

ISSN 2518-1777



Науковий Вісник: Цивільний захист та пожежна безпека



УКРАЇНСЬКИЙ
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

№ 1 (3)
2017

Науковий журнал

ISSN 2518-1777



НАУКОВИЙ ВІСНИК: Цивільний захист та пожежна безпека

№ 1 (3), 2017

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Редакційна колегія:

головний редактор –
голова редколегії
канд. техн. наук
заст. головного редактора
канд. техн. наук
науковий редактор–
відповідальний секретар
канд. техн. наук

Кропивницький В.С.

Коваленко В.В.

Огурцов С.Ю.

д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р мед. наук
канд. хім. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. хім. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
PhDEng.
PhDEng.

Кириченко О.В.
Костенко В.К.
Лисенко О.І.
Нікулін О.Ф.
Поздєєв С.В.
Храцевський Р.В.
Чумаченко С.М.
Шафран Л.М.
Білошицький М.В.
Боровиков В.О.
Кравченко Р.І.
Ліхнівський Р.В.
Ніжник В.В.
Новак С.В.
Сізіков О.О.
Уханський Р.В.
Хижняк В.В.
Якименко О.П.
Іванов Ю.С.
Навроцький О.Д.
Врублевський Д.
Самберг А.

літературний редактор
(англійська мова)

Яблонська К.В.

Адреса редакції:

01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18

Телефони:

(+380 44) 254-52-26; 280-18-01

<http://firesafety.at.ua/>

e-mail: u_secretar@ukr.net,

undicz@mns.gov.ua

Заснований у 2016 році

Виходить 2 рази на рік

Засновник

Український науково-дослідний інститут
цивільного захисту (УкрНДЦЗ)

Видавець

Український науково-дослідний інститут
цивільного захисту (УкрНДЦЗ)

Журнал зареєстровано Міністерством
юстиції України

Свідоцтво від 12.03.2016

серія KB № 21910-11810PP

Журнал внесено до Переліку фахових видань
у галузі технічних наук, в яких можуть
публікуватись результати дисертаційних робіт
на здобуття наукових ступенів доктора
і кандидата наук

Наказ Міністерства освіти і науки

від 16.05.2016 № 515

У разі передрукування матеріалів письмовий
дозвіл УкрНДЦЗ є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-
технічної ради УкрНДЦЗ

Протокол від 29.06.2017 № 6

Підписано до друку 04.07.2017

Формат 60 × 84/8.

Наклад 100 прим.

ЗМІСТ

CONTENTS

С.В. Палагута, В.В. Коваленко, В.В. Могильниченко, Н.В. Корепанова Шляхи побудови сучасних систем оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій	4	S. Palahuta, V. Kovalenko, V. Mohylnychenko, N. Korepanova Ways of construction of modern systems of informing about threat or occurrence of emergencies
С.В. Новак, П.Г. Круковский, Н.Б. Григорьян Оценка огнезащитной способности вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» стандартизированными методами	11	S. Novak, P. Krukovskiy, M. Hryhorian Evaluation of the fireproof ability of vermiculite-cement board "Endotherms 210104" obtained by standardized methods
А.І. Ковальов Обґрунтування параметрів вогнезахисного штукатурного покриття для захисту залізобетонних перекриттів	20	A. Kovalov Justification of parameters of fire protective plaster of coating for protecting concrete structures
В.Л. Шевченко Методологічні основи формування і розвитку інноваційної системи безпеки польотів державної авіації	28	V. Shevchenko Methodological framework for establishment and development of the innovative safety system of the civil aviation.
В.В. Хижняк, А.О. Литовченко Оцінка сумарної похибки вимірювань на основі комплектної атестації вимірювальних процесів при проведенні випробувань авіаційної техніки	35	V. Khyzhniak, A. Lytovchenko Estimation of the total measurement error based on the integrated certification of measuring processes during testing of aviation technology
С.М. Чумаченко, В.В. Троцько Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури	41	S. Chumachenko, V. Trotsko Natural-technogenic threat assessment for critical infrastructures objects
С.В. Поздєєв, Т.В. Костенко, В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова Моделювання зовнішнього теплового навантаження на пожежника-рятувальника при пожежі у резервуарі з нафтопродуктами	48	S. Pozdieiev, T. Kostenko, V. Kostenko, O. Zavalova Modeling of external thermal load on fire rescuers during a fire in a tank with oil products
С.П. Мосов, С.А. Станкевич, С.М. Чумаченко Обґрунтування вимог до технічних характеристик засобів ведення розвідки пожеж із застосуванням безпілотних літальних апаратів	57	S. Mosov, S. Stankevych, S. Chumachenko Justification of the requirements to technical characteristics of fire exploration means using unmanned aerial vehicles
Р.І. Кравченко, Н.М. Ільченко Про удосконалення нормативної бази з визначення показників пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів	66	R. Kravchenko, N. Ilchenko On improvement of the normative base on definition fire explosive hazard indicators of substances and materials
Т.М. Скоробагатко, М.І. Копильний, В.О. Боровиков Ефективність гасіння деякими газовими вогнегасними речовинами біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом	73	T. Skorobahatko, M. Kopylnii, V. Borovykov Extinguishing efficiency by some gas extinguishing substances of biodiesel fuel and its mixtures with diesel fuel
В.О. Боровиков, О.М. Слущка Щодо визначення ефективності піноутворювачів у разі гасіння моторного пального з полярними добавками	78	V. Borovykov, O. Slutska Regarding determination of foam agent efficiency in case of extinction of motor fuel with polar additives

УДК614.841.45

ОЦЕНКА ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЕРМИКУЛИТО-ЦЕМЕНТНОЙ ПЛИТЫ «ЭНДОТЕРМ 210104» СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ

С.В. Новак*¹, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. П.Г. Круковский², докт. техн. наук, проф., Н.Б. Григорьян³, канд. техн. наук

¹Український науково-дослідницький інститут громадянської захисту, Україна

²Інститут технічної теплофізики НАН України

³Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету громадянської захисту, Україна

ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

Предоставлена в редакцию: 01.03.2017
Прошла рецензирование: 12.04.2016

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

задача теплопроводности, критическая температура стали, огнезащитная способность, предел огнестойкости, стальная конструкция, стандартизированные методы.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты определения характеристики огнезащитной способности огнезащиты для несущих стальных конструкций из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» стандартизированными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17. Показано, что большая часть значений минимальной толщины этой огнезащиты, полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. При этом наибольшее отклонение толщины огнезащиты от значений, полученных методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии.

Среди существующих методов оценки огнезащитной способности огнезащитных материалов (покрытий, облицовок и т.д., далее – ОЗП) для несущих стальных конструкций [1] наиболее приемлемыми для практического применения являются методы (далее – стандартизированные методы), приведенные в национальном стандарте ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. К этим методам относятся: метод числовой регрессии; два метода, в которых использовано упрощенное уравнение теплопроводности (с постоянной и переменной теплопроводностью); два метода, в которых использовано уточненное уравнение теплопроводности (с постоянными и переменными теплофизическими характеристиками) и решение обратной задачи теплопроводности (далее – ОЗТ) в общей постановке; графический метод. Характеристикой огнезащитной способности ОЗП является [2] зависимость минимальной толщины огнезащитного материала d_{Pmin} от приведенной толщины стального профиля конструкции V/A_p , критической температуры стали θ_{cr} и нормируемого предела огнестойкости конструкции t_r , которая выражается в виде следующей функции:

$$d_{Pmin} = f\left(\frac{V}{A_p}, \theta_{cr}, t_r\right), \quad (1)$$

где V – объем стального профиля конструкции, m^3 , A_p – площадь поверхности стального профиля конструкции, которая поддается огневому воздействию, m^2 .

Указанные выше стандартизированные методы предназначены для определения необходимых значений толщины d_{Pmin} для широкого диапазона изменения приведенной толщины профиля конструкции V/A_p , критической температуры стали θ_{cr} и нормируемого предела огнестойкости конструкции t_r . Положения вышеуказанного стандарта позволяют применять любой стандартизированный метод для определения зависимости (1). Однако в стандарте отсутствуют четкие рекомендации о границах применимости каждого из этих методов, а также данные об их точности, что важно для их практического использования.

Результаты расчетных исследований, приведенные в [3], показывают следующее. Применение любого стандартизированного метода позволяет определить значения толщины ОЗП, при которых обеспечиваются нормированные пределы огнестойкости несущих стальных конструкций. При этом эти

*E-mail: novak.s.fire@gmail.com

значения толщины ОЗП значительно завышены при их определении методом числовой регрессии. Наиболее приближены к точным величинам расчетные толщины, определенные методами, в которых используется уточненное уравнение теплопроводности и решение обратной задачи теплопроводности. Методы, в которых используют упрощенное уравнение теплопроводности, по точности занимают промежуточное место среди вышеуказанных методов – погрешность при их применении может достигать десятков процентов. Графический метод не позволяет определять толщины ОЗП для всего диапазона параметров (t_r , θ_{cr} , V/A_p) несущих стальных конструкций, а по своей точности приближается к методу числовой регрессии.

Приведенная выше оценка точности стандартизированных методов была получена расчетным путем с использованием только метода вычислительного эксперимента [3]. При этом не применялись экспериментальные данные, полученные при испытаниях реального огнезащитного материала. Поэтому актуальной является задача оценки отклонений значений минимальной толщины d_{pmin} огнезащитного материала конкретного типа, полученных разными стандартизированными методами с

использованием экспериментальных данных, чему и посвящена данная работа.

В качестве исходных данных для решения поставленной задачи были приняты экспериментальные данные, полученные при испытаниях огнезащиты из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» производства НПП «Спецматериалы» (г. Донецк, Украина) по ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. В таблице 1 приведены типоразмеры профилей, значения их приведенной толщины V/A_p и толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для 10-ти образцов стальных колонн, для которых экспериментально определялись температуры в условиях их четырехстороннего нагрева при стандартном температурном режиме. Облицовку профилей проводили плитами толщиной 20 мм. На рисунке 1 приведены экспериментальные зависимости от времени средней температуры в печи и температуры образцов стальных колонн № 6, №7 и №8, которые имеют одинаковую приведенную толщину профиля и разную толщину ОЗП. Указанные экспериментальные зависимости, полученные при испытаниях 10-ти образцов стальных колонн (см. таблицу 1), использовались для определения характеристики огнезащитной способности ОЗП стандартизированными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17 [2].

Таблица 1 - Типоразмеры профилей, значения их приведенной толщины V/A_p и толщины ОЗП для 10-ти образцов стальных колонн

№образца	Типоразмер профиля	Приведенная толщина профиля V/A_p , м	Толщина ОЗП d_p , м
1	HEM280	0,01882	0,02
2	HEB450	0,01356	0,04
3	HEB300	0,01153	0,02
4	HEA300	0,00882	0,02
5	HEA300	0,00882	0,04
6	HEA200	0,00630	0,02
7	HEA200	0,00630	0,04
8	HEA200	0,00630	0,06
9	IPE200	0,00441	0,04
10	IPE200	0,00441	0,06

При определении характеристики огнезащитной способности ОЗП методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, решение ОЗТ было проведено экстремальным методом, основанным на использовании итерационного метода Ньютона – Гаусса поиска минимума среднеквадратического отклонения расчетных температур от экспериментальных и метода

регуляризации Тихонова А.Н., с использованием оптимального алгоритма [4]. Полученное решение ОЗТ по определению теплофизических характеристик (далее – ТФХ) огнезащитного покрытия из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104», для которого среднеквадратическое отклонение составило наименьшее значение 25,6 °С, приведено на рис. 2 и 3.

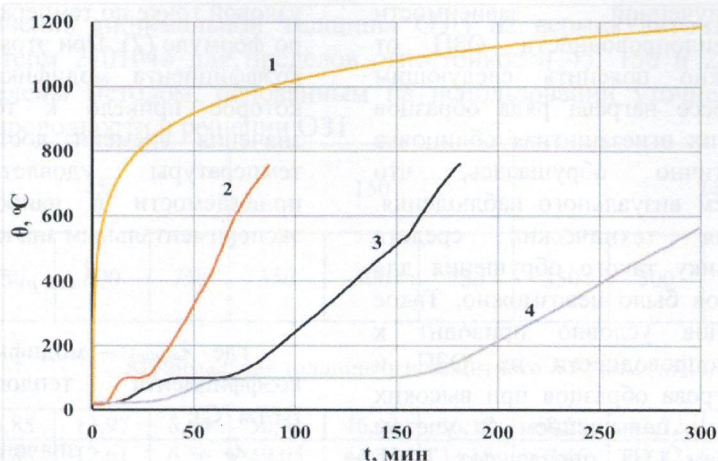


Рисунок 1 - Зависимости от времени температуры в печи (1) и температуры образцов стальных колон № 6 (2), №7 (3) и №8 (4)

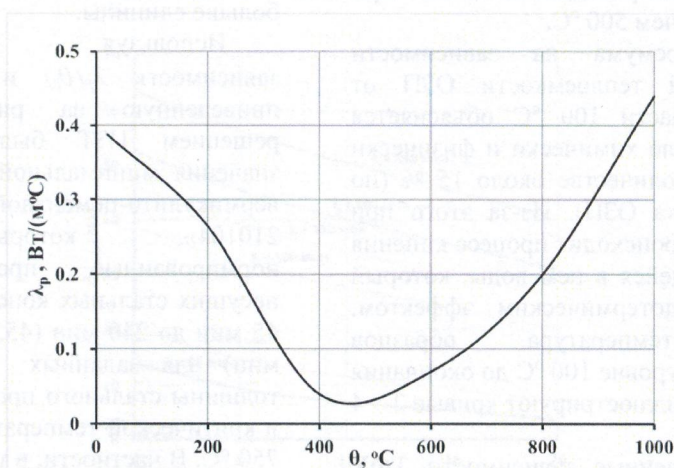


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента теплопроводности ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от температуры, полученная решением ОЗТ

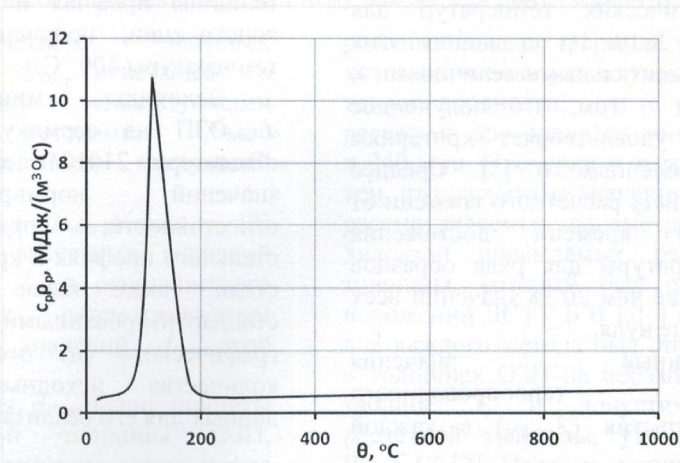


Рисунок 3 - Зависимость удельной объемной теплоемкости ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от температуры, полученная решением ОЗТ

Ход полученной зависимости коэффициента теплопроводности ОЗП от температуры можно пояснить следующим образом. В процессе нагрева ряда образцов стальных колонн их огнезащитная облицовка из плит частично обрушалась, что определялось путем визуального наблюдения. Из-за отсутствия технических средств определить динамику такого обрушения для всех 10-ти образцов было невозможно. Такое поведение образцов условно приводит к повышению теплопроводности их ОЗП и интенсивности нагрева образцов при высоких температурах. Этим повышением (с учетом того, что решением ОЗТ определяют ТФХ, осредненные для 10-ти образцов) можно пояснить характер изменения зависимости коэффициента теплопроводности ОЗП при температурах более чем 500 °С.

Наличие экстремума на зависимости удельной объемной теплоемкости ОЗП от температуры в области 100 °С объясняется наличием в материале химически и физически связанной воды в количестве около 15 % (по данным разработчика ОЗП). Из-за этого при нагреве материала происходит процесс кипения и испарения имеющейся в нем воды, который сопровождается эндотермическим эффектом. При этом температура образцов стабилизируется на уровне 100 °С до окончания этого процесса, что иллюстрируют кривые 2 – 4 на рис. 1.

Используя найденные зависимости ТФХ огнезащитного материала, решением прямой задачи теплопроводности (далее – ПЗТ) были определены расчетные значения времени t_{p} достижения критических температур для образцов №1 – №10. Из сравнения этих значений с экспериментальными величинами t_e был сделан вывод о том, что полученное решение ОЗТ не удовлетворяет критериям пригодности, приведенным в [2]. Среднее значение отклонений $\delta_{ср}$ расчетного времени от экспериментального времени достижения критической температуры для ряда образцов больше нуля и более чем 20 % значений всех отклонений δ_r , больше нуля.

Модифицированные значения коэффициента теплопроводности огнезащитного покрытия ($\lambda_{mod(p)}$) в каждой

узловой точке по температуре были рассчитаны по формуле (2). При этом определено значение коэффициента модификации K , равное 1,1, которое привело к тому, что расчетные значения времени достижения критической температуры удовлетворяют критериям приемлемости и наиболее приближены к экспериментальным значениям этого времени.

$$\lambda_{mod(p)} = K\lambda_p, \quad (2)$$

где $\lambda_{mod(p)}$ – модифицированное значение коэффициента теплопроводности ОЗП, Вт/(м °С);

λ_p – значение коэффициента теплопроводности ОЗП, полученное решением ОЗТ, Вт/(м °С);

K – коэффициент модификации, который больше единицы.

Используя модифицированную зависимость $\lambda_p(\theta_p)$ и зависимость $c_{pp}(\theta_p)$, приведенную на рис. 3, многократным решением ПЗТ были определены такие значения минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104», которые обеспечивают нормированные пределы огнестойкости несущих стальных конструкций в диапазоне от 45 мин до 240 мин (45, 60, 120, 150, 180 и 240 мин) для заданных величин приведенной толщины стального профиля от 4 мм до 20 мм и критической температуры стали от 350 °С до 750 °С. В частности, в таблице 2 даны значения этих толщин ОЗП для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин. На рис. 4 приведены зависимости толщины d_{Pmin} ОЗП от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости конструкции, полученные для критической температуры 500 °С.

Величины минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для приведенных выше значений нормированного предела огнестойкости, приведенной толщины стального профиля и критической температуры стали также были определены другими стандартизированными методами, кроме графического (из отсутствия необходимого количества исходных экспериментальных данных для его реализации).

Таблиця 2 - Значения минимальной толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены методом, основанным на использовании уточненного уравнения теплопроводности и решении ОЗТ

Предел огнестойкости t_s , мин	45			150			240		
Критическая температура θ_{cr} , °C	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p , мм	Минимальная толщина огнезащитного покрытия d_{Pmin} , мм								
4,0	16,85	13,97	8,14	50,31	46,10	36,12	68,79	63,72	51,22
5,0	15,86	12,61	6,56	49,05	44,34	33,18	67,46	61,82	47,82
6,67	14,33	10,67	4,68	47,06	41,56	29,02	65,35	58,78	43,08
10,0	11,75	7,81	2,53	43,45	36,62	22,82	61,43	53,24	35,90
20,0	6,92	3,64	0,34	34,60	25,92	13,24	51,26	40,19	22,77

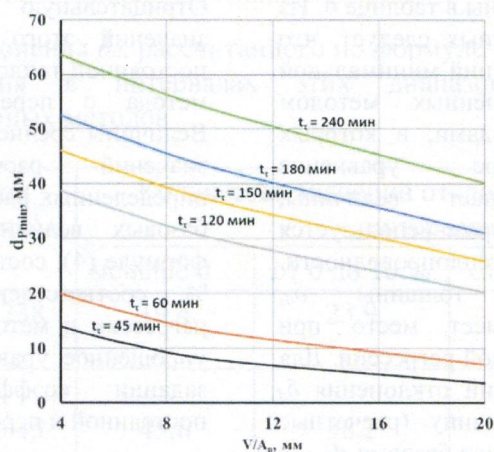


Рисунок 4 - Зависимости минимальной толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости несущей стальной конструкции, полученные для критической температуры 500 °C.

Сравнение расчетных значений минимальной толщины d_{Pminp} огнезащитного материала, полученных используемыми стандартизованными методами, было проведено с использованием следующей формулы:

$$\delta_d = 100 (d_{Pminp} - d_{PminB}) / d_{PminB} \quad (3)$$

где δ_d – отклонение расчетных значений минимальной толщины d_{Pminp} огнезащитного покрытия, полученных рассматриваемым методом, от базовых значений d_{PminB} этой толщины, %.

За базовые значения d_{PminB} были приняты величины минимальной толщины ОЗП, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности и решение ОЗТ.

В таблицах 3 – 5 приведены результаты определения значений отклонения δ_d ,

рассчитанные по формуле (3), для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, и метода числовой регрессии для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин. Прочерки в этих таблицах вызваны тем, что расчетные значения толщины d_{Pminp} для рассматриваемых параметров не попадают в диапазон приемлемых расчетных значений толщины, который был определен согласно положений ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. Этот диапазон для каждого метода был определен по данным о толщинах ОЗП на образцах, приведенным в таблице 1, и допустимым отклонениями расчетной толщины, указанным в ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. Поэтому величины отклонения δ_d для рассматриваемых параметров не рассчитывали

Таблица 3 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода числовой регрессии

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Критическая температура θ_{cr} , °C									
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
4,0	77,98	107,09	238,45	2,37	5,03	22,92	-	-	14,88
5,0	62,30	88,50	222,56	-0,47	1,08	19,08	-	1,68	15,52
6,67	45,29	-	-	-2,85	-2,36	15,95	-	2,40	18,22
10,0	-	-	-	-3,13	-2,92	16,30	-	7,12	27,27
20,0	-	-	-	9,19	13,66	-	-	32,35	72,02

По полученным расчетным данным относительно отклонения δ_d для рассматриваемых методов определены диапазоны отклонения δ_d и количество значений этого отклонения в интервалах этих диапазонов, которые приведены в таблице 6. Из анализа этих расчетных данных следует, что большая часть (71,4 %) значений минимальной толщины огнезащиты, полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. Наибольшее отклонение толщины δ_d , составляющее 238 %, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Для этого метода 80,6 % значений отклонения δ_d имеют положительную величину (расчетные толщины материала превышают базовые d_{PminB}) и 19,4 % – отрицательную величину (расчетные толщины меньше базовых на величину до 5 %). Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии, и не превышает 45

%. При этом имеют положительную величину 54,4 % значений отклонения δ_d для метода при задании коэффициента теплопроводности постоянной величиной и 79,2 % – для метода с переменной теплопроводностью. Отрицательную величину имеют 45,6 % значений этого отклонения для метода с постоянной теплопроводностью и 20,8 % – для метода с переменной теплопроводностью. Величины среднеквадратичного отклонения F_d значений расчетной толщины ОЗП, определенных рассматриваемыми методами, от базовых величин d_{PminB} , рассчитанные по формуле (4), составляют 53,3 %, 14,1 % и 16,6 %, соответственно для метода числовой регрессии и методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной и переменной величиной

$$F_d = \left[\sum_{j=1}^m (\delta_{d_j})^2 \right]^{0,5} \cdot m^{-0,5}, \quad (4)$$

где m – количество значений отклонения δ_d .

Таблица 4 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода, в котором используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной величиной

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Критическая температура θ_{cr} , °C									
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
4,0	40,18	44,67	-	-4,39	1,32	3,54	-14,09	-6,37	2,85
5,0	38,02	-	-	-4,49	1,15	3,44	-13,65	-5,87	3,83
6,67	34,68	-	-	-5,52	0,22	2,93	-13,82	-5,84	4,13
10,0	-	-	-	-8,56	-2,05	2,23	-15,27	-6,74	3,09
20,0	-	-	-	-15,92	-6,06	-	-19,92	-8,96	2,64

Таблиця 5 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 120 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода, в котором используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности переменной величиной

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Критическая температура θ_{cr} , °C									
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
4,0	43,15	35,08	-	0,46	1,24	10,66	-8,23	-5,52	9,10
5,0	42,50	33,86	-	1,75	2,41	13,59	-6,72	-3,53	13,86
6,67	39,99	-	-	2,74	3,06	17,06	-4,91	-1,26	19,99
10,0	35,66	-	-	2,88	3,44	20,90	-2,93	1,82	27,58
20,0	-	-	-	-0,35	1,31	24,70	-0,94	6,62	38,16

Таблиця 6 - Диапазоны отклонения δ_d , рассчитанного по формуле (3), и количество значений этого отклонения в интервалах этих диапазонов, определенные для стандартизированных методов

Стандартизированный метод	Диапазон отклонения δ_d , %	Количество значений отклонения δ_d в следующих интервалах, %			
		меньше 0	от 0 до 10 %	от 10 до 50 %	более 50 %
Числовая регрессия	от -5 до 238	19,4	23,9	40,3	16,4
Упрощенное уравнение $\lambda_p = \text{const}$	от -20 до 45	45,6	38,2	16,2	0
Упрощенное уравнение $\lambda_p = \text{var}$	от -8 до 43	20,8	37,5	41,7	0

Из анализа полученных результатов можно сделать следующие **выводы**.

1. Определена характеристика огнезащитной способности огнезащиты для несущих стальных конструкций из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» производства НПП «Спецматериалы» (г. Донецк, Украина) стандартизированными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17. Значения минимальной толщины огнезащиты установлены для диапазона изменения приведенной толщины стального профиля конструкции от 4 мм до 20 мм, критической температуры стали от 350 °C до 750 °C и нормируемого предела огнестойкости конструкции от 45 мин до 240 мин.

2. Установлено, что большая часть значений минимальной толщины огнезащиты из плиты «Эндотерм 210104», полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. Наибольшее отклонение толщины огнезащиты от значений, полученных методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Величина среднеквадратичного отклонения значений минимальной толщины огнезащиты, определенных этим методом, от значений, полученных методом, в котором используется

уточненное уравнение теплопроводности, составляет 53,3 %. Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии. Величина среднеквадратичного отклонения

составляет 14,1 % и 16,6 %, соответственно для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной и переменной величиной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новак С.В. Анализ современных методов определения характеристики огнезащитной способности покрытий и облицовок/ С.В. Новак, Е.Ф. Якименко // Пожарная безопасность: теория и практика. – 2011. - № 8. – С. 56-61.

2. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Захист відпожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ) (Защита от пожара. Огнезащитные покрытия для строительных несущих металлических конструкций. Метод определения огнезащитной способности (ENV 13381-4:2002, NEQ)).

3. Григорьян Н.Б. Определение границ применимости и точности стандартизированных методов оценки огнезащитной способности покрытий несущих металлических конструкций / Н.Б. Григорьян, П.Г. Круковский, С.В. Новак // Науковий вісникУкрНДДПБ. – 2014. – № 1(29). – С. 50 – 59.

4. Григорьян Н.Б. Алгоритм решения обратной задачи теплопроводности при оценке огнезащитной способности покрытий несущих стальных конструкций / Н.Б. Григорьян, П.Г. Круковский, С.В. Новак // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2014. – № 16 – С. 140–147.

EVALUATION OF THE FIREPROOF ABILITY OF VERMICULITE-CEMENT BOARD "ENDOTHERMS 210104" OBTAINED BY STANDARDIZED METHODS

S. Novak¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, P. Krukovskyi², Doctor of Technical Sciences, Professor, M. Hryhorian³, Candidate of Technical Sciences

¹The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

²Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

³Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS

heat conduction problem, critical temperature of steel, fire resistance limit, fireproof ability, steel construction, standardized methods.

ANNOTATION

The results of determining the characteristics of the fireproof ability for fire protection of steel structures of the vermiculite-cement board "Endotherm 210104" obtained by standardized methods given in National Standard DSTU B V.1.1-17 are presented. It has been shown that most of the values of the minimum thickness of the fire protection, obtained by numerical regression and methods that use a simplified equation of thermal conductivity is greater than the value obtained by the method, which uses a refined heat equation. The greatest deviation of the thickness of the fire protection of the values obtained by the method, which uses a refined heat equation, there is a method using a numerical regression. For methods that use a simplified heat conduction equation, a deviation significantly smaller than the numerical regression method.

ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВЕРМИКУЛІТО-ЦЕМЕНТНОЇ ПЛИТИ «ЕНДОТЕРМ 210104» СТАНДАРТИЗОВАНИМИ МЕТОДАМИ

С.В. Новак¹, канд. техн. наук, ст. наук. співр. П.Г. Круковський², докт. техн. наук, проф., М.Б. Григор'ян³, канд. техн. наук

¹Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

²Інститут технічної теплофізики НАН України

³Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту, Україна

КЛЮЧОВІ СЛОВА

задача теплопровідності, критична температура сталі, вогнезахисна здатність, межа вогнестійкості, сталева конструкція, стандартизовані методи.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисту для несучих сталевих конструкцій з вермикуліто-цементної плити «Ендотерм 210104» стандартизованими методами, наведеними в ДСТУ Б В.1.1-17. Показано, що велика частина значень мінімальної товщини цього вогнезахисту, отриманих методом числової регресії і методами, в яких використовується спрощене рівняння теплопровідності, перевищує величини, отримані методом, в якому використовується уточнене рівняння теплопровідності. При цьому найбільше відхилення товщини вогнезахисту від значень, отриманих методом, в якому використовується уточнене рівняння теплопровідності, має місце при використанні методу числової регресії. Для методів, в яких використовується спрощене рівняння теплопровідності, це відхилення значно менше, ніж для методу числової регресії.