

- of Applied Engineering Research». – 2016. – Vol. 11. – Issue 20. – P. 10252–10256.
8. Щукіна Л. П. Кольорова архітектурно-художня і фасадна кераміка на основі червоновипалювальних глин [Текст] / Л. П. Щукіна, Є. В. Колесник, В. В. Цовма [та ін.] // Кераміка: наука и жизнь. – 2012. – № # 3 (17). – С. 30–36.
 9. Нанотехнологии в керамике [Электронный ресурс] / ВРБТ Порцекс – технології виробництва кераміки. Научно-исследовательский Центр Технологии Керамики (НИЦ ТК). – Режим доступа: [www/ URL: http://www.porceks.com.ua/page12](http://www.porceks.com.ua/page12) – 08.08.2017 г. – Загл. с экрана.
 10. Салахов А.М. Нанотехнология – гарантия заданных свойств керамических материалов [Текст] / А.М. Салахов, А.Н. Ливада, Р.А. Салахова // Строительные материалы. – 2008. – №4. – с. 27-29.
 11. Yixuan Hou and Jingrong Wu. A research on Exterior Wall Coating Based on Environmental Protection and Automatic Spraying Technology [Text]: MATEC Web Conf., International Symposium on Materials Application and Engineering (SMAE 2016), 29 July 2016. – Volume 67. – 4 p.
 12. Бабушкин В. И. Термодинамика силикатов / В. И. Бабушкин, Г. М. Матвеев, О. П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
 13. Хімічна технологія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів у прикладах і задачах: навч. посіб. у 2 ч.: Фізико-хімічні системи, фазові рівноваги, термодинаміка, ресурсо- та енергозбереження в технології ТНСМ / [Федоренко О. Ю., Пітак Я. М., Рищенко М. І. та ін.]; за ред. М.І. Рищенко. – Х.: Вид-во Підручник НТУ «ХП», 2015. – 336 с.
 14. Масленникова Г. Н. Керамические пигменты / Г. Н. Масленникова, И. В. Пищ. – М.: Стройматериалы, 2009. – 223 с.
- Shchukina L. P., Ryshchenko M. I., Daineko K. B., Kabats'ka H. O. NON-PIGMENT STAINING OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION CERAMICS WITH BRIGHT COLORS**
The possibility of non-pigment staining of ceramic materials in the surface layer by a modifying suspension consisting of zinc oxide and a solution of inorganic salts is shown. The mechanism of color formation, which consists in the synthesis on the surface of articles during their burning of zinc spinel, is carried out. In the crystal structure of spinel, the zinc cation is isomorphically replaced by cations of cobalt or manganese. Ceramic materials of bright green and yellow colors were obtained.
Key words: non-pigment staining, modifying colour-forming suspension, burning, zinc spinel, chromophore cations.
- Щукіна Л. П., Рыщенко М. И., Дайнеко Е. Б., Кабацкая А. О. БЕСПИГМЕНТНОЕ ОКРАШИВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЯРКИХ ЦВЕТОВ**
Показана возможность беспи́гментного окрашивания керамических материалов в поверхностном слое модифицирующей суспензией, состоящей из оксида цинка и раствора неорганических солей. Исследован механизм цветообразования, заключающийся в синтезе цинковой шпинели на поверхности изделий при их обжиге, в решетку которой при изоморфном замещении Zn^{2+} входят хромофорные катионы солей Co^{2+} или Mn^{2+} . Получены лицевые керамические материалы яркого зеленого и желтого цветов.
Ключевые слова: беспи́гментное окрашивание, модифицирующая цветообразующая суспензия, обжиг, цинковая шпинель, хромофорные катионы.

УДК 691.175.2

Данченко Ю. М., Обіженко Т. М., Сасенко Н. В.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: u_danchenko@ukr.net)*

Андронов В. А.

*Національний університет цивільного захисту України
(вул. Чернишевська, 94, Харків, 61000? Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕПОКСИПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ «ANTIFIRE»

У статті наведені результати визначення вогнезахисної ефективності епоксиполімерного покриття «ANTIFIRE» у несучих елементах двотаврових сталевих конструкцій розрахунковим шляхом з використанням математичної моделі, заснованої на розв'язанні рівняння теплопровідності. Двокомпонентне покриття виготовлене на основі суміші епоксидіанового (ЕД-20) та олігоетертрициклокарбонатного (Лапролат-803) олігомерів, антипірену поліамонійфосфату загальної формули $(NH_4PO_3)_n$, дисперсного мінерального наповнювача, поверхнево-активної добавки та амінного твердника (ПЕПА). Для дослідження було обрано два варіанти вогнезахисту двотаврового перерізу сталеві колони із чотирьохстороннім обігрівом: профільний та коробчастий переріз. В результаті розрахунків показано, що максимальна температура нагріву із збільшенням товщини покриття зменшується в обох

варіантах вогнезахисту. Також, при використанні методики визначення вогнезахисної здатності покриттів, були отримані відповідні його товщини в обох варіантах. Виявлено, що залежність середньої температури прогріву двотаврових перерізів сталевих конструкцій має ділянки із сталим значенням температури близько 750 °С, який пов'язаний із стрибкоподібним збільшенням теплоємності унаслідок фазового перетворення у сталі, що підтверджує правдоподібність результатів розрахунків. Температурна крива прогрівання коробчастого перерізу при впливі на нього пожежі із стандартним температурним режимом не досягає температури 750 °С, оскільки виходить на стаціонарний режим значно раніше. Встановлено, що найбільшу вогнезахисну здатність мають коробчасті облицювання, виготовлених з «ANTIFIRE». Більш ефективним для вогнезахисту сталевих конструкцій є застосування вогнезахисних покриттів та облицювань товщиною від 5 до 30 мм для забезпечення необхідних меж вогнестійкості в межах стандартного ряду від R30 до R90.

Ключові слова: вогнезахисна ефективність, епоксиполімерне покриття «ANTIFIRE», математична модель, рівняння теплопровідності, сталеві конструкції.

Вступ. Вогнезахисні композиційні матеріали на основі епоксидіанових смол, антипіренів та дисперсних мінеральних наповнювачів мають широке використання у будівництві завдяки комплексу необхідних експлуатаційних властивостей [1, 2]. Вони атмосферостійкі, довговічні, технологічні, малотоксичні, твердіють за низьких температур та високої вологості, мають високу адгезію до металів, скла, кераміки, деревини, сухого та вологого бетону [3-7]. Практично необмежені можливості фізико-хімічної модифікації обумовлюють постійне розширення асортименту епоксидних будівельних матеріалів. Для підтвердження працездатності в реальних умовах експлуатації зазвичай обмежуються лабораторними дослідженнями та визначенням показників вогнезахисної здатності, які не потребують коштовних випробувань [4, 8]. Тому для використання та впровадження цих матеріалів у реальних будівельних об'єктах зазвичай необхідні додаткові випробування.

Окрім експериментальних існують розрахункові методи, які при відомих теплофізичних характеристиках матеріалу дозволяють оцінити його вогнезахисну здатність, наприклад, для металевих конструкцій. В цьому випадку використовується методи і математичні моделі, засновані на розв'язанні рівняння теплопровідності [9,10]. Можливий сценарій пожежі не розглядається, і температура пожежного середовища змінюється за стандартною температурною кривою. Результатами розрахунків є значення товщини покриття, що забезпечує нормовану межу вогнестійкості будівельної конструкції відповідно до стандартів [11, 12].

Мета та завдання. Метою дослідження є визначення вогнезахисної ефективності епоксиполімерного покриття «ANTIFIRE» у несучих елементах сталевих конструкцій розрахунковим шляхом з використанням математичної моделі, заснованої на розв'язанні рівняння теплопровідності.

Результати дослідження. Для дослідження обрано двокомпонентне епоксиполімерне покриття «ANTIFIRE» [13] на основі суміші епоксидіанового (ЕД-20) та олігоетертрициклокарбонатного (Лапролат-803) олігомерів. В якості твердника використовувалась суміш аліфатичних поліетиленполіамінів (ПЕПА). З метою забезпечення вогнезахисних характеристик додався антипірен полі амонійфосфат (ПАФ) з молекулярною формулою $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$, розміром частинок близько 10 мкм та густиною 1900 кг/м³. Для регулювання технологічних та експлуатаційних характеристик до використовувались повітряно сухі оксидні дисперсні мінеральні наповнювачі з розміром частинок 50-63 мкм та поверхнево-активна добавки поліметилсилоксан (ПМС).

Для розрахунків відповідно до математичної моделі [10], використовувались теплофізичні характеристики матеріалу «ANTIFIRE» та сталі, які наведені у табл.1.

Для дослідження було обрано два варіанти вогнезахисту двотаврового перерізу сталеві колони із чотирьохстороннім обігрівом: профільний та коробчастий переріз. Характеристикою перерізу металеві конструкції встановлювалась приведена товщина, яка розраховувалась за формулою:

$$A/V_m = \frac{\text{параметр} \cdot \text{обігрівної} \cdot \text{поверхні}}{\text{площа} \cdot \text{поперечного} \cdot \text{перерізу}} \quad (1)$$

Максимальна товщина вогнезахисного покриття становила 70мм. В результаті розрахунків показано, що максимальна температура нагріву із збільшенням товщини покриття зменшується в обох варіан-

тах вогнезахисту. При використанні методики визначення вогнезахисної здатності покриттів, були отримані відповідні товщини вогнезахисного покриття «ANTIFIRE» в обох варіантах. Деякі результати представлені у табл. 2-3.

Таблиця 1 - Теплофізичні характеристики матеріалів

Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda(\theta)$, Вт/(м·°С)	Питома теплоємність, $c_p(\theta) \cdot \rho$, Дж/(м ³ ·°С)	Густина, кг/м ³
Епоксиполімерне покриття «ANTIFIRE»		
0.35	1150	1355
Сталь ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2012 Eurocode 3		
$54 - 3,33 \cdot 10^{-2} \theta$ при $20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 800^\circ\text{C}$, 27,3 при $\theta > 800^\circ\text{C}$.	$425 + 0,773 \theta - 1,69 \cdot 10^{-2} \theta^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \theta^3$ при $20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 600^\circ\text{C}$, $666 - 13002 / (\theta - 738)$ при $600^\circ\text{C} < \theta \leq 735^\circ\text{C}$, $545 + 17820 / (\theta - 731)$ при $735^\circ\text{C} < \theta \leq 900^\circ\text{C}$, 650 при $900^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$	7850

Таблиця 2 - Результати оцінювання вогнезахисного покриття «ANTIFIRE» для профільних перерізів сталевих конструкцій

Межа вогнестійкості R 60									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
70	24	21	18	16	13	11	9	7	4
95	27	24	21	19	16	14	12	9	6
116	30	27	24	21	19	16	14	11	7
135	30	27	24	22	19	17	14	12	7
153	32	29	27	24	21	19	17	14	9
212	34	31	29	26	24	21	19	17	11
269	34	32	29	27	24	22	20	17	11
309	-	34	32	29	27	25	23	20	15
Межа вогнестійкості R 90									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
70	34	30	27	24	21	18	16	13	8
95	38	34	31	28	25	22	19	16	11
116	41	37	34	31	28	25	22	19	13
135	41	38	34	31	28	25	22	19	13
153	44	40	37	34	31	28	25	22	16
212	45	42	39	36	33	30	28	25	18
269	-	11	39	36	33	31	28	25	19
309	-	-	-	-	-	34	31	29	23
Межа вогнестійкості R 120									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
70	43	39	35	31	28	25	22	19	12
95	48	43	39	36	32	29	26	22	16
116	50	46	42	39	35	32	29	25	18
135	-	47	43	39	36	33	29	26	19
153	-	49	45	42	39	35	32	29	22
212	-	-	47	44	41	38	35	32	25
269	-	-	-	-	-	38	35	32	25
309	-	-	-	-	-	-	-	-	30

Таблиця 3 - Результати оцінювання вогнезахисного покриття «ANTIFIRE» для коробчастих перерізів сталевих конструкцій

Межа вогнестійкості R 60									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
50	20	13	8	5	3	2	2	2	2
65	25	16	10	5	3	2	2	2	2
80	31	20	12	7	3	2	2	2	2
90	32	20	12	6	3	2	2	2	2
104	37	24	14	7	3	2	2	2	2
145	44	30	18	9	4	2	2	2	2
210	44	32	21	12	6	3	2	2	2
241	51	37	22	11	5	3	3	2	2
Межа вогнестійкості R 90									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
50	36	24	15	9	5	3	2	2	2
65	44	27	15	8	4	3	2	2	2
80	51	32	18	9	5	2	2	2	2
90	51	32	17	9	4	2	2	2	2
104	57	36	19	9	4	2	2	2	2
145	63	42	23	11	6	3	2	2	2
210	62	45	28	14	8	4	2	2	2
241	69	48	27	13	7	4	2	2	2
Межа вогнестійкості R 120									
Коефіцієнт перерізу, A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якою нижча за проектну, мм								
50	52	34	20	12	7	3	2	2	2
65	61	37	20	10	5	3	2	2	2
80	68	42	22	11	6	3	2	2	2
90	69	41	21	10	5	2	2	2	2
104	-	45	21	10	5	2	2	2	2
145	-	51	26	13	7	3	2	2	2
210	-	55	32	16	9	5	3	2	2
241	-	57	30	15	8	4	2	2	2

Температурні режими нагрівання стандартних перерізів елементів сталевих будівельних конструкцій, що дозволили отримати дані табл. 2, наведені на рис. 1.

Графіки, наведені на рис. 1 виражають залежності середньої температури, що визначена за трьома точками, від часу впливу пожежі із стандартним температурним режимом для двотаврових перерізів з певною приведеною товщиною для різної товщини вогнезахисного покриття

«ANTIFIRE». На графіках, наведених на рис. 1 видно, що максимальна температура нагріву із збільшенням товщини покриття зменшується. Деякі графіки температури мають похилі ділянки в області 750 °С. Такий характер нагріву пов'язаний із стрибкоподібним зростанням питомої теплоємності за таких температур.

На рис. 2 наведені графіки залежностей температури прогрівання для різної товщини вогнезахисного покриття

«ANTIFIRE», що нанесена на елементи з різними значеннями приведеної товщини перерізу.

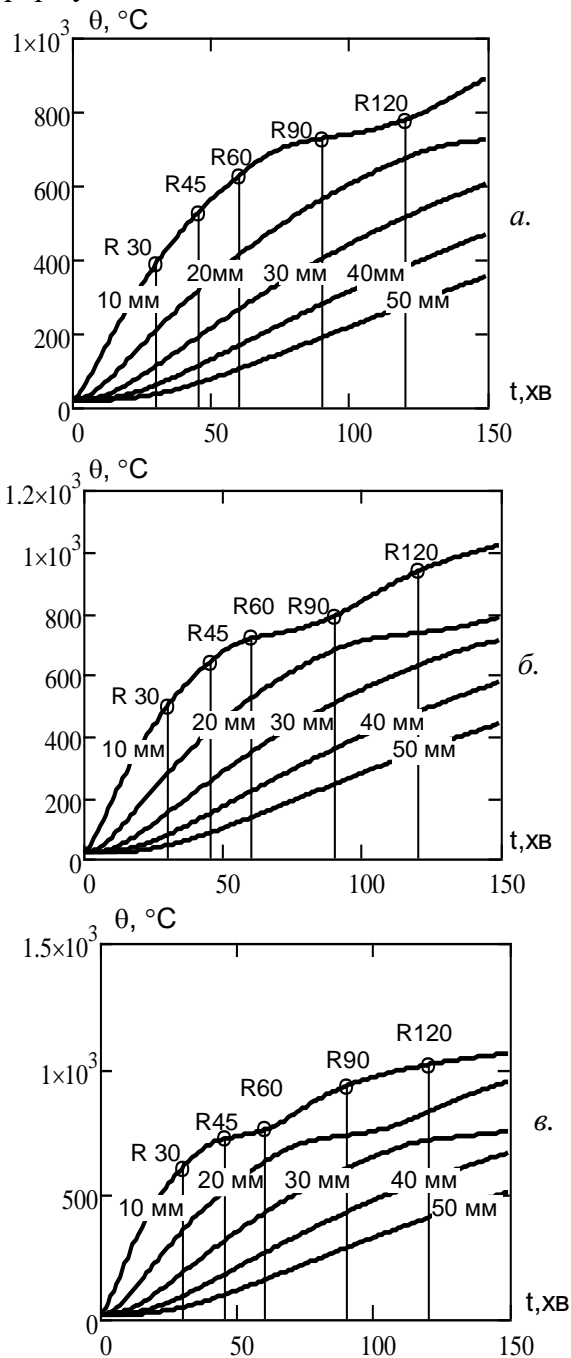


Рис. 1. Графіки залежностей середньої температури двотаврових перерізів з різною товщиною вогнезахисного покриття для приведеної товщини перерізу: а – $A_m/V = 70 \text{ м}^{-1}$, б – $A_m/V = 135 \text{ м}^{-1}$, в – $A_m/V = 212 \text{ м}^{-1}$.

На даних значеннях відмічені моменти часу настання граничного стану втрати несучої здатності елементів сталевих будівельних конструкцій із стандартного ряду, наведеного вище.

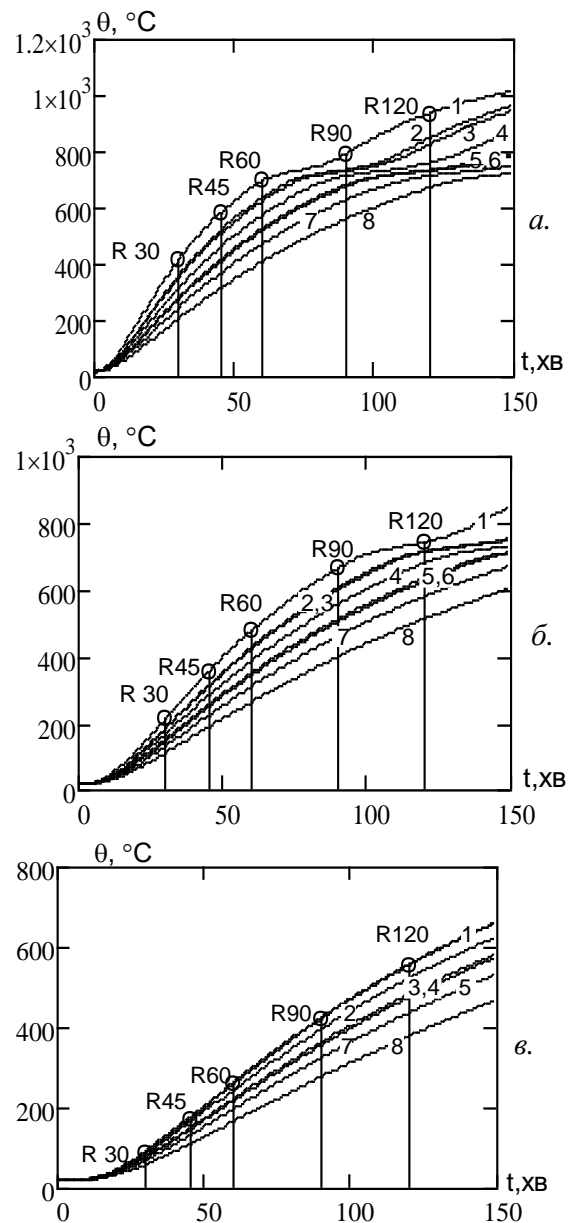


Рис. 2. Графіки залежностей середньої температури двотаврових перерізів з різною приведеною товщиною перерізу товщиною вогнезахисного покриття 20 мм (а), 30 мм (б) та 40 мм (в) для:
 1 – $A_m/V = 309 \text{ м}^{-1}$, 2 – $A_m/V = 269 \text{ м}^{-1}$,
 3 – $A_m/V = 212 \text{ м}^{-1}$, 4 – $A_m/V = 153 \text{ м}^{-1}$,
 5 – $A_m/V = 135 \text{ м}^{-1}$, 6 – $A_m/V = 116 \text{ м}^{-1}$,
 7 – $A_m/V = 95 \text{ м}^{-1}$, 8 – $A_m/V = 70 \text{ м}^{-1}$.

Наведені графіки на рис. 1-2 показують, що залежність товщини проекційної товщини вогнезахисного покриття від межі вогнестійкості, яка має бути забезпечена є нелінійною.

Температурні режими нагрівання стандартних перерізів елементів сталевих будівельних конструкцій із коробчастим перерізом, що дозволили отримати дані табл. 3, наведені на рис. 3. Графіки, наведені на

рис. 3 виражають залежності середньої температури, що визначена за трьома точками, від часу впливу пожежі із стандартним температурним режимом для двотаврових коробчастих перерізів з певною приведеною товщиною для різної товщини вогнезахисного покриття на «ANTIFIRE».

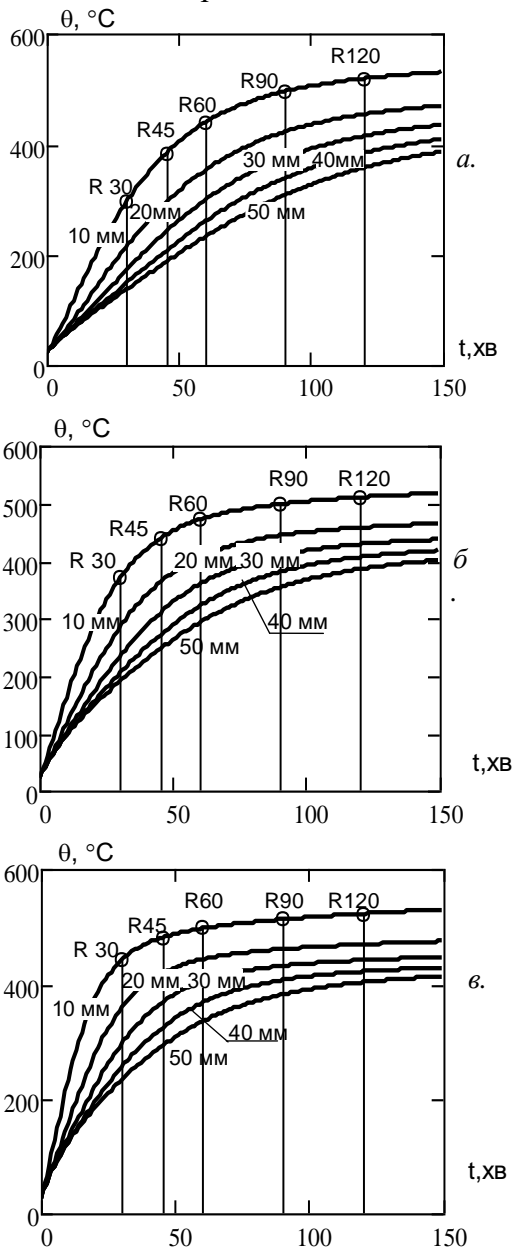


Рис. 3. Графіки залежностей середньої температури двотаврових перерізів з різною товщиною вогнезахисного покриття для приведеної товщини перерізу: а – $A_m/V = 50 \text{ м}^{-1}$, б – $A_m/V = 80 \text{ м}^{-1}$, в – $A_m/V = 145 \text{ м}^{-1}$.

На графіках, наведених на рис. 3 видно, що максимальна температура нагріву із збільшенням товщини покриття зменшується. Деякі графіки температури також ма-

ють похилі ділянки в області $750 \text{ }^\circ\text{C}$. На кінцевій ділянці графіків видно, що процес нестационарного нагрівання стабілізується.

На рис. 4 наведені графіки залежностей температури прогрівання для різної товщини вогнезахисного покриття «ANTI-FIRE», що нанесена на елементи з різними значеннями приведеної товщини перерізу.

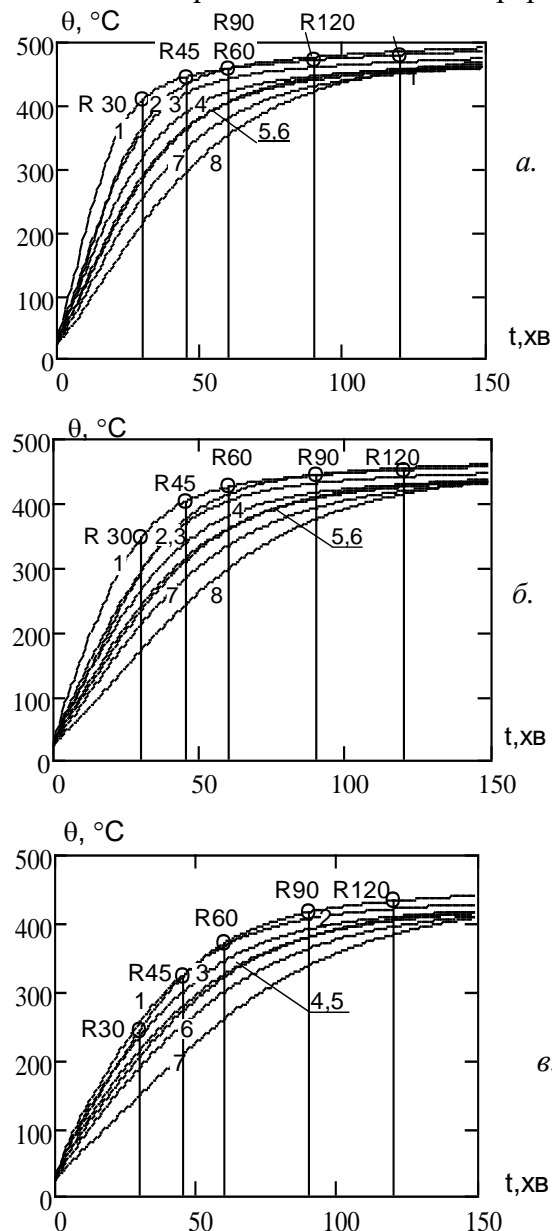


Рис. 4. Графіки залежностей середньої температури двотаврових перерізів з різною приведеною товщиною перерізу товщиною вогнезахисного покриття 20 мм (а), 30 мм (б) та 40 мм (в) для: 1 – $A_m/V = 241 \text{ м}^{-1}$, 2 – $A_m/V = 210 \text{ м}^{-1}$, 3 – $A_m/V = 145 \text{ м}^{-1}$, 4 – $A_m/V = 104 \text{ м}^{-1}$, 5 – $A_m/V = 90 \text{ м}^{-1}$, 6 – $A_m/V = 80 \text{ м}^{-1}$, 7 – $A_m/V = 65 \text{ м}^{-1}$, 8 – $A_m/V = 50 \text{ м}^{-1}$

На даних значеннях відмічені моменти часу настання граничного стану втрати

несучої здатності елементів сталевих будівельних конструкцій із стандартного ряду, наведеного вище. Наведені графіки на рис. 3-4 показують, що залежність товщини проектної товщини вогнезахисного покриття від межі вогнестійкості, яка має бути забезпечена також є нелінійною.

Для визначення характеру залежностей проектної товщини вогнезахисного покриття від межі вогнестійкості, яка має бути забезпечена, були побудовані відповідні графіки (рис. 5-6). Графіки на рис. 5-6 можна використовувати як номограми для графічного визначення проектної товщини покриття «ANTIFIRE» для забезпечення необхідної вогнестійкості, як це рекомендується у стандарті ДСТУ Б.В. 1.1-17:2007 [14].

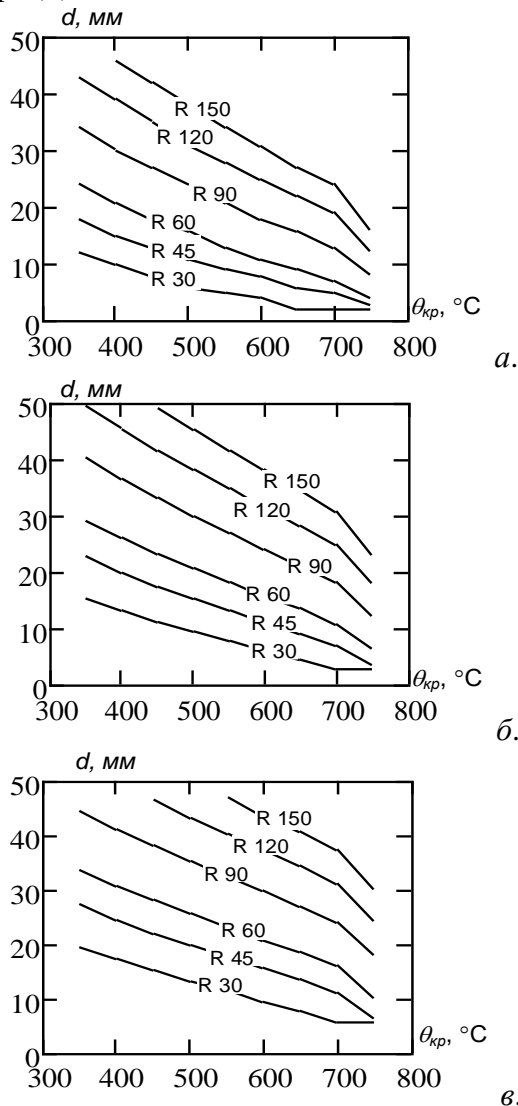


Рис. 5. Номограми залежностей товщини вогнезахисного покриття «ANTIFIRE» від критичної температури для стандартних класів вогнестійкості для профільного перерізу: а – $A_m/V = 70 \text{ м}^{-1}$, б – $A_m/V = 116 \text{ м}^{-1}$, в – $A_m/V = 212 \text{ м}^{-1}$.

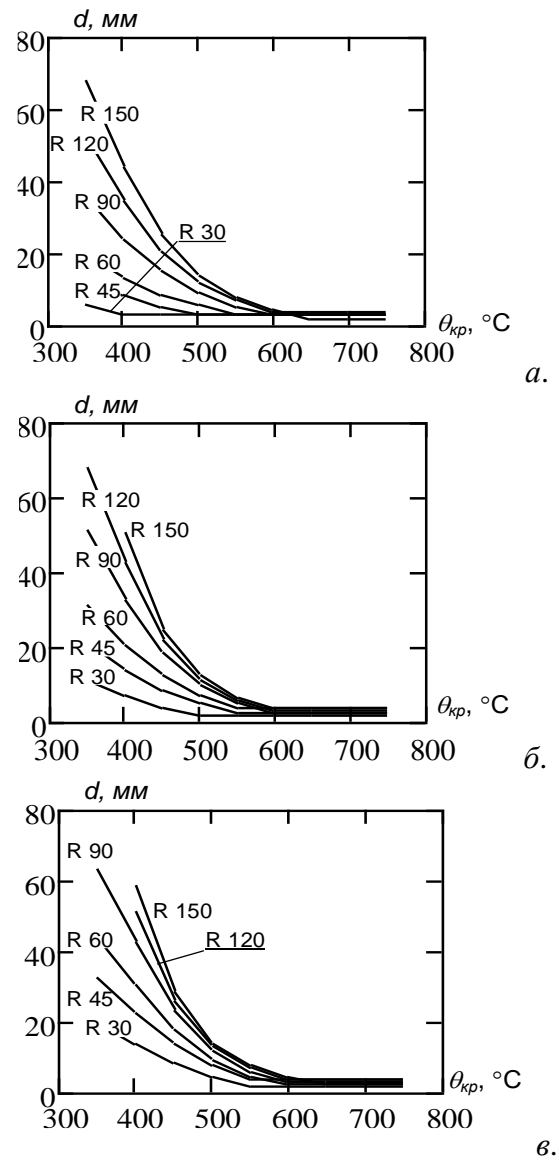


Рис. 6. Номограми залежностей товщини вогнезахисного покриття «ANTIFIRE» від критичної температури для стандартних класів вогнестійкості для коробчастого перерізу: а – $A_m/V = 50 \text{ м}^{-1}$, б – $A_m/V = 80 \text{ м}^{-1}$, в – $A_m/V = 104 \text{ м}^{-1}$.

Висновки.

Виявлено, що залежність середньої температури прогріву двотаврових перерізів сталевих конструкцій має ділянки із сталим значенням температури близько $750 \text{ }^\circ\text{C}$, який пов'язаний із стрибкоподібним збільшенням теплоємності унаслідок фазового перетворення у сталі, що підтверджує правдоподібність результатів розрахунків. Температурна крива прогрівання коробчастого перерізу при впливі на нього пожежі із стандартним температурним режимом не досягає температури $750 \text{ }^\circ\text{C}$, оскільки вона виходить на стаціонарний режим значно

раніше. Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що найбільшу вогнезахисну здатність мають коробчасті вогнезахисні облицювання з плит, виготовлених з «ANTIFIRE». Більш ефективним для вогнезахисту сталевих конструкцій є застосування вогнезахисних покриттів та облицювань товщиною від 5 мм до 30 мм для забезпечення необхідних меж вогнестійкості в межах стандартного ряду від R30 до R90.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Dasari A. Flame Retardancy [Text] / A. Dasari, Z.Z. Yu, Y.-W. Mai // Polymer Nanocomposites: Engineering Materials and Process book series (EMP). – 2016. – PP. 185-206.
2. Dasari A. Recent developments in the fire retardancy of polymeric materials [Text] / A. Dasari, Z.Z. Yu, G.P. Cai, Y.-W. Mai // Prog. Polym. Sci. – 2013. – Is. 38. – PP. 1357-1387.
3. Rui Li The thermal stability investigation of microencapsulated ammonium polyphosphate/siloxane – modified epoxy resin composites [Text] / Li Rui, Zhang Haoruo, Zhou Cheng, Zhang Bin, Chen Yang, Zow Huawei, Liang Mei // J. of Appl. Polym. Sci. – 2017. – V. 134. – Is. 36. – PP. 45272-45280.
4. Акимов А.В. Исследование теплофизических свойств эпоксикомпозитов, модифицированных трихлорэтилфосфатом [Текст] / А.В. Акимов // Наук. вісн. Херсонської держ. морської акад. – 2015. - №2(13). – С.127-134.
5. Nazarenko O.B. Thermal and mechanical characteristics of polymer composites based on epoxy resin, aluminium nanopowders and boric acid [Text] / O.B. Nazarenko, T.V. Melnikova, P.M. Visakh // J. of Phys.: Conference Series. – 2016. – V. 671. – P. 012040.
6. Fu Y-X. Thermal conductivity enhancement with different fillers for epoxy resin [Text] / Y-X. Fui, Z-X. He, D-C. Mo // Adhesives Appl. Therm. – 2014. – Eng. 66. – PP. 493-498.
7. Yu D. A low melting organic – inorganic glass and its effect on flame retardancy of clay/epoxy composites [Text] / D. Yu, M. Kleemeier, G.M. Wu, B. Schartel, W.Q. Liu, A. Hartwig // Polymer. – 2011. – Is. 52. – PP. 2120-2131.
8. Березовский А.И. Определение показателей пожарной опасности огнезащитного вибростойкого покрытия металлических конструкций [Текст] / А.И. Березовский // Пожежна безпека: теорія і практика: Зб. наук. праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля. – 2013. - №15. – С.13-18.
9. Голованов В.И. Огнезащита стальных конструкций плитным материалом PYRO-SAFE AESTUVER T [Текст] / В.И. Голованов, В.В. Павлов, А.В. Пехотиков // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т.25, №11. – С.8-16.
10. Данченко Ю.М., Поздеев С.В., Обіженко Т.М. Математична модель розрахунку вогнезахисної здатності епоксиполімерних матеріалів у несучих елементах сталевих конструкцій [Текст] / Ю.М. Данченко, С.В. Поздеев, Т.М. Обіженко // Інноваційні технології в архітектурі і дизайні: Колективна монографія. – Х.: ХНУБА, 2017. – С.456-466.
11. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Текст], [Чинний від 2003-05-01]. – К., 2003. – 87с. (Національний стандарт України).
12. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Текст].
13. Пат.№112814 Україна, МПК С09D 163/02, С09D 5/08, С08L 63/02, С08K 7/04. Епоксидна композиція / Попов Ю.В., Барабаш О.С., Саєнко Н.В., Данченко Ю.М., Плисюк Т.І., Андронов В.А., Скрипинець А.В., Качоманова М.П.; патентовласник Харків. націон. ун-т будівництва та архітектури. - № а 2015 03156; заявл. 06.04.2015; опубл. 25.10.2016, Бюл.№20.
14. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Вогнезахисні покриття для будівельних несучих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності. (ENV 13381-4:2002) [Текст], [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Укрархбудінформ, 2007. – 62с. (Національний стандарт України).

Данченко Ю. М., Обіженко Т. М., Саєнко Н. В., Андронов В. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭПОКСИПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ «ANTIFIRE»

В статье приведены результаты определения огнезащитной эффективности эпоксиполимерного покрытия «ANTIFIRE» в несущих элементах двутавровых стальных конструкций расчетным путем с использованием математической модели. Расчеты основаны на решении уравнения теплопроводности. Двухкомпонентное покрытие изготовлено на основе смеси эпоксидианового (ЭД-20) и олигоэфиртрициклокарбонатного (Лапролат-803) олигомеров, антипирена полиаммонийфосфата общей формулы $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$, дисперсного минерального наполнителя, поверхностно-активной добавки и аминного отвердителя (ПЭПА). Для исследования было выбрано два варианта защиты двутаврового сечения стальной колонны с четырехсторонним обогревом: профильное и коробчатое. В результате расчетов показано, что максимальная температура нагрева с увеличением толщины покрытия уменьшается в обоих вариантах огнезащиты. При использовании методики определения огнезащитной эффективности покрытия были получены соответствующие его толщины в обоих вариантах. Установлено, что зависимость средней температуры прогрева двутавровых сечений стальных конструкций

имеет участки с постоянным значением температуры около 750°C. Это связано с скачкообразным увеличением теплоемкости вследствие фазового превращения в стали, что подтверждает правдоподобность результатов расчетов. Температурная кривая прогрева коробчатого сечения при влиянии на него пожара со стандартным температурным режимом не достигает температуры 750°C, поскольку выходит на стационарный режим значительно раньше. Установлено, что наибольшую огнезащитную эффективность имеет коробчатая отделка. Более эффективной является защита стальных конструкций с использованием покрытий и отделок «ANTIFIRE» толщиной от 5 до 30 мм для обеспечения необходимых пределов огнестойкости в стандартном ряду от R30 до R90.

Ключевые слова: огнезащитная эффективность, эпоксиполимерное покрытие «ANTIFIRE», математическая модель, уравнение теплопроводности, стальные конструкции.

Danchenko Yu. M., Obizhenko T. M., Saienko N. V., Andronov V. A. INVESTIGATION OF FIRE-PROTECTIVE EFFICIENCY OF EPOXY POLYMER COATING «ANTIFIRE»

The results of the determination of fire-protective efficiency of the epoxy polymer coating «ANTIFIRE» in the load-bearing elements of I-beam steel structures by calculation using the mathematical model is given in the article. Calculations are based on the solution of the heat equation. The two-component coating is made on the

basis of a mixture of epoxy resin (ED-20) and oligoestertricyclocarbonate (Laprolat-803) oligomers, polyammonium phosphate of general formula $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$, dispersed mineral filler, surfactant and amine hardener (PEPA). For the study, two options for protecting the I-section of the steel column with four-sided heating were selected: profile and box-shaped. As a result of calculations, it is shown that the maximum heating temperature with increasing thickness of the coating decreases in both fire protection options. Using the method for determining the flame retardant effectiveness of the coating, its corresponding thicknesses were obtained in both variants. It is established that the dependence of the average heating temperature of I-sections of steel structures has sections with a constant temperature value of about 750°C. This is due to an abrupt increase in heat capacity due to the phase transformation in steel, which confirms the plausibility of the calculation results. The temperature curve for the heating of the box section under the influence of a fire with a standard temperature regime does not reach a temperature of 750 °C, since it enters the stationary regime much earlier. It has been established that the box-shaped has the greatest fire-protection efficiency. More effective is the protection of steel structures using «ANTIFIRE» coatings and finishes with a thickness of 5 to 30 mm to provide the necessary fire resistance in the standard range from R30 to R90.

Key words: fire-protective efficiency, epoxy polymeric coating «ANTIFIRE», mathematical model, heat equation, steel structures.

УДК 624.078.7

Золотов С.М., Пустовойтова О.М., Литвинова Г.М., Хамзе Мухаммад,

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(вул. Маршала Бажанова, 13, Харків, 61000, Україна; e-mail: oksana_pustov@ukr.net)*

Камчатна С.М.

*Український державний університет залізничного транспорту
(площа Фейєрбаха, 7, Харків, 61000, Україна; e-mail: kamchatnayasn@gmail.com)*

ЗАСТОСУВАННЯ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВИХ АНКЕРНИХ З'ЄДНАНЬ В АКРИЛОВИХ КЛЕЯХ

Для збільшення часу експлуатації конструкцій та забезпечення їх довговічності, при реконструкційних роботах застосовують базальтопластикові анкерні з'єднання, які мають високі конструктивні і міцнісні властивості. У якості композитного з'єднання застосовуються акрилові клеї. Були проведені випробування для визначення модулю пружності акрилових клеїв та виведена залежність напружно-деформованого стану анкерного з'єднання від модуля пружності акрилового клею.

Ключові слова: реконструкція, анкерні з'єднання, акриловий клей, модуль пружності, базальтове волокно, базальтопластиковий анкер, композитні з'єднання.

Вступ. У даний час у будівництві досить широко застосовуються нові матеріали як природного, так і штучного походження. До матеріалів нового покоління

відносяться композитні розчини із застосуванням акрилів, пластиків і інших міцних сполучних матеріалів, а так само природний матеріал – базальт, що має величезний