

Никитин В.И.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАДЫМЛЕННОЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ПИРОЛИЗА В ПЛАМЕННОЕ ГОРЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

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

Мультикритериальные пожарные извещатели успешно применяются во всем мире в связи с их способностью обнаруживать пожар с низкой вероятностью ложных срабатываний. Существующие методы контроля работоспособности мультикритериальных пожарных извещателей не предусматривают проверку их характеристик в условиях перехода тления в пламенное горение. Целью работы являлось усовершенствование методики исследования параметров окружающей среды при переходе от тления (пиролиза) в пламенное горение для моделирования тестового пожара при проверке качества работы мультикритериальных пожарных извещателей.

Описано, каким образом доработана методика проведения эксперимента, позволяющая одновременно исследовать динамику изменения параметров задымленной среды при переходе пиролиза в пламенное горение материалов.

Проведены натурные эксперименты и исследованы условия перехода от тления к пламенному горению материалов.

Ключевые слова: мультикритериальные пожарные извещатели, методы контроля, работоспособность, переход тления в пламенное горение.

Nikitin V.I.

IMPROVEMENT OF TECHNIQUES FOR STUDYING THE DYNAMICS OF CHANGES IN PARAMETERS OF A SMOKE ENVIRONMENT DURING THE TRANSITION OF PYROLYSIS TO FLAME COMBUSTION OF MATERIALS

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

Multi-criteria fire detectors are successfully used throughout the world due to their ability to detect fire with a low probability of mistake. Existing methods for monitoring the performance of multi-criteria fire detectors do not provide checking their characteristics under conditions of transition from smoldering to flaming combustion. The goal of the work is improving the methodology for studying environmental parameters during the transition from smoldering (pyrolysis) to flaming combustion to simulate a fire when checking the quality of operation of multi-criteria fire detectors.

Improved experimental methodology, that allow study the dynamics of changes in the parameters of a smoke-filled environment during the transition of pyrolysis to flame combustion of materials is described.

Full-scale experiments and the conditions for the transition from smoldering to flaming combustion of materials were studied are carried out.

Keywords: multi-criteria fire detectors, control methods, operability, transition of smoldering to flame combustion.

В работах [1, 2] описаны важность и необходимость исследования различных типов горения и прежде всего переходного процесса от тления к пламенному горению материалов для оценки работоспособности мультисенсорных пожарных извещателей обнаруживать пожары на ранней стадии их развития.

В работах [2, 3, 4] описана методика и переходной процесс от тления к пламенному горению материалов, склонных к указанному процессу.

Исследовались образцы древесины толщиной 2 мм. Воспламенение происходило при нагревании плитки до 600 °С.

Однако при попытках повторения и однозначного воспроизведения переходного процесса от тления к воспламенению было установлено, что его не всегда возможно воспроизвести однозначно с переходом к воспламенению.

При использовании образцов деревянных брусков схожих размеров (толщиной 2–2,5 мм) зачастую наблюдался только процесс тления с последующим полным ислением без пламенного горения.

Для стабилизации и однозначного воспроизведения в лабораторных условиях переходного процесса от тления к пламенному горению необходимо усовершенствование методики проведения эксперимента.

Посредством изучения литературных источников [5], описывающих поведение материалов, склонных к воспламенению и тлению, определено, что для однозначного воспламенения, помимо источника зажигания, наличия достаточного количества горючего материала, необходимо и наличие в достаточном количестве окислителя при горении целлюлозосодержащих материалов – кислорода, содержащегося в воздухе.

Следовательно, при нагреве исследуемых образцов необходим дополнительный приток воздуха, содержащий кислород для горения.

Данный приток воздуха предусмотрели в эксперименте с помощью специального устройства для его подачи. Устройство представляет собой прямоугольный блок, внутри которого расположен вентилятор.

На выходе из устройства направление воздушного потока регулируется с помощью секторной пластины, разделяющей и направляющей воздушные потоки. Размеры так называемого «выходного отверстия» для выхода воздушного потока из устройства составили в эксперименте 180 мм на 45 мм.

В усовершенствованной методике проведения эксперимента устройство подачи воздуха устанавливается таким образом, чтобы расстояние от центра плитки до края выхода воздушного потока из устройства подачи воздуха (до сопла) составляло (500 ± 20) мм.

Измеренная скорость воздуха над плиткой в среднем составляет 1,06 м/с, на выходе из вентилятора – 3,24 м/с.

Для проведения экспериментов по усовершенствованной методике подготовлены следующие образцы:

I. Три комплекта брусков из древесины хвойных пород (сосна) размерами $3 \times 10 \times 75$ мм (10 шт.).

II. Хлопковые фитили, используемые при моделировании стандартного тестового пожара ТП-3 по [6] или [7], длиной (800 ± 10) мм (3 шт.) и общей массой 8,24 г.

III. Хлопковые диски диаметром 56 мм каждый (50 шт.), по 10 шт. в стопке массой 25,44 г.

IV. Бруски из древесины хвойных пород (сосна) размерами $10 \times 15 \times 75$ мм (8 шт.) общей массой 34,18 г.

Эксперимент I. При проведении эксперимента с нагревом трех комплектов деревянных брусков размерами $3 \times 10 \times 75$ мм установлено следующее.

Справочно. Данные образцы со схожими размерами (толщиной 2 мм) [2, 3, 4] использовались при воспроизведении переходного процесса от тления к пламенному горению. Но добиться стабильности переходного процесса от тления к пламенному горению не удалось согласно результатам дополнительно проведенных натуральных экспериментов. Образцы периодически просто истлевали на нагревательной плитке без пламенного горения.

Воспламенение образцов по усовершенствованной методике достигало стабильности. Начало воспламенения в разных экспериментах (для первого, второго и третьего комплекта деревянных образцов) происходило от начала нагрева плитки в следующих значениях по времени: 530, 630 и 690 с при температуре плитки 367, 377 и 487 °С соответственно.

Период пламенного горения составил около 20 с при загорании образцов древесины. Но образцы загорались не одновременно. Зачастую некоторые образцы загорались, когда другие уже начинали затухать на плитке (почти после полного прогорания).

Таким образом, процесс можно охарактеризовать как не совсем стабильным и однозначным.

Можно сделать вывод, что не хватило горючей массы для однозначного наблюдения и поддержания во времени пламенного горения.

Эксперимент II. При исследовании поведения образцов древесины с размерами $10 \times 15 \times 75$ мм наблюдался более стабильный переходной процесс от тления к пламенному горению.

Воспламенение образцов произошло практически одновременно (в течение 5 с) при температуре на поверхности плитки 458 °С.

Период пламенного горения составил 26 с (рисунок 1).

Эксперимент III. При проведении эксперимента с использованием образцов древесины размерами $30 \times 10 \times 75$ мм также наблюдался стабильный переходной процесс от тления к пламенному горению.

Воспламенение произошло при температуре плитки 453 °С. При этом все образцы воспламенились в течение 1-2 с.

Период пламенного горения составил уже более длительный период: с 613 по 728 с и составил 115 с (около 2 мин) (рисунок 2).

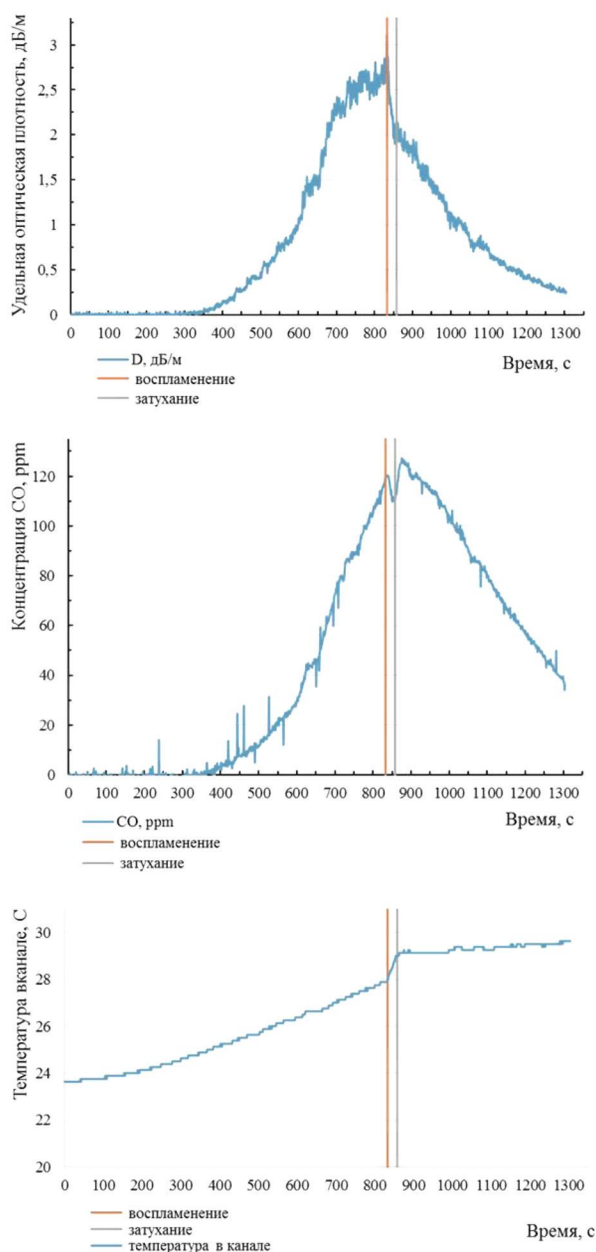


Рисунок 1 – Изменение контролируемых параметров при нагревании образцов древесины с размерами 10×15×75 мм

Детальный анализ графиков изменения концентрации (плотности) дыма, угарного газа, температуры в измерительном канале будет приведен в отдельной статье.

В результате исследования образцов древесины в настоящее время можно сделать вывод, что для реализации стабильного переходного процесса и его оценки во времени необходима более большая масса деревянных образцов. Соответственно, необходимо повторить эксперименты с брусками больших размеров (с большей горючей массой).

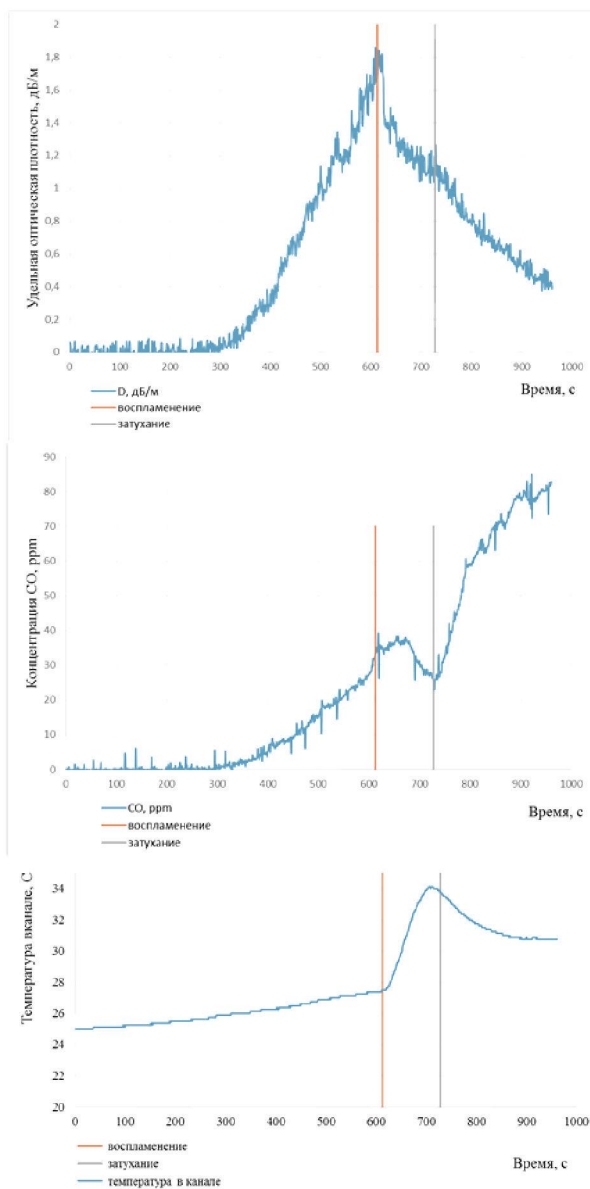


Рисунок 2 – Изменение контролируемых параметров при нагревании образцов древесины с размерами $30 \times 10 \times 75$ мм

Эксперимент IV. При исследовании образцов хлопковых фитилей при их нагреве на плитке установлено, что пламенного горения не наблюдалось.

Наблюдалось свечение с дальнейшим полным истлением образцов хлопковых фитилей при температуре до 377 °С на 450 с ($7,5$ мин) от начала нагрева плитки (рисунок 3).

Как видно из графика, переходной процесс от тления хлопковых фитилей к их пламенному горению отсутствует. Соответственно, на графике не наблюдается характерного для переходного процесса резкого изменения в сторону уменьшения удельной оптической плотности и концентрации угарного газа и увеличения температуры в канале.

Следовательно, образцы хлопковых фитилей, используемые в стандартном тестовом пожаре ТП 3, моделирующим только тлеющий процесс, для оценки работы мультикритериальных извещателей в данном случае не подходят.

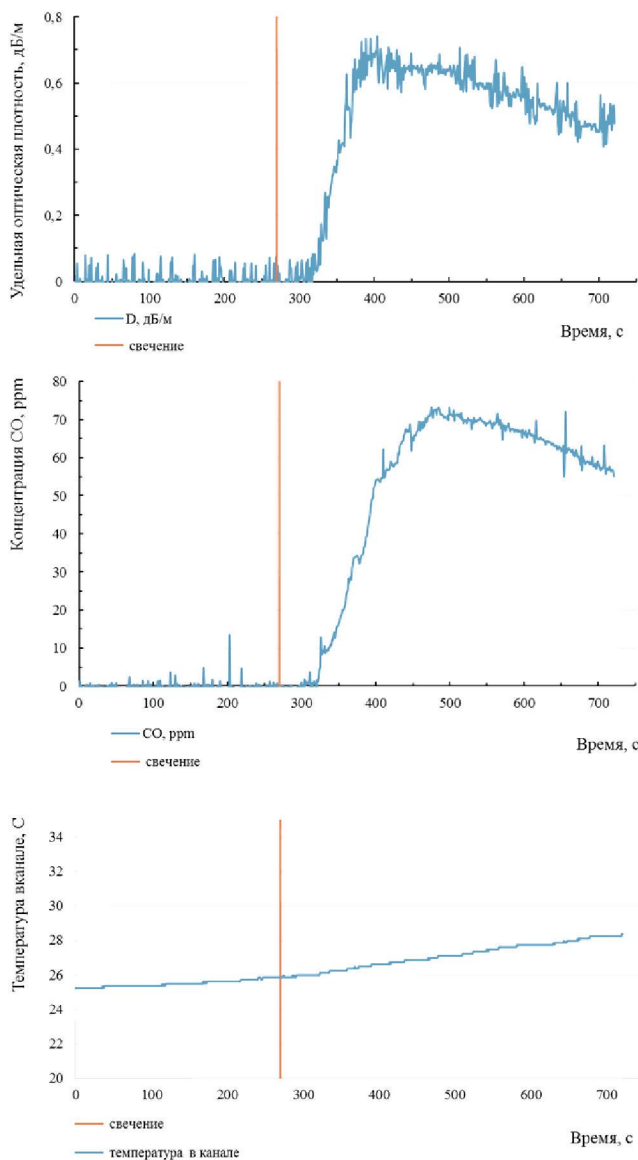


Рисунок 3 – Изменение контролируемых параметров при нагревании образцов хлопковых фитилей длиной 800 мм

Эксперимент V. При исследовании хлопковых дисков наблюдался стабильный переходной процесс от тления к пламенному горению.

Воспламенение произошло при температуре на плитке 407 °С, период пламенного горения составил 73 с (с 583 по 660 с с начала нагрева) (рисунок 4).

При анализе изменения значений концентрации угарного газа заметно резкое снижение его концентрации с одновременным снижением удельной оптической плотности. При этом спустя 10–15 с снова наблюдается увеличение концентрации угарного газа при продолжающемся спаде удельной оптической плотности. Температура в канале резко увеличивается и постепенно снижается.

При этом для образцов из древесины характерно более плавное изменение контролируемых параметров.

Таким образом, исследован переходной процесс с различными образцами материалов, склонных к переходу от тления к воспламенению.

Исследованные резкие изменения контролируемых параметров будут служить основой для определения перехода процесса от тления к пламенному горению.

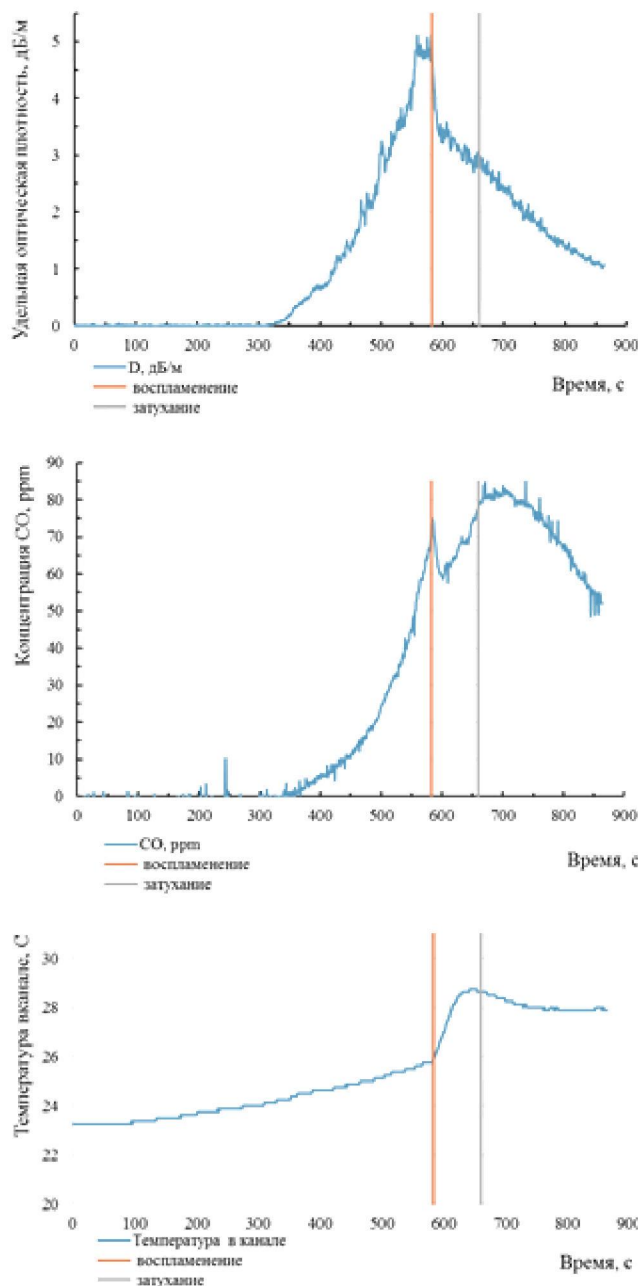


Рисунок 4 – Изменение контролируемых параметров при нагревании образцов хлопковых дисков

Для дальнейшего создания специального тестового пожара для контроля способности мультисенсорных (мультикритериальных) извещателей обнаруживать пожары с переходом от тления к пламенному горению материалов необходим детальный анализ проведенных экспериментов с соответствующими выводами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин В.И. Контроль работоспособности мультикритериальных пожарных извещателей // VII Международная науч.-практ. конф. «Чрезвычайные

ситуации: предупреждение и ликвидация», посвященная 60-летию создания первого в Республики Беларусь научного подразделения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров, г. Минск, 1-3 ноября 2016 года. – С. 294–304.

2. Антошин, А.А. Методика исследования динамики параметров задымленной среды при переходе пиролиза в пламенное горение / А.А. Антошин, В.И. Никитин // Приборы и методы измерений. – 2019. – Т. 10. № 4. – С. 271–280.

3. Антошин, А.А. Тестовый пожар на основе древесины, моделирующий условия перехода тления в пламенное горение / А.А. Антошин, В.И. Никитин // Материалы 11-й Международной науч.-технич. конф. Приборостроение – 2018. – Минск (БНТУ). – С. 497–499.

4. Никитин, В.И. Контроль работоспособности мультисенсорных пожарных извещателей / В.И. Никитин // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: противодействие современным вызовам и угрозам: сборник научных трудов международной науч.-практ.конф., Минск, 2017. – М.: УГЗ. – С. 158–160.

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

6. СТБ 11.16.03-2009 Система стандартов пожарной безопасности. Системы пожарной сигнализации. Извещатели пожарные дымовые точечные. Общие технические условия.

7. ГОСТ 34698-2020 Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

REFERENCES

1. Nikitin V.I. Kontrol rabotosposobnosti multikriterialnyh pozharnyh izveshatelej//VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya», posvyashennaya 60-letiyu sozdaniya pervogo v Respubliki Belarus nauchnogo podrazdeleniya v oblasti preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij i pozharov, g. Minsk, 1-3 noyabrya 2016 goda. – S. 294–304.

2. Antoshin A.A., Nikitin V.I. Metodika issledovaniya dinamiki parametrov zadymlennoj sredy pri perehode piroliza v plamennoe gorenje //Pribory i metody izmerenij 2019. – T.10. №4. – S. 271–280.

3. Antoshin A.A., Nikitin V.I. Testovyy pozhar na osnove drevesiny, modeliruyushij usloviya perehoda tleniya v plamennoe gorenje // Materialy 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii Priborostroenie. – 2018. – Minsk (BNTU). – S. 497–499.

4. Nikitin V.I. Kontrol rabotosposobnosti multisensornyh pozharnyh izveshatelej / Preduprezhdenie i likvidaciya chrezvychajnyh situacij: protivodejstvie sovremennym vyzovam i ugrozam. Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Minsk : UGZ, 2017. – S. 158–160.

5. Kireev A.A., Bondarenko S.N. Issledovanie povtornogo vosplamneniya

drevesiny obrabotannoj geleobrazuyushimi ognnetushashimi sostavami // Problemy pozharnoj bezopasnosti. – 2009. – Vyp. 25. – S. 65–72.

6. STB 11.16.03-2009 Sistema standartov pozharnoj bezopasnosti. Sistemy pozharnoj signalizacii. Izveshateli pozharnye dymovye tochechnye. Obshie tehnicheckie usloviya.

7. GOST 34698-2020 Izveshateli pozharnye. Obshie tehnicheckie trebovaniya. Metody ispytanij.

