

## ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОННОЙ МОДЕЛИ

Аннотация: Сконструирована установка, позволяющая получить данные, которые можно оценить по отношению ко времени их достижения и получить новую характеристику поведения образца древесины во время пожара, что позволит точнее оценить риск гибели людей в деревянных строениях.

Ключевые слова: конвективная колонка, зонная модель, полигонные испытания, температурное поле.

Abstract: A facility has been designed that allows one to obtain data that can be estimated in relation to the time of their achievement and to obtain a new characteristic of the behavior of a wood sample during a fire, which will more accurately assess the risk of death in wooden buildings. Key words: convection column, zone model, polygon tests, temperature field.

В настоящий момент наибольшее количество пожаров происходит в гражданских зданиях, из которых основную часть составляют здания бытового сектора.

Значительное число пожаров в бытовом секторе характеризуются тем, что горючими материалами являются древесина и ткани (70 % от общего количества). По ущербу влияние горючего материала распределилось следующим образом: древесина – 68,98 %, шерсть, хлопок и т.п. – 11,3 %, синтетические изделия и волокна из них – 1,81 %, ЛВЖ, ГЖ – 1,8 %, резина и резинотехнические изделия – 1,97 % (всего 90,3 % от всей величины ущерба) [1].

Таким образом, пожар в жилых домах, в основном, связан с горением древесины. Это особенно характерно для сельской местности и садово-дачных товариществ, где большая часть строений в настоящий момент возводится из дерева различных пород.

Важнейшим направлением исследования тепло- и массообмена при пожаре был и остается эксперимент, который позволяет получать необходимую информацию об исследуемом процессе и проверять достоверность разрабатываемых моделей.

По характеру основных решаемых задач экспериментальные методы исследования могут быть разделены на три основные группы.

1. Натурные испытания. Проводятся на реальных объектах. Учитывая их большую трудоемкость и высокую стоимость, основные задачи при их выполнении – проверка уже отработанных моделей и получение экспериментальных данных для дальнейшего развития моделирования.

2. Полигонные испытания проводятся на различных специально оборудованных фрагментах, имеющих размеры близкие к реальным. Эти испытания позволяют производить полное или частичное моделирование процессов тепло- и массообмена при пожарах. Они используются, главным образом, для отработки различных моделей, получения функциональных зависимостей для термогазодинамических параметров, в том числе и для получения их вероятностных характеристик.

3. Лабораторные методы исследования применяются в целях изучения закономерностей изменения различных параметров с использованием методов частичного моделирования. Эти методы должны обладать высокой степенью точности измерений и повторяемостью процессов исследования. С помощью методов частичного подобию, сходимость которых должны быть проверена при лабораторных и полигонных испытаниях, на лабораторных установках возможно получать значения различных величин (скорость выгорания, коэффициент недожога, коэффициент теплообмена), используемые в том числе для последующего численного эксперимента.

Зональный (зонный) метод моделирования пожара в помещении использует закономерности струйного течения и применяется для определения теплового воздействия очага пожара на строительные конструкции.

Механизм теплового взаимодействия между очагом горения и конструкциями зависит от взаимного расположения и геометрического размера факела и самих конструкций. Характеристики горючей нагрузки, свойства продуктов сгорания, теплотехнические характеристики конструкций, а также характер газообмена влияют на величину теплового взаимодействия очага с конструкциями.

Параметры, характеризующие условия развития пожара в помещении (температура, давление, состав газовой среды, массовые и тепловые потоки), в условиях локальных пожаров существенно неравномерны в объеме очага пожара. Их усредненные значения сильно отличаются от локальных значений. Начальная стадия пожара, при которой температура в помещении характеризуется сильной неоднородностью, очень важна для оценки характера последующего развития пожара, разработки мероприятий по обеспечению безопасной эвакуации людей при пожаре, обнаружению и тушению пожара [2].

Скорость распространения огня по поверхности пожарной нагрузки является очень важной величиной, определяющей характер изменения площади пожара. Она зависит от большого числа факторов, имеющих физический характер (теплотехнические и пожароопасные свойства материалов, условия теплового взаимодействия очага пожара с материалами пожарной нагрузки, взаимное расположение материалов пожарной нагрузки к моменту возникновения пожара, состояние оконных и дверных проемов, сила и направление ветра, атмосферные явления).

Таким образом, исследования начальной стадии пожара могут быть полезными для уточнения картины тепловыделения и распространения опасных факторов при пожаре в бытовом помещении, где основные горючие вещества представляют собой целлюлозу: древесина, ткани, бумага.

В настоящий момент в России не существует официально рекомендованных экспериментальных методик оценки распространения теплового потока на начальной стадии пожара. Программные продукты, предназначенные для этой оценки, являются импортными, следовательно, доступ к ним ограничен. Кроме того, компьютерное моделирование не учитывает индивидуальных свойств горючей нагрузки в помещении, что в ряде случаев может повлиять на достоверность полученных результатов.

Для исследования индивидуальных свойств пожарной нагрузки и изучения начальной стадии пожара с использованием зонной модели была поставлена цель сконструировать установку, которая может непрерывно фиксировать изменение температуры в заданных точках изучаемого объекта.

Для предварительной оценки возрастания температуры на первичной стадии пожара был использован программный комплекс *FDS*.

Программа *FDS* (*Fire Dynamics Simulator*) – мощный инструмент для моделирования пожара, разработанный Национальным институтом стандартов и технологий США (*National Institute of Standards and Technology – NIST*). *FDS* моделирует сценарии пожара с использованием вычислительной гидродинамики (*CFD – computational fluid dynamics*), оптимизированной для низкоскоростных температурно-зависимых потоков. Данная программа реализует полевою модель распространения пожара [3].

В качестве объекта моделирования пожара взято условное помещение деревянной конструкции объемом  $173 \text{ м}^3$ .

Основным материалом пожарной нагрузки является сосна. Общая ее масса в помещении составила 18700 кг, сюда вошли как стены и пол, так и различные препятствия, находящиеся в помещении. Результаты моделирования фиксируются четырьмя датчиками (рис. 1), расположенными на высоте 1,7 м над уровнем пола.



Рис. 1 Расположение температурных датчиков

Первый расположен непосредственно в комнате, в которой находится очаг возгорания, второй в дверном проеме, третий на выходе из помещения, то есть на пути эвакуации, и наконец, четвертый в соседнем помещении от того, в котором начинается пожар.

Время моделирования составило 80 секунд. За это время температура равная 70 °С была зафиксирована только на двух датчиках, а именно на 1-м на 26 секунде пожара и 4-м на 71 секунде, то есть на тех, которые находились в непосредственной близости от источника пожара.

Для проведения полигонных испытаний в первую очередь было необходимо подобрать аппаратно-программную систему, посредством которой можно было бы корректно собирать, обрабатывать и записывать данные. Для этих целей подходящей представляется платформа *Arduino* [4].

Для конструирования установки регистрации температуры были выбраны следующие комплектующие:

- *Arduino Mega 2560*;
- Модуль регистрации V1.0;
- AC 100 V-240 адаптер конвертер DC 9 V 1A;
- МАХ6675 k-образный термоэлектродный сенсор;

- LCD 2004 дисплей с последовательным интерфейсом;
- Соединительные провода.

Схема установки приведена на рис. 2.

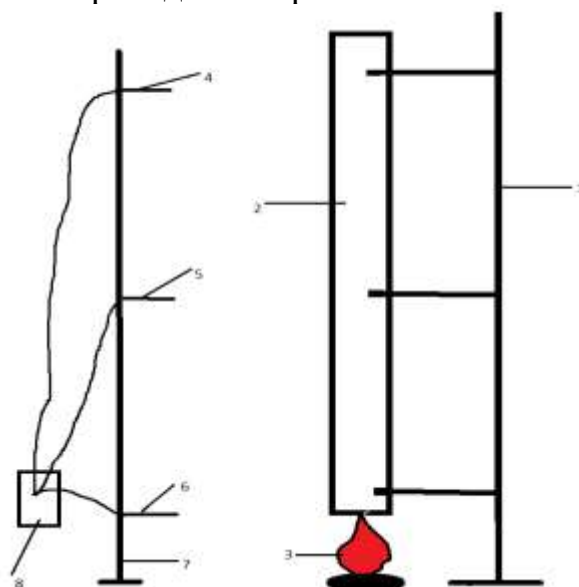


Рис. 2 Общая схема установки для измерения температуры в помещении при горении древесины

1 – штатив с закрепленным образцом древесины; 2 – образец древесины; 3 – источник зажигания; 4–6 – контрольные спаеи термопар, закрепленных на 7 – штативе-держателе термопар; 8 – платформа Arduino Mega.

С использованием установки, описанной выше, можно проводить исследования, направленные на уточнения значений параметров горения в объеме, моделирующем пожар в помещении.

Для выяснения скорости распространения пламени по поверхностям помещения необходимо установить количество тепла, получаемого ими в течение первичной фазы пожара.

Для определения тепла, которое получают поверхности, необходимы следующие параметры: температура окружающего газа, температура поверхности, которую омывает газ, коэффициент теплоотдачи прикосновением, коэффициент лучистой теплоотдачи, приведенная степень черноты системы, коэффициент излучения черного тела.

Температуру газа, омывающего поверхность, в случае вычисления согласно зонной модели пожара, в припотолочном слое определяют с помощью решения дифференциального уравнения, выражающего закон сохранения массы смеси газов и уравнения состояния идеального газа.

Измеряя температуру конвективной колонки горючего материала в припотолочном слое и температуру потолка с

использованием термодатчиков, регистрируя ее в течение эксперимента, можно получить значение тепла, поглощаемое конструкциями помещения. Данная величина является важной составляющей зонной модели распространения пожара в помещении.

$$q_0 = \left\{ \alpha_K + \varepsilon C_0 \frac{\left[ \left( \frac{t_{\Gamma}}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_{\text{СТ}}}{100} \right)^4 \right]}{t_{\Gamma} - t_{\text{СТ}}} \right\} (t_{\Gamma} - t_{\text{СТ}})$$

или

$q_0 = (\alpha_K + \alpha_L)(t_{\Gamma} - t_{\text{СТ}})$ , где  $\varepsilon$  – приведенная степень черноты системы (справочная величина);  $C_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный  $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ ,  $\alpha$  – суммарный коэффициент конвективной и лучистой теплопередачи,  $t_{\Gamma}$  – температура припотолочного слоя газа и  $t_{\text{СТ}}$  – температура тепловоспринимающей стенки.

Данная характеристика одна из составляющих скорости распространения пожара согласно зонной модели.

#### Литература

1. Молчадский И.С. Пожар в помещении. – М.: ВНИИПО, 2005. – 456 с.
2. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров, С.В. Пузач, В.В. Андреев и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 126 с.
3. Специальное издание НИСТ 1019-5 Руководство пользователя программы FDS (Версия 5) Перевод: ООО «СИТИС».
4. Arduino.ru [Электронный ресурс] / URL <http://arduino.ru> (Дата обращения 10.05.2019).