

ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПОЖАРА

А.К. ДЕМЕНЧУК, С.Г. КРАСОВСКИЙ, Е.К. МАКАРОВ, В.А. ОСЯЕВ, И.И. ПОЛЕВОДА
(Минск, Беларусь)

Решение проблемы защиты населения от пожаров, уменьшение их социально-экономических последствий возможно только с осуществлением комплекса мероприятий, обеспечивающих адекватную оценку пожарной опасности зданий и сооружений и основных показателей их противопожарной защиты. Происходящее в настоящее время

развитие и благоустройство населенных пунктов Республики Беларусь находит свое выражение, в частности, в проектировании и строительстве зданий и сооружений сложной планировки, предназначенных для массового пребывания людей. Это приводит к ситуациям, когда расчет критической продолжительности пожара в здании в целом и в отдельных помещениях по принятым стандартным (нормативным) методикам представляется затруднительным ввиду хорошо известного специалистам их несовершенства [1].

Важнейшей характеристикой пожарной безопасности здания с массовым пребыванием людей является величина необходимого времени эвакуации людей из здания при пожаре, которая определяется по критическим значениям его продолжительности, определяемым, в свою очередь, из условия достижения каждым опасным фактором пожара (ОФП) предельно допустимых значений в зоне пребывания людей. В основу расчетной методики для определения этих величин положена интегральная математическая модель пожара в помещении [1], описывающая в самом общем виде процесс изменения во времени состояния газовой среды внутри помещения с позиций термодинамики. Ее основные уравнения представляют собой выражения закона сохранения массы и первого закона термодинамики:

$$V\dot{\rho} = \psi + G_B - G_T, \quad (1)$$

$$V\dot{p} = (k-1)(q\psi + c_p T_0 G_B - c_p T_m G_T), \quad (2)$$

где V – объем помещения; ρ, p, T_m – среднеобъемные плотность, давление и температура газовой среды в помещении; ψ – массовая скорость выгорания горючего материала (ГМ); G_B и G_T – входящий и выходящий потоки газов; k – показатель адиабаты; q – коэффициент, определяющий поступление энергии при сгорании ГМ; c_p – изобарная теплоемкость газов; T_0 – температура внешней среды.

Если в помещении имеются открытые проемы малых размеров, то расчет динамики ОФП производится с использованием уравнений (1) и (2) в предположении $G_B = 0$, в результате чего задача сводится к решению одного линейного уравнения первого порядка. Для того случая, когда в помещении имеются открытые проемы значительных размеров в настоящее время не имеется общепринятого способа расчета динамики ОФП и, соответственно, критической продолжительности пожара.

В работе [1] предложен подход к расчету критической продолжительности пожара, разработанный в рамках теории нестационарного газообмена через проемы при пожаре. Система уравнений, полученная в [1], является жесткой и мало пригодна для численных расчетов. Она также чрезмерно сложна для теоретического анализа с целью получения каких-либо аналитических выражений для ее решений.

На основе анализа трудностей, возникающих при применении интегральной модели пожара к помещению со значительными проемами, нами разработана более простая математическая модель для прогнозирования динамики температуры и плотности газовой среды в помещении, охваченном пожаром, включающая в себя уравнения, обладающие более хорошими свойствами с точки зрения численного их решения. В безразмерном виде (получаемом с помощью масштабирования по фазовым переменным и времени) уравнения этой модели, описывающие термодинамические переменные, могут быть записаны в следующем виде:

$$\dot{x} = -\tau^2 x + Q(1-x)^{3/2} \xi^{3/2}, \quad (3)$$

где Q – скалярный параметр, зависящий только от первого приближения критерия проемности [1], а высота плоскости равных давлений ξ (в относительных единицах) определяется из алгебраического уравнения

$$\tau^2 + Q(1-x)^{1/2} \left(\xi^{3/2} - \frac{1}{\sqrt{x}}(1-\xi)^{3/2} \right) = 0, \quad (4)$$

причем интерес для рассматриваемого вопроса представляет решение $x = r(\tau)$ задачи Коши для уравнения (1) с начальным условием $r(0) = 1$.

Нетрудно показать, что решение $r(\tau)$ при $\tau \rightarrow 0$ имеет асимптотическое представление

$$r(\tau) = 1 - \frac{\tau^3}{3} + \frac{Q\sqrt{2}}{22}\tau^{11/2}. \quad (5)$$

Сравнение значений температуры и плотности, полученных численно и с помощью данного асимптотического представления, показывает, что (5), в зависимости от величины имеющихся проемов (фактически от величины критерия проемности), может использоваться в качестве приближенной формулы для расчета динамики ОФП вплоть до $\tau = (0.4 - -0.8)\tau_c$, где τ_c – критическая продолжительность пожара.

Работа выполнена в рамках ГППИ "Снижение рисков ЧС".

Литература

1. Кошмаров Ю. А., Рубцов В. В. *Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара*. М., 1999.