

Рисунок 8 – Зависимости изменения давления воздуха в центре комнаты от времени на высоте 0,1 (1, 3) и 2,6 м (2, 4) с вентиляционным отверстием от уровня пола (1, 2), потолка (3, 4)

Отмеченные подобия характеристик пожаров в закрытой комнате и в комнате с естественной вентиляцией обусловлены действием эффекта дымовой трубы, возникающего при пожаре в комнате с вентиляцией. Благодаря этому эффекту, в верхней зоне комнаты формируется область повышенного давления воздуха, из которой нагретый дым выталкивается через верхнюю часть вентиляционного отверстия, а в нижней зоне комнаты образуется область пониженного давления, в которую через

нижнюю часть отверстия поступает свежий воздух (рисунок 8). Положение нейтральной поверхности, разделяющей две этих зоны, зависит от высоты расположения вентиляционного отверстия и мощности источника пожара.

Таким образом, проведенное моделирование показало, что увеличение высоты расположения источника пожара в помещении и появление в нём естественной вентиляции обуславливают появления нестационарных по тепловыделению участков на начальном этапе стационарного по массовой скорости сгорания топлива пожара, а также формируют газодинамические процессы, приводящие к неоднородным вертикальным пространственным распределениям температур и изменения давления воздуха в комнате.

1. Drysdale D. An Introduction for Fire Dynamics. – Third edition. Wiley, 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. Fire Dynamics Simulator (Version 5). User's Guide, NIST Special Publication 1019-5 / K. McGrattan [et al.]. – Gaithersburg, MA, 2009. – 176 p.

УДК 628.74

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ГОРЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ В ПОМЕЩЕНИИ

Герасимович В.А., Невдах В.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В последнее время тенденция развития методов и приборов противопожарной защиты объектов разного назначения в наиболее развитых странах заключается в возрастании роли компьютерного моделирования пожаров на таких объектах для прогнозирования динамики опасных факторов пожара (ОФП). Это позволяет использовать гибкое или объектно-ориентированное нормирование в области пожарной безопасности для обеспечения пожарной безопасности объектов с учетом их индивидуальных особенностей. К настоящему времени разработаны и используются различные модели пожаров - зонные, интегральные, полевые, среди которых наиболее универсальными являются полевые (дифференциальные) модели пожара [1]. В полевых моделях задается расчетная область трехмерного пространства, в которой будет протекать моделируемый пожар и в которой требуется знание полей ОФП. Эта область делится на большое количество контрольных объемов – ячеек расчетной сетки. Каждая ячейка рассматривается как точка пространства, в которой численными методами решается система уравнений в частных производных, выражающих законы сохранения массы, импульса и энергии компонентов горючей смеси,

а также описывающих появление и перенос теплового излучения. Полевой метод не содержит никаких упрощающих предположений о структуре газодинамических потоков в расчетном пространстве, и поэтому принципиально применим для рассмотрения любого сценарий развития пожара на объекте практически любой геометрической формы.

В настоящей работе представлены результаты компьютерного моделирования режимов горения при пожарах в помещении с помощью программы FDS (Fire Dynamics Simulator), в которой реализована полевая модель пожара [2, 3].

В редакторе-интерфейсе PyroSim была создана модель помещения – комнаты с размерами 4,2х3,3х2,7 м в прямоугольной расчетной сетке с кубическими ячейками размером 0,1х0,1х0,1 м (см. рисунок 1). Моделировались начальные этапы (первые 300 секунд) стационарных по массовой скорости сгорания топлива пожаров (см. рисунок 2) с источником, расположенным на разной высоте, в закрытой комнате и в комнате с естественной вентиляцией через открытую вертикальную фрамугу окна с размерами 0,3х1 м. В качестве источника пожара использовалась поверхность с размерами 0,5х0,5 м и тепловыделением 150 кВт.

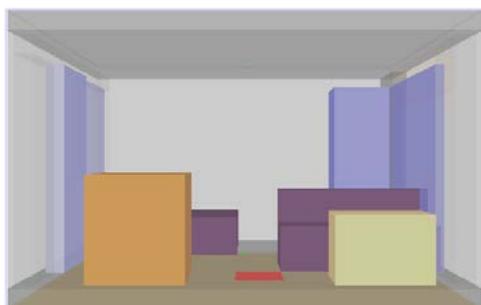


Рисунок 1 – Модель комнаты

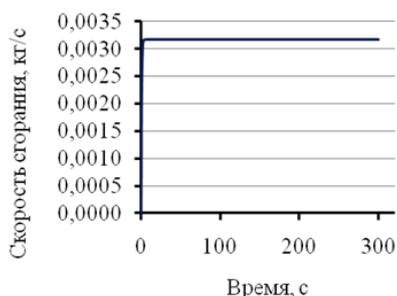


Рисунок 2 – Зависимость массовой скорости сгорания топлива от времени в источнике пожара мощностью 150 кВт

Динамика тепловыделения пожаров в закрытой комнате с источником на полу, высоте 0,7 и 1,7 м представлена на рисунке 3. Из этого рисунка видно, что пожар с источником на полу до ~ 190-й секунды является квазистационарным по тепловыделению. Ему соответствует режим горения, контролируемый горючим материалом, а пламенное горение происходит только в области источника. После этого момента начинается режим горения, контролируемый кислородом. Слой дыма опускается до пола, количество кислорода уменьшается и уже не в состоянии поддерживать пламенное горение источника с заданным уровнем тепловыделения. Тепловыделение пожара начинает уменьшаться, пламенное горение возникает в ближайших к источнику областях дыма и к ~ 220-й секунде полностью прекращается (см. рисунок 6, а).

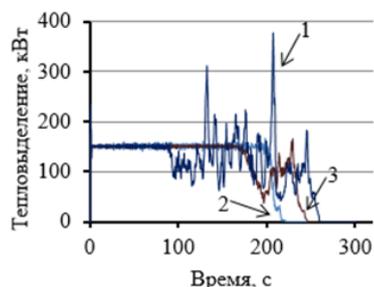


Рисунок 3 – Зависимости тепловыделения от времени при пожаре мощностью 150 кВт с источником на полу (2), на высоте 0,7 м (3) и 1,7 м (1) в закрытой комнате

При пожаре с источником на высоте 0,7 м общая продолжительность пламенного горения увеличивается до ~ 250 секунд, причем

длительность режима горения, контролируемого горючим материалом, уменьшается до ~ 170 секунд. Длительность режима горения, контролируемого кислородом, увеличивается до ~ 80 секунд. В различных областях слоя дыма вокруг источника хаотически происходит его самовоспламенение (см. рисунок 8, б), и тепловыделение становится нестационарным. Самовоспламенение дыма, возникающее хаотически вокруг источника, обеспечивает нерегулярные пульсации на зависимости тепловыделения от времени.

При увеличении высоты расположения источника до 1,7 м продолжительность пламенного пожара возрастает еще больше. Длительность квазистационарного по тепловыделению этапа сокращается до ~ 80 секунд, а длительность нестационарного этапа с горением, контролируемым кислородом увеличивается до ~ 180 секунд (см. кривую 1 на рисунке 2). На этом этапе пожара пламенное горение в области источника практически не происходит. Наблюдается только хаотическое самовоспламенение в разных областях дыма (рисунок 6, в). Амплитуды нерегулярных пульсаций на зависимости тепловыделения от времени сильно возрастают.

Динамика температуры воздуха в центре закрытой комнаты на высотах 0,1 и 1,7 м для описанных пожаров представлена на рисунке 4. Видно, что при увеличении высоты расположения источника пожара увеличивается вертикальный градиент температуры воздуха на квазистационарном по тепловыделению этапе пожара. Так как при этом нагревается меньший слой дыма, то, при одинаковом тепловыделении источника, он нагревается до больших температур, и в его отдельных областях создаются условия для самовоспламенения. Самовоспламенение дыма усиливает газодинамические процессы в помещении и на температурных зависимостях появляются интенсивные нерегулярные пульсации. После прекращения пламенного горения температура воздуха в помещении уменьшается.

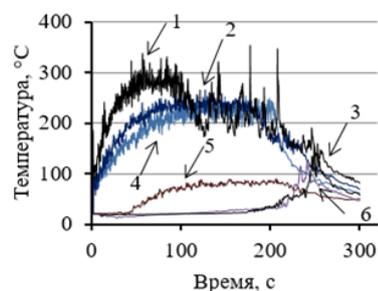


Рисунок 4 – Зависимости температуры воздуха от времени в центре закрытой комнаты на высоте 0,1 (3, 5, 6) и 2,4 м (1, 2, 4) при пожаре с источником на полу (4,5), на высоте 0,7 (2, 6) и 1,7 м (1, 3)

В помещении с естественной вентиляцией все промоделированные пожары – с источником на

полу, высотах 0,7 и 1,7 м имеют подобные квазистационарные динамики тепловыделения (рисунок 5). Выбранные параметры источника пожара, размеры и положение вентиляционного отверстия обеспечивают реализацию режима горения, контролируемого горючим материалом, в течение всех 300 секунд моделирования.

Пожары создают условия для действия эффекта дымовой трубы, обеспечивающего поступление в комнату свежего воздуха через нижнюю часть вентиляционного отверстия, и выход наружу дыма и нагретого воздуха через верхнюю часть отверстия. Различия в картинах пламенных пожаров в закрытой комнате и в комнате с естественной вентиляцией видны из рисунков 6 (а–е).

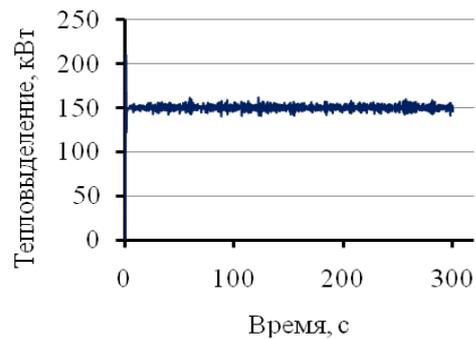


Рисунок 5 – Зависимость тепловыделения от времени при пожаре с источником на высоте 1,7 м в комнате с вентиляцией

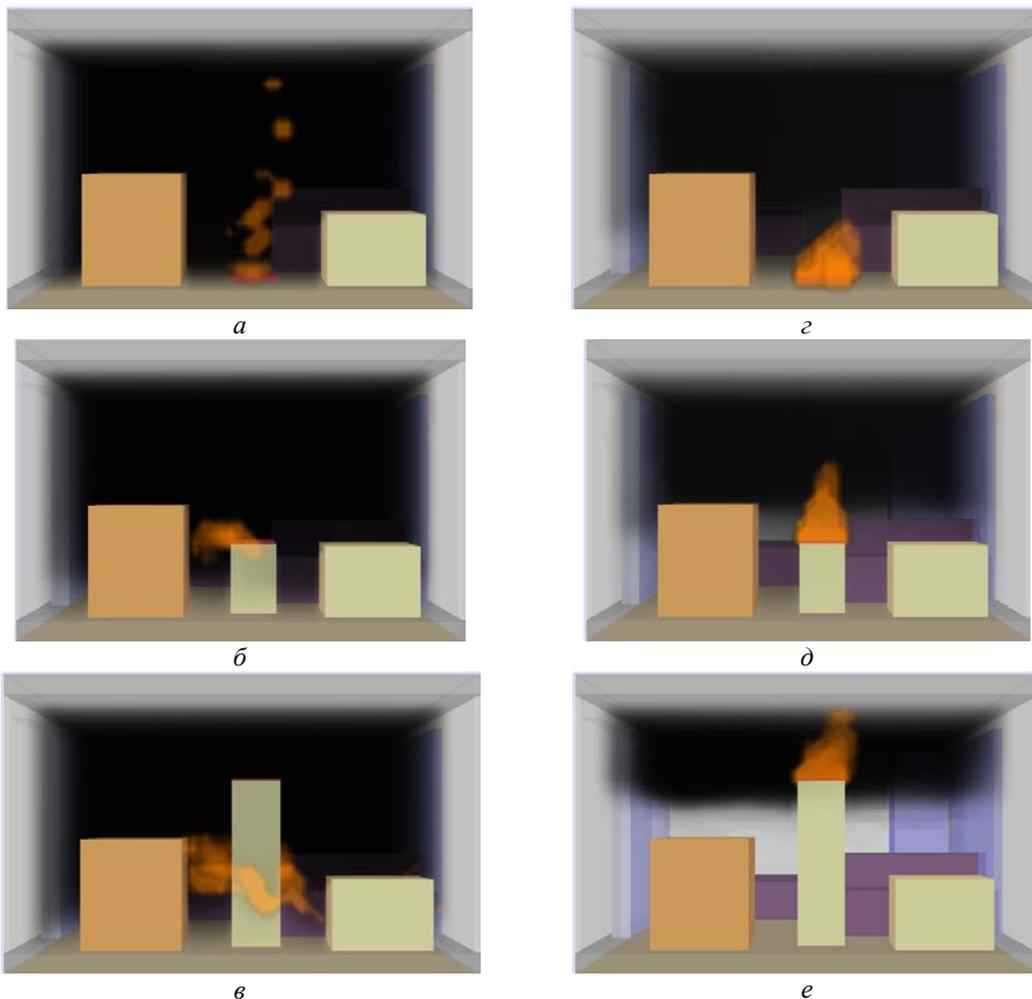


Рисунок 6 – Картины на 200-й секунде пожаров в закрытой комнате (а, б, в) и в комнате с естественной вентиляцией (г, д, е) с источником мощностью 150 кВт на полу (а, г), на высоте 0,7 (б, д) и 1,7 м (в, е)

Таким образом, моделирование пожаров в помещении показало, что увеличение высоты расположения источника пожара в закрытом помещении сокращает квазистационарный по тепловыделению этап пожара, контролируемый горючим материалом, и переводит его в нестационарный пожар, контролируемый кислородом, с

самовоспламенениями в слое дыма. При пожаре в помещении с естественной вентиляцией длительность квазистационарного по тепловыделению этапа пожара, контролируемого горючим материалом увеличивается.

1. Drysdale D. An Introduction for Fire Dynamics. Third edition. Wiley, 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. Fire Dynamics Simulator (Version 5). User's Guide, NIST Special Publication 1019-5 / K. McGrattan [et al.]. Gaithersburg, MA, 2009. – 176 p.

УДК 614.841.34

РАЗРАБОТКА ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ПО ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ

Черневич О.В., Пастушенко Е.В., Тарасова Н.С.

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

Внедрение в Республике Беларусь норм и стандартов Европейского союза в области строительства предполагает применение соответствующих систем измерения и регистрации параметров. При проведении испытаний строительных конструкций на огнестойкость по европейским нормам используют термопреобразователи, которые конструктивно отличаются от термопреобразователей, применяемых в соответствии с ГОСТ 30247.1 [1], ГОСТ 30247.2 [2]. Для проведения испытаний в соответствии с требованиями стандартов Европейского Союза сотрудниками института, совместно НП ООО «Энергоприбор» разработаны и внедрены в производство термопреобразователи применяемые при испытаниях на огнестойкость согласно EN 1363-1, EN 1363-2.

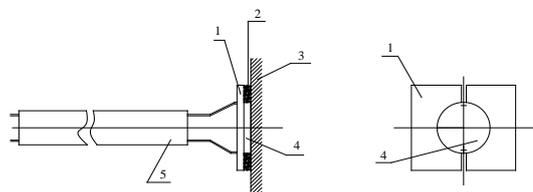
В результате проведения НИОКР разработана конструкторская и эксплуатационная документация на опытные образцы термопреобразователей ТХА(К)-101 для определения температуры образца и ТХА(К)-102 температуры в печи [3].

Преобразователь термоэлектрический ТХА(К)-101 предназначен для измерения температуры газообразных, жидких и твердых сред, не разрушающих защитную арматуру, и может применяться в различных отраслях промышленного и сельскохозяйственного производства, в науке.

Разработанное устройство для измерения температуры представлено на рисунке 1. К поверхности объекта плотно прижимают теплоприемник (медный диск) 4 при помощи элемента для прижатия теплоприемника 1. Между элементом для прижатия теплоприемника 1 и поверхностью объекта применяют связующие (высокотемпературные клей, различные пасты и мастики) 2. Холодные концы термопары 5 подсоединяются к измерительному прибору. При нагревании теплоприемник (медный диск) 4, имеющий практически температуру поверхности объекта, передает термо ЭДС от холодных концов к измерительному прибору [4].

Теплоприемник для измерения температуры в диапазоне (-40 – 400) °С выполнен из меди, элемент для прижатия теплоприемника к

поверхности контролируемого объекта выполнен из паранита и крепится к поверхности контролируемого объекта связующим (высокотемпературные клей, различные пасты и мастики).



- 1 – пластина для прижатия теплоприемника;
2 – связующее; 3 – контролируемый объект;
4 – теплоприемник; 5 – холодные концы термопары

Рисунок 1 – Термопара для измерения температуры образца

Защитная арматура выполнена из кремнеземной нити.

- Технические характеристики ТХА(К)–101:
– рабочий диапазон измеряемых температур – от –40 до + 400 °С;
– класс по СТБ ГОСТ Р 8.585 – 2;
– показатель тепловой инерции не более 0,8 с;
– масса – не более 0,12 кг;
– рабочая температура кремнеземной оплетки 300 °С.

Разработаны технические условия ТУ ВУ 1011114857.072–2010 «Преобразователи термоэлектрические ТХА(К)–101».

Эксплуатация предложенного устройства для измерения температуры является стандартной. Однако за счет возможности простой установки термопары на требуемой поверхности и обеспечения требуемой точности измерений за счет плотного контакта с поверхностью образца сложность крепления уменьшается, а точность измерений увеличивается.

Для измерения температуры в печи при проведении испытаний строительных конструкций на огнестойкость по EN 1363–1, EN 1364–1, EN 1365–1, EN 1363–2, EN 1364–3, EN 1364–4, ГОСТ EN 1363–1 разработан термопреобразователь термоэлектрический ТХА(К)–102 (рис. 2).

Термоэлектрический преобразователь для измерения температуры в печи состоит из