



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.94

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

Чепиков А.М.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленске, Россия (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1); e-mail: a.m.chepikov@yandex.ru

Настоящая статья посвящена рассмотрению вопроса моделирования возгорания. Рассмотрена классификация пожаров и характеристики, определяющие их развитие. Приведена формула нормальной скорости распространения пламени. Предложен алгоритм моделирования пожара в помещении.

Ключевые слова: классификация пожаров, формула нормальной скорости распространения пламени, алгоритм моделирования возгорания.

THE ALGORITHM OF SIMULATION OF FIRE IN THE PREMISES

Chepikov A.M.

The Branch of Federal state budgetary educational institution of higher education "National research University Moscow power engineering Institute" in Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheski proezd, 1); e-mail: a.m.chepikov@yandex.ru

This article is devoted to the issue of modeling a fire. It considers the classification of fires and characteristics defining their spreading. Here's given the formula of the usual speed of flame spread and the algorithm of simulation of a fire in the room.

Keywords: classification of flames, formula normal speed of flame propagation, the algorithm of ignition.

В настоящее время стремительно развиваются малые и средние предприятия, занятые производством продукции. Довольно часто производственный процесс, имеющиеся станки и оборудование, применяемое сырье и материалы, а также другие факторы определяют уровень взрыво- и пожароопасности на предприятии. Для борьбы с возгораниями на предприятиях применяются различного рода системы пожаротушения, применение которых обусловлено требованием нормативно-правовых актов [1, 4]. Для повышения эффективности применения таких систем необходимо осуществлять моделирование возгораний в защищаемых помещениях.

Основным фактором, влияющим на динамику развития пожара является горючее вещество (материал). По виду горючего вещества (материала) выделяют следующие виды пожаров [3]:

- пожары твердых горючих веществ и материалов;
- пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов;
- пожары газов;
- пожары металлов;
- пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением;
- пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ.

Сами горючие вещества классифицируют следующим образом:

- газы – вещества, давление паров которых при температуре 25°C и давлении 101,3кПа превышает 101,3 кПа;
- жидкости – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°C и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа;
- твердые вещества и материалы, – индивидуальные вещества и их смесевые композиции с температурой плавления или каплепадения больше 50⁰C, а также вещества, не имеющие температуру плавления;
- пыли – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм.

Для моделирования пожара в зданиях необходимо определить основные его параметры. Вначале производится оценка ситуации в горящем помещении (помещениях), после чего производят анализ возможной динамики его распространения с учетом влияния параметров и средств тушения [5]. К основным характеристикам пожара относят:

- площадь пожара;
- температурный режим;
- газообмен при развитии пожара.

При моделировании площади пожара главным параметром, определяющим ее величину во времени, является линейная скорость V_L м/мин, которая является функцией пожарной нагрузки q_n , коэффициента условий газообмена K_r и высоты помещений h : $V_L = f(q_n, K_r, h)$ [2]. Как правила используются усредненные значения величины V_L , которые получены на основе статистического анализа реальных пожаров.

При моделировании температуры необходимо учитывать, что в процессе развития пожара может наблюдаться возрастание температуры, снижение температуры или стабильный температурный режим.

Стабильный режим наступает тогда, когда расход выходящих газов из горящего помещения равен сумме расхода поступающего воздуха и скорости выгорания [2]. Такая ситуация может наступить при расположении нейтральной зоны в объеме горящего помещения. Это может привести к тому, что огонь и нагретые продукты горения будут распространяться в первую очередь в той части объема горящего помещения, которая располагается выше нейтральной зоны. Следовательно, очень важно учитывать, что при моделировании и оценки пожарной обстановки в помещении или в здании в целом,

определить места расположения нейтральной зоны можно с помощью формулы:

$$h_n = \frac{H}{(S_H)^2 \rho_H / (S_B)^2 \rho_B + 1}.$$

где: h_n – расстояние от центра приточного отверстия до нейтральной зоны, м;

H – расстояние между центрами приточного и вытяжного (верхнего) отверстий, м;

S_H и S_B – соответственно площади приточных и вытяжных отверстий; ρ и ρ – соответственно плотность наружного воздуха и выходящих продуктов горения, кг/м³.

В рамках данной статьи рассмотрим формулу для нормальной скорости распространения пламени. В основе формулы лежит уравнение энергии [6]:

$$\rho u \frac{dT}{dx} = \frac{d}{dx} \lambda \frac{dT}{dx} + W(T), Q.$$

Данное уравнение получено в результате приравнивания коэффициентов диффузии и теплопроводности. Это уравнение второго порядка, поэтому в качестве параметра входит массовая скорость горения ρu . В пламени протекает химическая реакция на маленьком интервале температуры, примыкающей к температуре горения. Тепло, выделяющееся в химической реакции, расходуется в основном на подогрев не реагирующей смеси от начальной температуры до температуры зоны реакции [6].

В маленькой зоне химической реакции производная температуры изменяется от максимального значения со стороны реагирующей смеси. Быстрое изменение производной температуры на коротком пространственном промежутке означает большую величину вклада теплопроводности. Благодаря этому в зоне реакции в уравнении теплопроводности можно пренебречь вкладом изменения потока тепла по сравнению с вкладом теплопроводности. Таким образом, можно рассматривать “упрощенное” уравнение:

$$\frac{d}{dx} \lambda \frac{dT}{dx} + QW(T) = 0.$$

Переходя к независимой переменной T и произведя замену, $\lambda dT / dx = z$. имеем:

$$\frac{d}{dx} \lambda \frac{dT}{dx} = \frac{z}{i} \frac{dz}{dT}.$$

В результате чего порядок уравнения понижается, оно приобретает вид:

$$z \frac{dz}{dT} + \lambda QW(T) = 0.$$

В продуктах реакции $a = 0$, температура постоянна и равна температуре горения T , поэтому можно поставить граничное условие: $T = T_b, \lambda \frac{dT}{dx} = z = 0$.

Интегрируя от текущей температуры T до T_b , получим тепловой поток, идущий из зоны реакции в зону подогрева:

$$\lambda_b \frac{dT}{dx} = \sqrt{2\lambda_b Q} \int_T^{T_b} W dT.$$

При низких температурах скорость химической реакции пренебрежимо мала, поэтому интеграл по области низких температур можно считать равным нулю. Вклад в интеграл будет давать функция тепловыделения только при высоких температурах – по

порядку величины фактическая область интегрирования равна характеристическому интервалу температуры. Напомним, что функция $W(T)$ включает в себя зависимость от концепции $a(T)$ и поэтому $W(T_b)=0$.

Количество тепла, выделяемое в химической реакции в единицу времени и отводящееся теплопроводностью, равно тому запасу химической энергии, который несет в себе поток горючей смеси. Поэтому можно написать так:

$$\sqrt{2\lambda_b Q \int_{T_0}^{T_b} W(T) dT} = p_0 \mu_n Q a_0.$$

Из этого равенства следует формула для нормальной скорости распространения пламени:

$$U_n = \frac{1}{p_0 a_0} \sqrt{\frac{2\lambda_b}{Q} \int_{T_0}^{T_b} W(T) dT}.$$

Результирующая формула показывает, что скорость распространения пламени полностью зависит от интеграла функции тепловыделения и, связана с порядком химической реакции, и другими её характеристиками. Для простоты использования данной формулы, приходят [6] к следующим упрощениям, избавляясь от коэффициентов:

$$U_n = \sqrt{\int_{T_0}^{T_b} W(T) dT}.$$

Таким образом, скорость распространения огня зависит только от типа горящего материала. Этот вывод позволяет достаточно легко осуществлять непрерывное моделирование реального времени. При дискретизации моделирования (моделировании по шагам) необходимо учитывать температуру горения вещества и температуру воспламенения.

Данный вывод использовался в реализованной программной системе, которая позволяет осуществлять моделирование возгорания в помещении, с использованием следующего алгоритма:

- проверка на существование помещения;
- проверка выхода температуры за пределы максимальной температуры возгорания;
- проверка условия распространения возгорания;
- проверка выхода алгоритма за пределы помещения;
- если температура возгорания, деленная на 2, больше или равна температуре возгорания окружающего материала, то поджигаем окружающую площадь, иначе нет.

Алгоритм был апробирован в рамках имитационной модели. Пример применения модели приведен на рисунках 1-2. В качестве примера была взята комната с ковровым покрытием. Температура возгорания ковролина: 488-500 °С. Максимальная температура возгорания равна 1000 °С. Линейная скорость горения ковролина составляет по разным источникам от 0,5 до 1,5 м/мин. Результаты моделирования показали, что при принятии одного такта работы алгоритма соответствующим 5 секундам модельного времени, модель становится адекватной и соответствует заявленным значениям линейной скорости горения.

Помещение 5x5 м2:

2		

Рисунок 1 – Начальное состояние помещения.

Помещение 5x5 м2:

2	2	2
2	2	2
2	2	2

Рисунок 2 – Помещение после моделирования возгорания.

Таким образом, анализ вывода нормальной формулы распространения возгорания и алгоритм моделирования возгорания, показывают, что распространение пламени напрямую зависит от веществ и материалов, которые там хранятся и из которых оно состоит.

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ. О пожарной безопасности.
2. Ярыгин В.В. Обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений предприятий сервиса.
3. НПБ 201-96. Пожарная охрана предприятий. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
5. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
6. Теребнев В.В. Расчет параметров развития и тушения пожаров. – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2012, - 460с.

References

1. Federal law of December 21, 1994 № 69-FZ. About fire safety.
 2. Yarygin V.V. Fire safety of buildings and constructions of the enterprises of the service.
 3. NPB 201-96. Fire protection of enterprises. General requirements.
 4. GOST 12.1.004-91*. Ssls. Fire safety. General requirements.
 5. PPB 01-03. The rules of fire safety in the Russian Federation.
 6. Terebnev V.V. Calculation of parameters of development and fighting fires. – Ekaterinburg: Izdatelstvo Kalan", 2012, - 460с.
-