

Рисунок 4 – Зависимости скорости сгорания материала (а) и радиационной составляющей тепловыделения (б) от времени при пожаре в закрытой комнате (1), с вентиляцией через нижнюю половину двери (2), дверь (3), двойную дверь (4) и проем в стене (5)

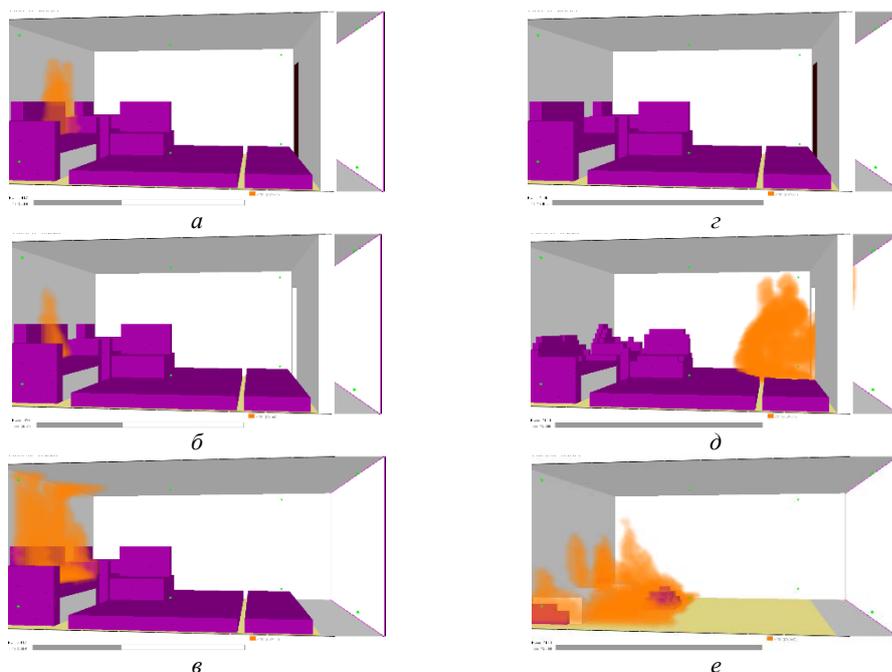


Рисунок 5 – Картины распространения пламенного горения на 500-й (а–в) и 1200-й секунде (г–е) пожаров в закрытой комнате (а, г), с естественной вентиляцией через открытую дверь (б, д) и через проем в стене (в, е)

В работе на примере реакции горения полиуретана показано, что режимы горения материала определяют динамику массовой скорости сгорания материала, тепловыделения, его радиационной составляющей и распространения пламенного горения при пожаре в помещении с разными условиями естественной вентиляции.

1. Drysdale D. An Introduction for Fire Dynamics. Third edition. Willey, 2011. - 551p.
2. Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical model, NIST Special Publication 1018-5 / K. McGrattan [et al.]. – Gaithersburg, MA, 2009. – 94 p.
3. Evaluating models for predicting full-scale fire behaviour of polyurethane foam using cone calorimeter data / J.U. Ezinwa [et al.] Fire Tech., 2014, V. 50. P. 693–719.

УДК 628

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ И СМЕЖНЫХ С НИМ ПРОСТРАНСТВАХ

Антошин А.А.², Волков С.А.¹, Олефир Г.И.², Голубев А.А.²

¹Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Большое количество пожаров в жилых помещениях связано с особенностями объемно-планировочных решений, свойствами пожарной нагрузки, особенностями поведения людей в таких помещениях. Современные исследования в

этой области [1–3] направлены на исследования окружающей среды в жилых помещениях различного функционального назначения в условиях пожара, и разработку методик таких исследований. Однако до сих пор отсутствует информация

о методиках исследования распределения продуктов горения по высоте помещения, включая токсичные удушающие и раздражающие газы.

Целью настоящей работы является разработка методики исследования распределения продуктов горения, включая токсичные продукты удушающего и раздражающего действия как по высоте помещений стандартной квартиры в жилом панельном доме, так и по ее площади. Исследования в условиях пожара окружающей среды в жилых помещениях и смежных с ними пространствах здания позволит определить требования к тестовым пожарам и разработать методику испытаний пожарных извещателей, предназначенных для защиты жилых помещений и находящихся в них людей.

Анализ публикаций позволил определить перечень подлежащих контролю факторов пожара и тип горения при котором должны контролироваться характеристики окружающей среды. Показано, что для достижения поставленной цели необходимо контролировать температуру, оптическую плотность газовой среды в горящем помещении и смежных с ним пространствах, способность среды рассеивать оптическое излучение и концентрацию газообразных продуктов горения (CO, HCl, HCN, HF, CO₂, NO₂, O₂). Размещение системы контроля температуры и оптических характеристик среды на основе адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации «Болид» показано на рисунке 1.

В качестве очагов пожара для жилой комнаты предложен макет мягкой мебели, для спального помещения – макет матраса, моделирующий как пламенное горение так и тление, для кухни – горение различных продуктов питания (масло, пища на плите). В качестве источников зажигания использованы тлеющая сигарета (для имитации тлеющего пожара) и газовая горелка (для имитации пламенного пожара).

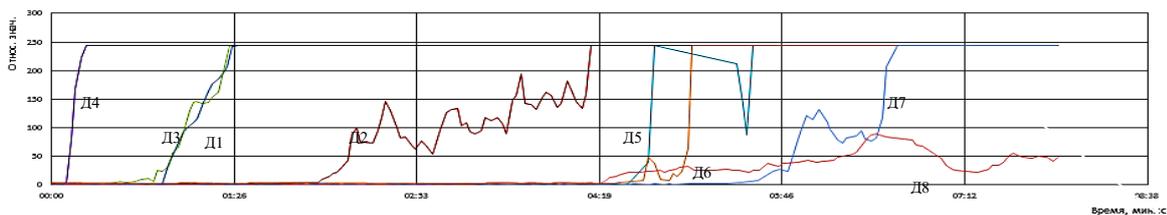
Для измерения температуры газовой среды применяются термодатчики С2000-ИП-03 на ос-

нове адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации, производства НПВ «Болид». Для измерения интенсивности рассеянного оптического излучения использованы оптико-электронные адресно-аналоговые извещатели ДИП-34А-04, работающие на принципе обратного рассеивания.



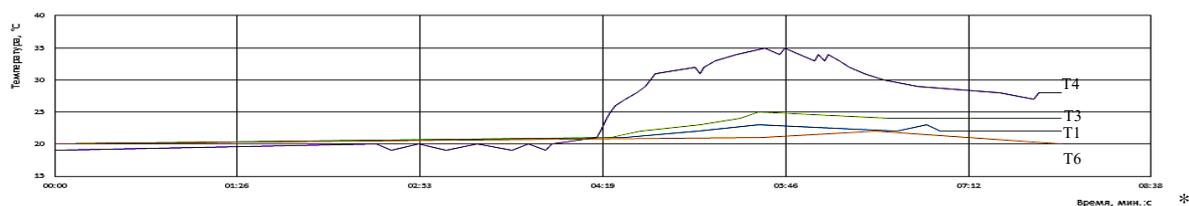
Рисунок 1 – Размещение системы контроля температуры и оптических характеристик в среды на основе адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации «Болид»

На рисунках 2 – 4 приведены экспериментальные результаты, полученные с использованием разработанной и изготовленной системы контроля характеристик окружающей среды при горении макета мягкой мебели в испытательной камере размерами 3×3×2,5 м. Замеры производились в 8 точках Точка 1 располагалась в вентиляционном канале. Точки 2-4 располагались под потолком по центру помещения. Точки 5–8 размещались по центру помещения на высотах 0,5; 1; 1,5 и 2 м.



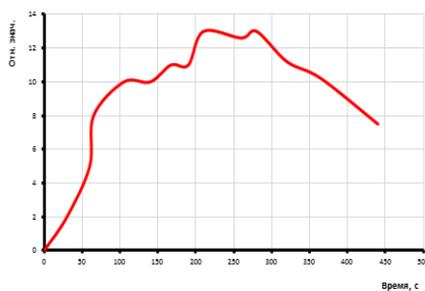
Д1 – Д8 - зависимости интенсивности рассеянного оптического излучения от времени горения макета мягкой мебели в точках 1–8

Рисунок 2 – Зависимости интенсивности рассеянного оптического излучения в разных точках пространства помещения от времени горения макета мягкой мебели

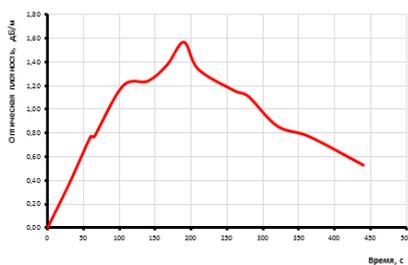


Т1, Т3, Т4, Т6 - временные зависимости температуры в точках 1,3,4,6 контролируемого пространства

Рисунок 3 –Изменение температуры в разных точках помещения при пламенном горении макета мягкой мебели



а



б

Рисунок 4 – Изменение во времени интенсивности рассеянного излучения (а) и оптической плотности среды (б) при горении макета мягкой мебели в точке Д1

Для измерения концентрации CO, HCl, HCN, HF, CO₂, NO₂, O₂ используются газоанализаторы «Бинар 2П», Testo 320 и Multilyzer-NG. Разработанная методика выполнения измерений состава и пространственного распределения газовой смеси, образующейся при пожаре в жилых помещениях и смежных с ними пространствах, предусматривает определение основных компонентов, образующихся при горении материалов характерных для жилых помещений. Полученные с помощью такой системы результаты позволяют сформулировать основные требования к извещателям пожарным, для жилых помещений и разработать методики их испытаний.

1. Beji T., Verstockt S., Van de Walle R., Merci B. Global analysis of multi-compartment full-scale fire tests ('Rabot2012') // Fire Safety Journal 76 (2015). P. 9–18.
2. Cleary T. G. Improving Smoke Alarm Performance – Justification for New Smoldering and Flaming Test Performance Criteria // NIST Technical Note 1837, 27 p. (July 2014).
3. Cowlard A. Jahn W. Rein G. Torero J. L. Sensor Assisted Fire Fighting Fire Technology // 2010, Volume 46, Issue 3, pp 719–741.

УДК 539.2

ГЕТТЕРИРОВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Воробей Р.И., Гусев О.К., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И., Русакевич Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Выращивание эпитаксиальных слоев является одним из важнейших этапов формирования полупроводниковых приборных структур. Эпитаксиальный слой должен либо полностью повторять кристаллографические свойства подложки, либо иметь их близкими к идеальным. Однако реально получаемые слои могут иметь электрофизические свойства, существенно отличающиеся от планируемых. Это несоответствие, в значительной степени обусловлено возникновением дефектов в процессе наращивания эпитаксиальных слоев или наличием нежелательных примесей. На практике используют несколько основных способов улучшения характеристик эпитаксиальных слоев, в частности, с использованием методов геттерирования [1].

В процессе геттерирования происходит связывание подвижных, нежелательных примесей и дефектов в нейтральные ассоциации. Основными механизмами геттерирования примесей являются:

- Образование пар ионов. При легировании образца геттерирующей примесью образуются нейтральные пары.
- Геттерирование с использованием нарушенных слоёв.

– Внутреннее геттерирование. Чаще всего реализуется при ионном легировании.

Использование редкоземельных элементов в качестве геттерирующей примеси в кремнии приводит к уменьшению концентрации точечных дефектов, неконтролируемых примесей; позволяет повысить стойкость полупроводниковых приборов к внешним воздействиям, в частности, к радиационному излучению. Обычно легирование полупроводников редкоземельными примесями осуществляется либо из поверхностного источника, либо в процессе роста эпитаксиального слоя. Атомы редкоземельных элементов влияют на накопление термодфектов, возникающих при термообработке в процессе изготовления кремниевых полупроводниковых приборов и ИС. Редкоземельные элементы в кремнии активно взаимодействуют с кислородом как в процессе выращивания эпитаксиальных слоев, так и в твердой фазе, осуществляя своеобразную очистку кремния. При легировании кремния редкоземельными элементами время жизни неравновесных носителей заряда увеличивается в 4 – 6 раз, в зависимости от вида редкоземельного элемента.