МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ "МК- ВОП- П" ("МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ- ОГНЕЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ - ПОЖАР") ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

С.Ю. Рагимов
(представлено докт. физ. - мат. наук. С.В. Яковлевым)

Предложена модель взаимодействия элементов системы "МК-ВОП- П" для случаев, когда температура внешнего пожара (пожара в помещении) постоянна или полиномиально зависит от времени, предположения об особенностях температуры внешнего пожара позволили получить аналитические зависимости для температуры на поверхности МК. как функции времени.

В настоящее время нами разработаны методы и алгоритмы, предназначенные для расчета взаимодействия элементов системы "МК-ВОП-П" (металлическая конструкция- огнезащитное покрытие- пожар) [1-4], причем предусмотрена возможность моделировать реальный пожар в помещении с учетом геометрических характеристик (длины, ширины, высоты помещения), расположения металлических конструкций, толщины покрытия, расположения пожарной нагрузки и т.д.

Разработанные методики расчета характеристик взаимодействия элементов системы "МК-ВОП-П" требуют применения компьютерных программ, что не всегда удобно в практической работе пожарной охраны.

Поэтому естественно несколько "сузить" задачу, т.е. рассмотреть ряд конкретных режимов пожара, для которых можно указать аналитические формулы, разработать таблицы и графоаналитические методики, позволяющие оперативно рассчитать зависимость температуры на поверхности МК от времени и момент времени τ, когда достигается предел огнестойкости.

Важным частным случаем взаимодействия элементов системы "МК-ВОП-П" является ситуация, когда температура внешнего пожара постоянна во времени, т.е.:

$$T_B(t) = const. \tag{1}$$

Пусть адекватной в данном случае оказывается параметрическая модель [3] -опыт проведения экспериментов и обработки данных дает основания утверждать, что в большинстве случаев это утверждение справедливо.

Коэффициенты системы линейных уравнений [2] имеют вид:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^{K} T_i(t_k) T_j(t_k); C_j = \sum_{k=1}^{K} T_i(t_k) T_B^*(t_k), i=1, \dots ,N; j=1, \dots , N. \quad (2)$$

С учетом (1) имеем:

$$C_j = T_B \sum_{k=1}^{K} T_j(t_k), \; j=1, \dots , N. \quad (3)$$

Перепишем (2) в матричной форме:

$$[A] \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_N \end{pmatrix} = T_B \begin{pmatrix} C_{01} \\ C_{02} \\ \dots \\ C_{0N} \end{pmatrix}; \; C_{0j} = \sum_{k=1}^{K} T_i(t_k); \; j=1, \dots , N. \quad (4)$$

Отсюда:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_N \end{pmatrix} = T_B [A]^{-1} \cdot \begin{pmatrix} C_{01} \\ C_{02} \\ \dots \\ C_{0N} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Легко видеть, что компоненты вектора

$$\bar{\lambda}_0 = [A]^{-1} \cdot \begin{pmatrix} C_{01} \\ C_{02} \\ \dots \\ C_{0N} \end{pmatrix}$$

не зависят от температуры внешнего пожара, поэтому естественно рассчитать их заранее, на основе уже полученных результатов испытаний.

В то же время температура на поверхности МК дается соотношением [2]:

$$T_П(t)=\lambda_1 T_{П1}(t)+\lambda_2 T_{П2}(t)+\ldots+\lambda_N T_{ПN}(t)= \qquad (6)$$
$$=T_B\{\lambda_{01} T_{П1}(t)+\lambda_{02} T_{П2}(t)+\ldots+\lambda_{0N} T_{ПN}(t)\}=T_B\Psi(t).$$

Функция $\Psi(t)$ определяется только результатами уже проведенных испытаний и не зависит от температуры внешнего пожара. Поэтому естественно задать значения $\Psi(t)$ в табличной или графической форме: $\Psi(t_i)$, $t_i=i\Delta t$; $i=0,1,\ldots,I$.

Предложенный выше подход допускает обобщение для случая, когда температура внешнего пожара $T_B(t)$ может быть аппроксимирована полиномом степени М:

$$T_B(t)=T_{B0}\sum_{m=1}^{M}\chi_m t^m. \qquad (7)$$

Вектор коэффициентов λ_i определяется соотношениями:

$$\begin{pmatrix}\lambda_1\\ \lambda_2\\ \ldots\\ \lambda_N\end{pmatrix}=T_{BO}\sum_{m=1}^{M}\chi_m \bar{Y}_m;$$

$$\bar{Y}_m=[A]^{-1}\cdot\begin{pmatrix}\sum\limits_{j=1}^{K} t^m T_1(t_k)\\ \sum\limits_{j=1}^{K} t^m T_2(t_k)\\ \ldots\\ \sum\limits_{j=1}^{K} t^m T_N(t_k)\end{pmatrix}. \qquad (8)$$

Отсюда непосредственно следует:

$$T_П(t)=\lambda_1 T_{П1}(t)+\lambda_2 T_{П2}(t)+\ldots+\lambda_N T_{ПN}(t)= \qquad (9)$$

$$=T_{B0}\{\lambda_{01} T_{П1}(t)+\lambda_{02} T_{П2}(t)+\ldots+\lambda_{0N} T_{ПN}(t)\}=T_{B0}\Psi(t);$$

$$\Psi(t)=\left(\sum_{m=1}^{M}\chi_m\bar{Y}_m\right)^T\bullet\begin{pmatrix}T_{\Pi 1}(t)\\T_{\Pi 2}(t)\\\dots\\T_{\Pi N}(t)\end{pmatrix}=\sum_{m=1}^{M}\chi_m\Psi_m(t);$$

$$\Psi_m(t)=\left(\vec{Y}_m\right)^T\bullet\begin{pmatrix}T_{\Pi 1}(t)\\T_{\Pi 2}(t)\\\dots\\T_{\Pi N}(t)\end{pmatrix}.$$

Функции $\Psi_m(t)$ полностью определяется данными заранее проведенных испытаний и не зависят от температуры внешнего пожара, поэтому естественно задать их значения в табличной или графической форме с целью упрощения расчета практическими работниками пожарной охраны. Такой вид оформления результатов позволяет работнику пожарной охраны, выполнив только одно действие- умножение $\Psi(t)$ на значение температуры внешнего пожара $T_В$, определить температуру на поверхности МК и, в частности, момент, когда наступает предел огнестойкости τ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Стоянов А.Ф., Рагимов С.Ю. Математическая модель влияния пожара в помещении на металлическую конструкцию, покрытую огнезащитным покрытием // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып.5. – Харьков: ХИПБ, 1999. – С. 180 – 182.

2 Стоянов А.Ф., Рагимов С.Ю. Полуэмпирическая модель процесса взаимодействия процесса пожара с металлической конструкцией, покрытой огнезащитным покрытием // Научн.-практ. конф "Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков". – Том 1. – М.: МВД РФ. – 1999. – С. 204 – 205.

3 Стоянов А.Ф., Рагимов С.Ю. Экспериментальные исследования элементов системы "огнезащитное покрытие-металлическая конструкция- пожар" ("МК-ОП-П") // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып.6. – Харьков: ХИПБ, 1999. – С. 56 – 61.

4 Рагимов С.Ю. Методика расчета влияния пожара на легкие металлические конструкции, защищенные вспучивающимися огнестойкими покрытиями // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Вып.2. – Харьков: ХИПБ, 1997. – С. 130 – 134.