир, Д.Л. Есипович // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2009. – № 2(26).

MEASUREMENT OF AIR CHARACTERISTICS IN THE UPPER ZONE OF THE ROOM WITH BURNING PAPER

Zuikov I.E.¹, Antoshyn A.A.¹, Esipovich D.L.², Olefir H.I.¹

¹Belarusian National Technical University, Minsk

²Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk

e-mail: aantoshyn@mail.ru

Abstract. Experimental studies of the dynamics of temperature, transmittance coefficient and forward scatter of radiation in the smoke under the ceiling space when burning paper were conducted. Behavior of main signs of fire at an early stage, common for the mentioned type of inflammables, was studied.

Keywords: radiation scattering, optical density, signs of fire, flaming combustion, smoldering paper.

References

1. Bukowski R.W., Moore W.D. Fire Alarm Signaling Systems. *National Fire Protection Association*, 2003, 450 p.
2. Zuikov I.E., Antoshyn A.A., Olefir H.I., Tratsiak I.B. [Device for Modelling of Early Stages of Fire Development], Collection of Scientific Papers *Dostizheniya fiziki nerazrushayushchego kontrolya i technicheskoy diagnostiki*, Minsk, Institute of Applied Physics of National Academy of Sciences of Belarus, 2011, pp. 197–202. (in Russian)
3. Zuikov I.E., Antoshyn A.A., Olefir H.I., Esipovich D.L. [Control of smoke concentration during testing of smoke optical point detectors] *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya*, 2009, no 2 (26), pp. 17–29 (in Russian)

Поступила в редакцию 05.12.2013.