

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ КОНСТРУКЦИЮ, ПОКРЫТУЮ ОГНЕЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

канд. техн. наук А.Ф. Стоянов, С.Ю. Рагимов  
(представлено докт. физ.-мат. наук С.В. Яковлевым)

Предложена методика обработки результатов испытаний эффективности работы огнезащитного покрытия металлической конструкции в условиях пожара. Показана возможность моделировать ситуацию, соответствующую реальному пожару, на основе экспериментальных результатов, соответствующих модельным режимам.

Одной из актуальных задач, которые необходимо решить для того, чтобы рационально организовать распределение сил и средств при тушении пожара в помещениях, является определение влияния пожара на металлические конструкции (МК) и оценка эффективности действия огнезащитного покрытия (ОП), а следовательно - момента возможного обрушения конструкций здания.

В настоящей работе нашей целью будет создание приближенной математической модели взаимодействия между собой элементов системы "МК- ОП- Пожар", причем результаты записываются в виде аналитических формул, что весьма важно при их практическом применении.

Пусть задана зависимость от времени для температуры в помещении непосредственно около МК:

$$T = T(t). \quad (1)$$

В нашем случае воспользуемся стандартной кривой пожара [1]:

$$T = 345 \lg(8t + 1). \quad (2)$$

Здесь  $T$  - температура ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $t$  - время (мин.).

Ниже для полноты изложения приведем методику расчета зависимости температуры на поверхности МК от внешней температуры пожара (данная методика в качестве тезисов доклада направлена также на научно- практическую конференцию "Пожежна безпека- 99", г. Черкассы, Черкасский институт пожарной безопасности, 1999 г.).

Введем предположения об особенностях процесса. Нагрев МК и покрытия определяется, в основном, температурой пожара,

а не излучением (данное предположение может быть снято при условии проведения широкомасштабных экспериментов). Предполагается, что распределение температуры зависит только от времени и одной координаты, направленной перпендикулярно к поверхности, на которую наносится покрытие [2].

Пусть экспериментально получен ряд кривых:  $T_1(t)$ ,  $i=1, \dots, N$  - температуры пожара, полученные на стенде;  $T_i'(t)$ ,  $i=1, \dots, N$  - соответствующие температуры на поверхности МК. Попытаемся аппроксимировать зависимость  $T(t)$  в виде:

$$T^*(t) = \lambda_1 T_1(t) + \lambda_2 T_2(t) + \lambda_3 T_3(t) + \dots + \lambda_N T_N(t). \quad (3)$$

Коэффициенты  $\lambda_i$ ,  $i=1, \dots, N$  определим методом наименьших квадратов. Для этого составим функцию невязки:

$$F(\lambda_i, i=1, \dots, N) = \sum_k (T(t_k) - \lambda_1 T_1(t_k) - \lambda_2 T_2(t_k) - \lambda_3 T_3(t_k) - \dots - \lambda_N T_N(t_k))^2. \quad (4)$$

Здесь  $t_k$ -моменты времени, когда снимались экспериментальные данные. Дифференцируя функцию (4) по всем ее аргументам и приравняв нулю значения производных, получим систему линейных уравнений относительно  $\lambda_i$ ,  $i=1, \dots, N$ . Зависимость от времени температуры на поверхности МК имеет вид:

$$T(t) = \lambda_1 T_1'(t) + \lambda_2 T_2'(t) + \lambda_3 T_3'(t) + \dots + \lambda_N T_N'(t). \quad (5)$$

Для обоснования достоверности полученной формулы (5) следует выполнить ее верификацию посредством сравнения результатов, полученных с помощью выражения (5), с серией экспериментальных данных. При этом функции, описывающие зависимость температуры пожара от времени, не должны совпадать с аналогичными зависимостями, используемыми для определения коэффициентов  $\lambda_i$ ,  $i=1, \dots, N$ . Полученные коэффициенты применимы для достаточно широкого класса МК и зависят, главным образом, от вида покрытия и толщины его слоя.

Технически на стенде (в печи) сложно обеспечить точное выполнение зависимости температуры от времени (2), однако существует возможность с помощью регулировки подачи топлива получить зависимости температуры от времени, достаточно близкие к (2).

Проиллюстрируем методику расчета взаимодействия элементов системы "МК· ОП- Пожар" для случая, когда имеются экспериментальные данные для одной и той же МК при двух зависимостях температуры в печи от времени:  $T_1(t)$  и  $T_2(t)$ ; количество точек, в которых выполнены измерения  $K=10$ . Функция невязки имеет вид:

$$F = \sum_k (T(t_k) - \lambda_1 T_1(t_k) - \lambda_2 T_2(t_k))^2. \quad (6)$$

Коэффициенты системы линейных уравнений для определения значений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  задаются соотношениями:

$$A_{11} = 2 \sum_k (T_1(t_k))^2; \quad A_{12} = 2 \sum_k T_1(t_k) T_2(t_k); \quad (7)$$

$$A_{21} = 2 \sum_k T_1(t_k) T_2(t_k); \quad A_{22} = 2 \sum_k (T_2(t_k))^2;$$

$$C_1 = 2 \sum_k T_1(t_k) T(t_k); \quad C_2 = 2 \sum_k T_2(t_k) T(t_k);$$

$$T(t_k) = 345 \lg(8t_k + 1).$$

Система уравнений для определения коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  имеет вид:

$$A_{11}\lambda_1 + A_{12}\lambda_2 = C_1; \quad (8)$$

$$A_{21}\lambda_1 + A_{22}\lambda_2 = C_2.$$

Предлагаемая методика обработки экспериментальных результатов позволяет на основе обработки результатов испытаний на стенде (в печи) оценить эффективность работы ОП в случае, когда режим пожара отличается от модельного режима разогрева системы "МК- ОП" и соответствует реальному процессу. При этом входными данными для расчета является функция зависимости температуры пожара от времени.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Баратов А.Н., Пчелинцев В.А. Пожарная безопасность/ Издательство ассоциации строительных Вузов. – М., 1997. – 169 с.
- 2 Рагимов С.Ю. Методика расчета влияния на легкие металлические конструкции, защищенные вспучивающимися огнезащитными покрытиями// Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Вып.2. – Харьков: ХИПБ, 1997. – С.130–134.