

Таким образом, пределы огнестойкости железобетонных конструкций необходимо назначать, основываясь на особенностях технологических процессов производств, количества веществ и материалов, находящихся в зданиях и помещениях, их физико-химических особенностей.

УДК 614.846.63

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПО МЕХАНИЗМУ ВЫГОРАНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ

В. П. ЯКИМУК, А. А. ШЛЯХОВ

Научно-практический центр учреждения «Брестское областное управление МЧС»

Отсутствие данных по макрокинетическим характеристикам горения твердых горючих материалов (ТГМ) и классификации материалов по механизму выгорания в значительной степени затрудняет разработку оптимальных способов и средств пожаротушения современных объектов.

Исследование процессов воспламенения и горения ТГМ в условиях внутреннего пожара показывает, что горючесть, массовая скорость выгорания и температурно-временные характеристики ТГМ определяются внешними тепловым потоками, поступающими к поверхности горения материалов от соседних горящих материалов и конструкций, тепловым потоком к поверхности горения от собственного пламени $q_{пл}$, тепловыми потерями поверхностью горения ТГМ и теплотой пиролиза (рисунок 1). Горючесть ТГМ зависит также от температуры на поверхности материала, концентрации окислителя, плотности и пространственной ориентации материала или конструкции, размеров и массы материала и от ряда других параметров.

В процессе выгорания ТГМ в условиях пожара имеет место взаимодействие между зоной горения (тепловой поток от собственного пламени) и поверхностью горения (газификации), включающее в себя теплообмен, теплопроводность в конденсированной фазе, перенос массы, кинетику химической реакции, причем все перечисленные явления протекают одновременно и оказывают сильное взаимное влияние друг на друга.

По характеру изменения скорости выгорания при постоянном внешнем тепловом потоке и по физическим процессам, протекающим в условиях пожара на поверхности горения материала или конструкций и сопровождающих процесс горения природных или искусственных материалов, ТГМ можно разделить на четыре группы (таблица 1).

На рисунке 1: $q_{вн}$, $q_{пл}$, $q_{пир}$, $q_{пот}$ – интенсивность теплового потока от внешнего источника излучения, от собственного пламени, необходимая для пиролиза, теряемая соответственно; t_0 , $t_n^{пир}$, t_b , $t_{п}$, $t_{пл}$ – температура начальная, начала пиролиза, воспламенения, поверхности горения,

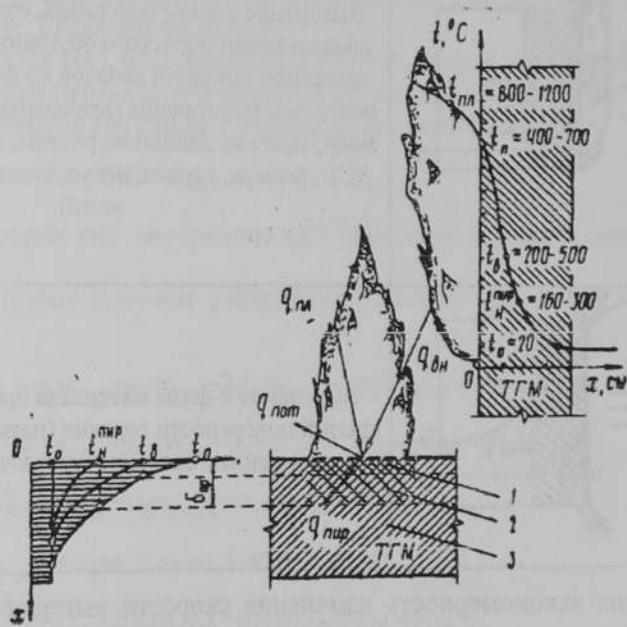


Рисунок 1 – Схема распределения температуры и плотности тепловых потоков, поступающих на поверхность материала в процессе воспламенения и горения ТГМ

пламени соответственно; 1, 2, 3 – слои ТГМ, прогретые до температуры $t_{\text{в}}, t_{\text{н}}^{\text{пир}}, t_0$ соответственно; $\delta_{\text{пр}}$ – толщина слоя, прогретого до температуры начала пиролиза.

Таблица 1 – Систематизация ТГМ по механизму выгорания

Группа ТГМ	Схема тепло- и массообмена при горении ТГМ в условиях пожара	Процессы, протекающие на поверхности горения материала, конструкции и т.п.	Характер изменения скорости выгорания массы. ТГМ при $q_{\text{вн}} = \text{const}$
1		Выгорание конденсированной фазы (к-фазы) материала, сопровождающееся непосредственным переходом твердой фазы в газообразную (целлулоид, полиметилметакрилат)	
2		Выгорание к-фазы материала, сопровождающееся образованием на поверхности горящего жидкого слоя и выпадением горящих капель с поверхности горения (полистирол, битум, рубероид, пенополистирол, каучук, полиэтилен, парафин)	
3		Выгорание к-фазы материала, сопровождающееся образованием пористого обугленного слоя с неравномерной шириной каналов по фронту и развитой поверхностью горения (древесина, наполненные резины, жесткие пенополиуретаны, пенопласты, ДВП, ДСП, фанера, картон, искусственная и натуральная кожа)	
4		Выгорание к-фазы материала при отсутствии открытой поверхности горения (названные материалы, защищенные слоем из негорючего материала)	

Показана закономерность изменения скорости выгорания данного подкласса материалов при воздействии на поверхность материала теплового потока от собственного пламени и внешнего теплового потока постоянной интенсивности.

Исследования массовой скорости выгорания, тепловые измерения и расчеты показывают, что поле температур для материалов первой группы с достаточной степенью точности может быть описано уравнением

$$f(T) = T_{\text{в}} + (T_{\text{г}} - T_{\text{в}}) e^{-\frac{mx}{\rho\alpha}}$$

Распределение температуры по глубине конденсированной фазы в процессе выгорания материалов других групп имеет более сложную зависимость, и для его описания необходимы дополнительные исследования.

Температура начала пиролиза для большинства известных ТГМ находится в пределах $T_{\text{н}}^{\text{пир}} = 160 \dots 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$; температура поверхности материала в момент воспламенения (в присутствии источника зажигания) $T_{\text{в}} = 200 \dots 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$; температура поверхности горения $T_{\text{г}} = 350 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$; температура пламени в условиях внутреннего пожара $T_{\text{пл}} = 700 \dots 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, предлагаемая систематизация твердых горючих материалов по механизму выгорания позволяет более обоснованно и точно прогнозировать поведение искусственных и природных горючих материалов на реальном пожаре, а также позволяет более дифференцированно вести разработку оптимальных средств и способов их тушения.

Принятие такой систематизации ТГМ по механизму выгорания позволит более полно учесть особенности динамики развития пожаров на объектах народного хозяйства, а также более обоснованно давать рекомендации по выбору типа огнетушащего средства, способов и режимов его подачи.

УДК 539.374

КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ И ПЛАСТИН ПРИ РЕЗОНАНСЕ

А. В. ЯРОВАЯ

Белорусский государственный университет транспорта

В данной работе рассматриваются малые поперечные колебания несимметричного по толщине упругого трехслойного стержня со сжимаемым заполнителем и упругой трехслойной пластины с легким заполнителем под действием резонансных нагрузок.

Трехслойный стержень. Для изотропных несущих слоёв приняты гипотезы Бернулли, в жёстком заполнителе справедливы точные соотношения теории упругости с линейной аппроксимацией перемещений его точек от поперечной координаты z . На границах контакта слоёв используются условия непрерывности перемещений. Материалы несущих слоёв несжимаемы в поперечном направлении, в заполнителе учитывается обжатие. Деформации малые.

Распределенная поверхностная нагрузка $p(x)$, $q(x)$ приложена к внешней плоскости первого слоя. Искомыми считаем прогибы и продольные перемещения несущих слоёв $w_1(x)$, $w_2(x)$, $u_1(x)$, $u_2(x)$.

Уравнения движения следуют из принципа Лагранжа с учетом работы сил инерции

$$\delta A - \delta W = \delta A_I, \quad (1)$$

где δA , δW , δA_I – вариации работы внешних сил, внутренних сил упругости и работы сил инерции соответственно.

После подстановки в (1) вариаций работ получим следующую систему уравнений в частных производных:

$$\begin{aligned} a_1 u_1 - a_1 u_2 - a_4 u_{1,xx} - a_5 u_{2,xx} + a_2 w_{1,x} + a_3 w_{2,x} - 2a_6 w_{1,xxx} + a_7 w_{2,xxx} + m_1 \ddot{u}_1 &= 0; \\ -a_1 u_1 + a_1 u_2 - a_5 u_{1,xx} - a_9 u_{2,xx} - a_{10} w_{1,x} - a_{17} w_{2,x} - a_6 w_{1,xxx} + 2a_7 w_{2,xxx} + m_2 \ddot{u}_2 &= 0; \\ -a_2 u_{1,x} + a_{10} u_{2,x} + 2a_6 u_{1,xxx} + a_6 u_{2,xxx} + a_{11} w_{1,xx} - a_{12} w_{2,xx} + \\ + a_{15} w_{1,xxx} - a_{16} w_{2,xxx} + a_8 w_1 - a_8 w_2 + m_1 \ddot{w}_1 - m_3 \ddot{w}_{1,xx} &= q; \\ -a_3 u_{1,x} + a_{17} u_{2,x} - a_7 u_{1,xx} - 2a_7 u_{2,xx} - a_{12} w_{1,xx} + a_{14} w_{2,xx} - \\ - a_{16} w_{1,xxx} + a_{13} w_{2,xxx} - a_8 w_1 + a_8 w_2 + m_2 \ddot{w}_2 - m_4 \ddot{w}_{2,xx} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Искомые перемещения $u_1(x)$, $u_2(x)$, $w_1(x)$, $w_2(x)$ и нагрузку $q(x, t)$ представляем в виде разложения в ряды по системам базисных функций, удовлетворяющим принятым граничным условиям свободного опирания на жесткие неподвижные опоры:

$$\begin{aligned} u_1 &= \sum_{m=0}^{\infty} \cos \frac{\pi m x}{l} T_{m1}(t); \quad u_2 = \sum_{m=0}^{\infty} \cos \frac{\pi m x}{l} T_{m2}(t); \quad w_1 = \sum_{m=1}^{\infty} \sin \frac{\pi m x}{l} T_{m3}(t); \\ w_2 &= \sum_{m=1}^{\infty} \sin \frac{\pi m x}{l} T_{m4}(t); \quad q(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sin \frac{\pi m x}{l} q_m(t). \end{aligned} \quad (3)$$