

детальные разработки сценариев возможных аварий и катастроф на конкретных объектах. Для этого необходимо располагать экспериментальными и статистическими данными о физических и химических явлениях, составляющих возможную аварию; прогнозировать размеры и степень поражения объекта при воздействии на него поражающих факторов различных видов.

Район расположения может оказаться решающим фактором в обеспечении защиты и работоспособности объекта в случае выхода из строя штатных путей подачи исходного сырья или энергоносителей.

Почти с полной уверенностью можно сказать, что нет ни одного дома, ни одной квартиры, где бы не было радиоприемника, телевизора или радиоточки. Вся эта система дополняется в городах развитой сетью электрических сирен, расположенных на крышах зданий и в шумных цехах на производстве. Такая разветвленная сеть, густо насыщенная средствами связи, создает благоприятные условия для оповещения населения о возникновении чрезвычайных ситуаций и дает возможность быстро проинформировать о случившемся и о правилах поведения в конкретно сложившихся условиях экстремального характера.

Литература

1. Петров, Д. В. Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций. Основы защиты населения и территорий от ЧС техногенного, природного и экологического характера / Д. В. Петров, А. И. Орлов, В. Н. Федосеев // Проблемы управления экологической безопасностью : учеб. пособие / Д. В. Петров, А. И. Орлов, В. Н. Федосеев. – 2000. – № 6. – С. 78–86.

УДК 536.12

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ТОЛЩИНЕ МНОГОСЛОЙНОГО НЕОДНОРОДНОГО ПАКЕТА В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

*Мацкевич Е. В., УО «Витебский государственный
технический университет», Республика Беларусь,
Ольшанский В. И., проф., канд. техн. наук, зав. каф.*

При проектировании специальной защитной одежды возникает необходимость в формировании пакетов материалов, отвечающих заданным требованиям и, в частности – температуры на внутренней поверхности пакета. Ориентируясь только на свойства отдельных материалов, невозможно спрогнозировать, что получится в результате их компоновки, и тем более, что происходит внутри пакета. В связи

с этим возникает необходимость в разработке методов расчета температуры по толщине многослойного неоднородного пакета материалов в условиях нестационарной теплопроводности.

Для решения поставленной задачи было использовано дифференциальное уравнение теплопроводности для потока тепла [1, с. 17]:

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где a — коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; T — температура, $^{\circ}\text{K}$; x — линейная координата, м ; τ — время процесса, с . Примененные краевые условия описаны системой уравнений:

$$\begin{cases} T(x, 0) = f(x); \\ -\lambda \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial x} + \alpha [T_c - T(R, \tau)] = 0; \\ +\lambda \frac{\partial T(-R, \tau)}{\partial x} + \alpha [T_c - T(-R, \tau)] = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$; R — толщина материала, м .

Теплофизические свойства слоев, входящих в состав многослойного пакета материалов (коэффициент теплопроводности λ , коэффициент температуропроводности a и удельная теплоемкость c_0), распределение температуры на поверхности исследуемого многослойного пакета материалов $t_{\text{ст}}$ и температуры среды $t_{\text{ср}}$, степень черноты поверхности металлизированного слоя $\varepsilon_{\text{п}}$, геометрические размеры исследуемых слоев пакета материалов R известны (определены экспериментально).

Многослойный пакет материалов помещается в поле стационарного теплового потока плотностью q_c и исследуется в масштабе реального времени от 0 до τ . В результате решения задачи нестационарной теплопроводности необходимо определить распределение температуры на границах слоев t_1, t_2, t_3, t_4 , определить температуру на внутренней стороне пакета материалов t_5 .

Таким образом, на основании описанного выше, модель исследуемого процесса формируется в один этап — последовательный расчет температуры t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 путем решения дифференциального уравнения (1) при граничных условиях третьего рода (2), используя метод суперпозиции [2].

Для определения температуры и продолжительности нестационарного процесса теплопроводности при граничных условиях третьего рода использовался операционный метод решения дифференциального уравнения (1) [1, с. 196]. Так как в рассматриваемом случае критерий Би меньше 0,1, то решение задачи нестационарной теплопроводности для слоев пакета материалов можно записать в виде выражения в первом приближении:

$$\theta = \frac{T(x, \tau) - T_0}{T_c - T_0} = 1 - A_1 \cdot \cos \mu_1 \frac{x}{R} \exp(-\mu_1^2 \cdot Fo), \quad (3)$$

где $T(x, \tau)$ – определяемая температура по координатам линейного размера и времени, °К; A_1 – тепловая амплитуда, определяемая через критерий Био; μ_1 – корень характеристического уравнения в первом приближении; $\frac{x}{R}$ – относительная координата; Fo – критерий подобия Фурье.

Для нахождения тепловой амплитуды A_1 и корня характеристического уравнения необходимо определить критерий Био, определяемый по формуле [3, с. 203]:

$$Bi = \frac{\alpha_{экв} R_1}{\lambda_1}, \quad (4)$$

где $\alpha_{экв}$ – эквивалентный коэффициент теплоотдачи, включающий конвективную и лучистую составляющую, Вт/(м² · °С); λ_1 – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С).

Конвективную составляющую эквивалентного коэффициента теплоотдачи определяем через критерии подобия Грасгофа и Нуссельта, соответственно по формулам (5) и (6) [3, с. 196–197]:

$$Gr = \frac{g \beta \Delta t l^3}{\nu^2}, \quad (5)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; β – температурный коэффициент объемного расширения среды, 1/°К; Δt – температурный напор, °К; l – определяющий размер, принимается равным значению расстояния от излучателя до материала, м; ν – кинематический коэффициент вязкости системы при температуре среды, м²/с.

$$Nu = 0,5 \cdot Gr^{0,25}. \quad (6)$$

Определим α_k по выражению

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_{cp}}{l_1}, \quad (7)$$

где λ_{cp} – коэффициент теплопроводности среды, Вт/м · град; l_1 – определяющий размер, принимается равным размеру стороны образца исследуемого материала, м.

Лучистая составляющая эквивалентного коэффициента теплоотдачи определяется по формуле [4, с. 194]:

$$\alpha_l = \frac{\epsilon_{прив} \cdot c_0 \cdot 10^{-8} (T_c^4 - T_n^4)}{(T_c - T_n)}, \quad (8)$$

где T_n – температура наружной поверхности материала, определяемая экспериментально, °K; c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м² · K⁴); $\epsilon_{прив}$ – приведенная степень черноты системы, определяемая по формуле [4, с. 176]:

$$\epsilon_{прив} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_{изл}} + \frac{1}{\epsilon_{пов}} - 1}, \quad (9)$$

где $\epsilon_{изл}$ – степень черноты излучателя; ϵ_n – степень черноты поверхности исследуемого материала.

Критерий подобия Фурье определяется по формуле [4, с. 61]:

$$Fo = \frac{a_1 \cdot \tau}{R^2}, \quad (10)$$

где τ – время, с.

После определения относительной температуры θ определим искомую температуру по выражению

$$T(x, \tau) = (T_c - T_0)\theta + T_0. \quad (11)$$

Уравнение (11) приводится к виду [5, с. 102]:

$$T(0, \tau) = T_0 + (T_c - T_0)e^{-\mu \frac{\sigma \tau}{R^2}}, \quad (12)$$

где μ – корень характеристического уравнения (при $Bi < 1$); T_0 – начальная температура поверхности материала, °C; T_n – температура наружной поверхности материала, определяемая экспериментально, °C;

α – коэффициент температуропроводности материала, $\text{м}^2/\text{с}$; R – толщина материала, м ; τ – время, с .

Уравнение (12) позволяет для слоев пакета материалов определить: распределение температуры на границах слоев; время достижения установившегося процесса теплопроводности.

Достоверность разработанной математической модели, описывающей процесс нагревания слоев пакета материалов и позволяющей использовать ее для расчета распределения температуры на границах слоев пакета и времени достижения установившегося процесса теплопроводности, проверена экспериментально.

Литература

1. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – Москва : Высш. шк., 1967. – 600 с.
2. Пехович, А. И. Расчеты теплового режима твердых тел / А. И. Пехович, В. М. Жидких. – Ленинград : Энергия, 1968. – 304 с.
3. Юдаев, Б. Н. Техническая термодинамика. Теплопередача / Б. Н. Юдаев. – Москва : Высш. шк., 1988. – 479 с.
4. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – 2-е изд. – Москва : Энергия, 1977. – 334 с.
5. Ясинская, Н. Н. Нестационарная теплопроводность текстильных материалов : учеб. пособие / Н. Н. Ясинская, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган. – Витебск : ВГИТУ, 2003. – 171 с.

УДК 614.842.4

АНАЛИЗ ПРИЧИН ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Назаренко А. Н., УО «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь,
Волков Ю. А., преподаватель

Вопрос достоверного обнаружения очага пожара существует столько, сколько существуют системы пожарной сигнализации и пожаротушения, и всегда будет актуален. Постоянно разрабатываются и реализуются все новые пути решения данной проблемы. В работе рассматриваются некоторые из возможных вариантов.

Одной из основных проблем в системах пожарной сигнализации является проблема ложных срабатываний оптико-электронных дымовых извещателей. Для данных извещателей, в которых принцип обнаружения основан на ослаблении или рассеивании светового потока, белый дым и обычная пыль неразличимы. Основным способом борь-