

*Рыбка Е.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ,
Гвоздь В.М., канд. техн. наук, нач. УГСЧСУ в Черкас. обл.*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Тарасенко А.А.)

Получена модель механических свойств защитных покрытий строительных конструкций промышленных объектов предотвращающих развитию чрезвычайных ситуаций

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, обрушение, защитное покрытие, эксперимент, модель, поверхность отклика

Постановка проблемы. Одной из причин возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на промышленных объектах являются пожары, которые сопровождаются обрушением строительных конструкций. Эффективным направлением обеспечения требуемого периода времени от момента начала огневого воздействия до обрушения строительных конструкций является использование защитных покрытий, которое сопряжено с проблемой отсутствия сведений об их механических свойствах в условиях реальных пожаров на промышленных объектах.

Анализ последних исследований и публикаций. Определение защитных свойств покрытий предусмотрено [1, 2] на фрагментах и образцах строительных конструкций в условиях стандартного огневого воздействия [1]. В реальных условиях, в большинстве случаев, интенсивность нагревания строительных конструкций при пожарах на промышленных объектах гораздо ниже нормативной [3], для которой механические свойства защитных покрытий не исследовались.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является получение математической модели механических свойств защитных покрытий строительных конструкций для условий теплового воздействия характерных пожарам на промышленных объектах, на примере покрытия Эндотерм 40202.

Для этого в работе использовался полный факторный эксперимент. При этом механические свойства покрытий описываются функцией отклика

$$y = f(h, V), \quad (1)$$

где y – механическая прочность защитного покрытия, г/см²; h – толщина защитного покрытия, мм; V – интенсивность нагрева, °С/мин.

Предполагается, что кривая отклика от вышеуказанных факторов будет иметь некоторую кривизну, поэтому для построения математической модели применяли ортогональный центральный композиционный план второго порядка [4], который позволяет установить аналитическую зависимость в виде полиномиального уравнения второй степени

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где x_i, x_j – независимые переменные (факторы); b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты регрессии.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента по изучению зависимости механических свойств защитного покрытия от его исходной толщины (x_1) и интенсивности нагрева (x_2)

№ опыта	Кодированные значения входных переменных				
	1	2	3	4	5
	x_1	x_2	x_1^2	x_2^2	$x_1 x_2$
1	-1	-1	1	1	1
2	-1	0	1	0	0
3	-1	1	1	1	-1
4	0	-1	0	1	0
5	0	0	0	0	0
6	0	1	0	1	0
7	1	-1	1	1	-1
8	1	0	1	0	0
9	1	1	1	1	1

Была составлена план-матрица эксперимента посредством чередования уровней фактора x_2 в каждом опыте, а x_1 – через три опыта (табл. 1).

Было подготовлено 9 образцов, при этом толщина защитного покрытия изменялась в пределах 1÷3 мм с шагом 1 мм, а интенсивность нагревания – 10÷40 °С/мин. с шагом 15 °С/мин. Эксперимент реализовывался с помощью разработанного термического комплекса [5], который позволяет воспроизводить произвольны законы изменения температуры с повышенной точностью.

Определение количественной характеристики механической прочности защитного слоя производилось согласно модифицированному методу пенетрации с использованием консистометра Хеплера. Измерения проводились в трех точках на поверхности вспученного слоя, после чего фиксировали минимальную силу, необходимую для разрушения. Механическая прочность определялась следующим образом

$$F = \frac{m}{S}, \quad (3)$$

где m – масса приложенная к индентору, г; S – площадь индентора, см².

Результаты эксперимента по исследованию механической прочности защитного покрытия представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по изучению зависимости механической прочности защитного покрытия от его толщины и интенсивности нагрева

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Механическая прочность, F , г/см ²	0	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3

Коэффициенты регрессии рассчитывались по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^n x_{iu} y_u}{x_{iu}^2}, \quad (4)$$

где u – номер столбца в матрице планирования; x_{iu} – элементы i -того столбца.

Статистический анализ показал, что полученное уравнение регрессии является адекватным экспериментальным данным по критерию Фишера. С учетом исключенных незначимых коэффициентов в соответствии с критерием Стьюдента, модель механической прочности защитного покрытия принимает вид

$$y = 0,411 - 0,217 x_1^2 - 0,1 x_1 x_2. \quad (5)$$

С помощью программы «Maple» для уравнения (5) построена поверхность отклика (рис. 1), которая позволяет зрительно воспринимать соответствующий геометрический образ.

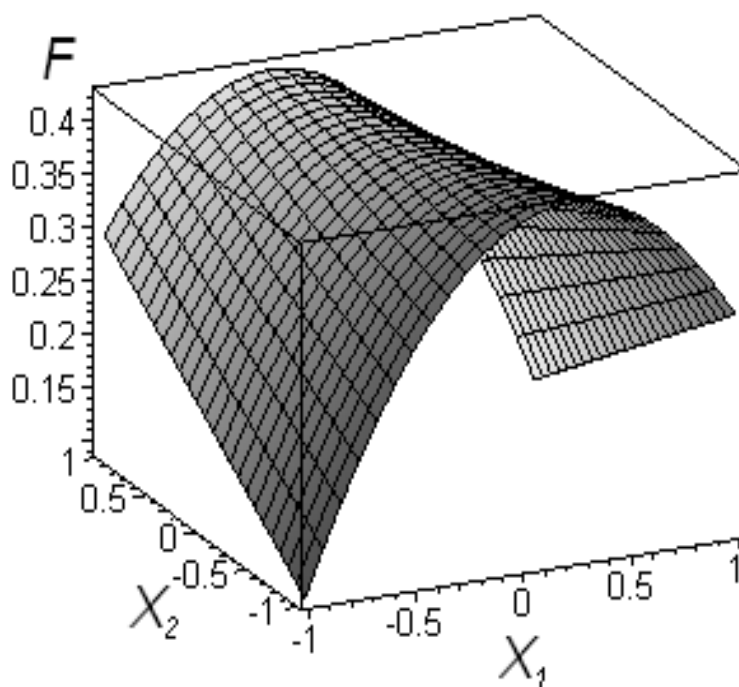


Рис. 1 – Поверхность отклика зависимости механической прочности защитного слоя покрытия Эндотерм 400202 от его начальной толщины (x_1) и интенсивности нагрева (x_2)

Трехмерная модель (рис. 1) указывает на то, что наибольшее значение механической прочности достигается при толщине защитного покрытия в 2 мм и практически не изменяется при скоростях нагрева от 25 до 35°С/мин.

Выводы. Получена математическая модель, которая позволяет прогнозировать механические свойства защитного по-

крытия Эндотерм 40202 с учетом возможного теплового воздействия, что предотвращает развитию чрезвычайных ситуаций техногенного характера на промышленных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги: ДСТУ Б.В. 1.1-4-98. – [Чинний від 1999-03-01]. – К. – Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998. – 20 с. – (Національний стандарт України).
2. Яковлев А.И. Огнестойкость одноэтажных производственных зданий в зависимости от пожарной нагрузки / А.И. Яковлев, Т.Е. Стороженко // Промышленное строительство. – 1979. - № 9. – С. 37-39.
3. Башкирцев М.П. Исследование температурного режима при пожарах в зданиях на моделях / М.П. Башкирцев // Труды Высшей школы МВД. – М: НИРЧО, 1966. – № 13. – С. 51-58.
4. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – Киев: Технпса, 1975. – 168 с.
5. Абрамов Ю.А. Термический комплекс для испытаний образцов строительных конструкций / Ю.А. Абрамов, Е.А. Рыбка, В.М. Гвоздь. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – 128 с.

Рибка Є.О., Гвоздь В.М.

Запобігання надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних з пожежами на промислових об'єктах

Отримана модель механічних властивостей захисних покриттів будівельних конструкцій промислових об'єктів запобігають розвитку надзвичайних ситуацій

Ключові слова: надзвичайна ситуація, обвалення, захисне покриття, експеримент, модель, поверхня відгуку

Rybka E., Gvozd' V.

Prevention of technogenic emergency situations involving fires at industrial sites

The obtained model of the mechanical properties of protective coatings of building of constructions of industrial objects preventing the development of emergency situations

Key words: emergency situation, caving, protective coating, experiment, model, response surface