

Е.А. Рыбка, к.т.н, ст. науч. сотр., НУГЗУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Андроновым В.А.)

Получены и проанализированы математические модели, которые описывают эффективности защитных покрытий металлических строительных конструкций промышленных объектов предотвращающих развитию чрезвычайных ситуаций.

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

Постановка проблемы. Одной из разновидностей чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары на промышленных объектах [1], которые сопровождаются обрушением строительных конструкций. При обеспечении требуемого периода времени от момента начала огневого воздействия до обрушения строительных конструкций перспективным является использование защитных покрытий. Однако это направление сопряжено с проблемой отсутствия сведений об эффективности покрытий в условиях реальных пожаров на промышленных объектах.

Анализ последних исследований и публикаций. Определение эффективности защитных покрытий предусмотрено на фрагментах и образцах строительных конструкций [2] в условиях стандартного теплового воздействия [3]. В реальных же условиях интенсивность нагревания строительных конструкций при пожарах на промышленных объектах предпочтительно ниже нормативной [3], для которой эффективность защитных покрытий не исследовалась.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является получение математических моделей, описывающих эффективность защитных покрытий строительных конструкций для условий теплового воздействия характерных пожарам на промышленных объектах, на примере покрытий для металлических конструкций Эндотерм ХТ150 и Эндотерм 400202.

Показателем эффективности защитных покрытий металлических строительных конструкций является характеристика огнезащитной способности, которая определяет зависимость минимальной толщины защитного покрытия от профильного коэффициента сечения конструкций и ее нормированного предела огнестойкости.

Для адекватной оценки эффективности защитных покрытий вве-

ден показатель защитной способности, который характеризует прирост времени от момента начала теплового воздействия до обрушения защищенной металлической строительной конструкции по сравнению с незащищенной конструкцией.

Для описания такой зависимости в работе использовался полный факторный эксперимент. При этом функция отклика показателя защитной способности покрытия имеет вид

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

где y – показателя защитной способности покрытия, г/см²; h – толщина защитного покрытия, мм; V – интенсивность теплового воздействия, °С/мин.

Предполагается, что кривая отклика от вышеуказанных факторов будет иметь некоторую кривизну, поэтому для построения математической модели применялся 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.

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

Табл. 1. Матрица планирования эксперимента по изучению зависимости показателя защитной способности покрытий от их 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

Толщина защитного покрытия на образцах металлических конструкций изменялась в пределах 1÷3 мм с шагом 1 мм. Эксперимент ре-

лизывывался с помощью разработанного термического комплекса [5], при этом интенсивность теплового воздействия составляла 10, 25 и 40 °С/мин. соответственно.

Результаты эксперимента по исследованию эффективности защитного покрытия представлены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты эксперимента по изучению зависимости показателя защитной способности покрытий от их толщины и интенсивности нагрева

№ опыта	Показатель защитной способности, мин.	
	Эндотерм ХТ150	Эндотерм 400202
1	2	0
2	1	6
3	1	9
4	3	9
5	2	13
6	2	13
7	4	20
8	3	21
9	5	20

Коэффициенты регрессии рассчитывались по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^n x_{iu} y_u}{x_{iu}^2}, \quad (3)$$

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

Статистический анализ показал, что полученные уравнения регрессии являются адекватными экспериментальным данным по критерию Фишера. С учетом исключенных незначимых коэффициентов в соответствии с критерием Стьюдента, модели показателя защитной способности для исследуемых покрытий принимает вид

$$y_{XT150} = 1,778 + 1,353 x_1 + 0,833 x_2^2 + 0,5 x_1 x_2; \quad (4)$$

$$y_{400202} = 12,667 + 7,667 x_1 + 2,167 x_2 + x_1^2 + 1,5 x_2^2 - 2,25 x_1 x_2. \quad (5)$$

С помощью программы «Maple» для уравнений (4-5) построены трехмерные модели (рис. 1), которые позволяют зрительно воспринимать соответствующий геометрический образ.

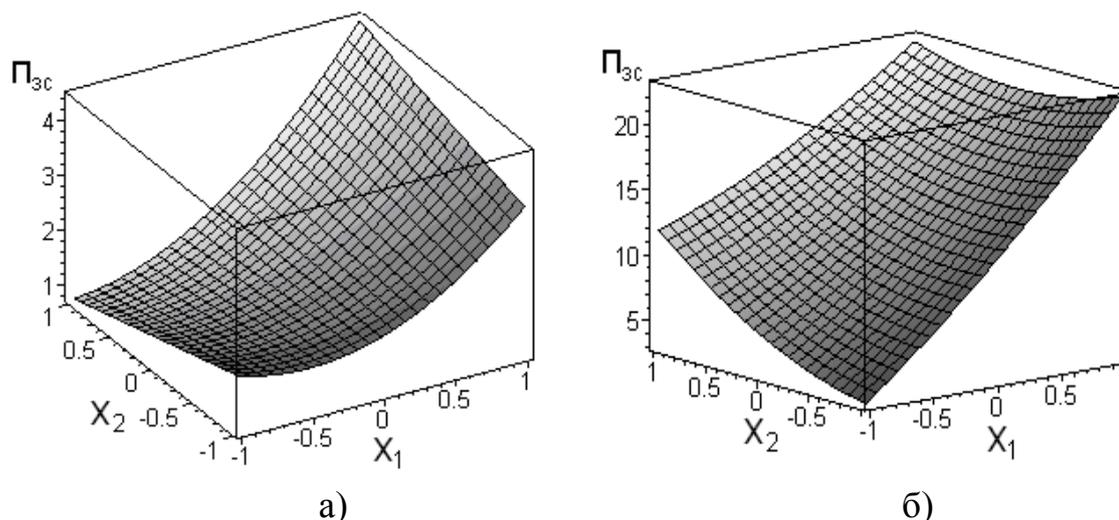


Рис. 1. Поверхности откликов зависимости показателя защитной способности от начальной толщины (x_1) и интенсивность теплового воздействия (x_2) покрытий: а) Эндотерм XT150; б) Эндотерм 400202

Анализ поверхностей отклика на рис. 1 показал, что изменение показателя защитной способности покрытий Эндотерм XT150 и Эндотерм 400202 от соответствующих факторов носит преимущественно квадратичный характер. При увеличении интенсивность теплового воздействия и толщины покрытия показатель защитной способности этих покрытий возрастает.

Выводы. Получено математические модели, которые позволяют прогнозировать эффективность защитных покрытий для металлических конструкций Эндотерм XT150 и Эндотерм 400202 с учетом возможного теплового воздействия, что предотвращает развитию чрезвычайных ситуаций техногенного характера на промышленных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Основы мониторинга и управления в условиях чрезвычайных ситуаций / Ю.А. Абрамов, В.Е. Росоха, В.В. Тютюник и др. – Харьков: АГЗУ, 2005 – 257 с.
2. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ): ДСТУ Б В 1.1-17:2007. – [Чинний від 2008-01-01] – К.: УКРАРХБУДІНФОРМ, 2009. – XIV, 105 с. – (Національний стандарт України).
3. 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.
4. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ ре-

зультатов / [Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И. Ханин М.А.]. – М.: Радио и связь, 1997. – 232 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.

Є.О. Рибка

Дослідження ефективності захисних покриттів металевих конструкцій, що працюють в умовах надзвичайних ситуацій

Отримані і проаналізовані математичні моделі, які описують ефективність захисних покриттів металевих будівельних конструкцій промислових об'єктів, що запобігають розвитку надзвичайних ситуацій.

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

Ye.O. Rybka

A study of the metal structures protective coatings effectiveness which work in emergencies

It is obtained and analyzed a mathematical model of the protective coatings effectiveness for metal building constructions at industrial facilities to prevent the development of emergency situations.

Keywords: emergency, caving, protective coating, experiment, mathematical model, efficiency, response surface.