НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Захист від пожежі

ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ НЕСУЧИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ)

ДСТУ Б В.1.1-17:2007

Видання офіційне

Київ
Мінрегіонбуд України
2007

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Захист від пожежі

ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ НЕСУЧИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Метод визначення вогнезахисної здатності

Защита от пожара

ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Метод определения огнезащитной способности

Fire protection

FIRE PROTECTION FOR STEEL MEMBERS

Definition method of fire protection ability

Чинний від 2008-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює вимоги до методу визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів для будівельних несучих металевих конструкцій.

Стандарт застосовний для оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів та облицювань (далі – вогнезахисних покриттів), які призначені для підвищення межі вогнестійкості несучих будівельних металевих конструкцій.

Стандарт придатний для цілей оцінювання відповідності.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 2272-2006	Пожежна безпека. Терміни та визначення
ДСТУ 3021-95	Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення
ДСТУ 3855-99	Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення
ДСТУ Б В.1.1-4-98*	Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги
ГОСТ 26020-83	Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті використані терміни, які встановлені у ДСТУ 2272 (вогнезахист); ДСТУ 3021 (зразок для випробування); ДСТУ 3855 (вогнезахисне покриття); ДСТУ Б В.1.1-4 (вогнестійкість конструкції, стандартний температурний режим, межа вогнестійкості конструкції).

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять. Назви термінів 3.1 – 3.8 та їх відповідники англійською мовою наведено на підставі [1].

3.1 Пасивне вогнезахисне покриття (облицювання) *(passive fire protection material)*. Вогнезахисне покриття (облицювання), яке не змінює своєї фізичної форми під час нагрівання і забезпечує вогнезахист завдяки фізичним або тепловим властивостям [1].

3.2 Реактивне вогнезахисне покриття *(reactive fire protection material)*. Покриття, яке під час нагрівання внаслідок хімічних реакцій значно збільшується у товщині і змінює форму (спучується) та забезпечує вогнезахист за рахунок теплоізолювального та охолоджувального ефектів [1].

3.3 Товщина вогнезахисного покриття *(fire protection thickness)*. Товщина одного (єдиного) шару або сумарна товщина всіх шарів багатошарової вогнезахисної системи [1].

3.4 Коефіцієнт перерізу профільний *(profiled section factor)*. Відношення площі поверхні сталевого профілю без вогнезахисного покриття, яка піддається вогневому впливу, до його об'єму (рис. А.1).

3.5 Коефіцієнт перерізу коробчастий *(boxed section factor)*. Відношення площі поверхні найменшого прямокутника або квадрата, який може бути описаний навколо сталевого профілю, до його об'єму (рис. А.1).

3.6 Здатність до злипання (*stickability*). Здатність вогнезахисного покриття залишатися цільним та зчепленим зі сталевою поверхнею зразка у визначеному діапазоні деформацій, температур у печі і температур на металі.

3.7 Характеристична температура сталі *(characteristic steel temperature)*. Температура сталевого елемента зразка, яку розраховують як середнє значення між максимальною температурою й середньою температурою зразка, що отримані під час випробувань, та використовують під час оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття.

3.8 Проектна температура *(design temperature)*. Температура, яка прийнята для цілей проектування, за якої сталева конструкція без вогнезахисного покриття втрачає міцність під впливом пожежі. Цю температуру вибирають з ряду 350 °С; 400 °С; 450 °С; 500 °С; 550 °С; 600 °С; 650 °С; 700 °С, 750 °С залежно від типу та навантаження сталевого профілю.

3.9 Характеристика вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття для несучої будівельної металевої конструкції. Залежність мінімальної товщини вогнезахисного покриття від коефіцієнта перерізу профільного (коробчастого) сталевого профілю та нормованої межі вогнестійкості для несучої будівельної металевої конструкції.

3.10 Зведена товщина металу. Відношення об'єму сталевого профілю без вогнезахисного покриття до площі його поверхні, яка піддається вогневому впливу.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

Умовні познаки і скорочення, а також позначення фізичних величин, які застосовані у цьому стандарті, та їх розкриття й пояснення наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Познаки, скорочення та їх розкриття й пояснення

Познака	Одиниця вимірювання	Розкриття й пояснення
LB		Позначення зразка балки, яку випробовують під навантаженням
UB		Позначення зразка балки, яку випробовують без навантаження
LC		Позначення зразка колони, яку випробовують під навантаженням
TC		Позначення зразка колони, яку випробовують без навантаження, завдовжки (2000 ±10) мм (далі – висока колона)
SC		Позначення зразка колони, яку випробовують без навантаження, завдовжки 1000 ±10 мм (далі – коротка колона)
p		Позначення вогнезахисного покриття
a		Позначення сталі
f		Позначення печі
A_m	$м^2$	Площа перерізу металевого профілю
V	$м^3$	Об'єм металевого профілю
A_m/V	$м^{-1}$	Коефіцієнт перерізу (профільний або коробчастий) металевого профілю без вогнезахисного покриття
L_{exp}	мм	Довжина частини зразка балки, яка підлягає вогневому впливу
L_{sup}	мм	Прогін зразка балки, яка випробовується під навантаженням
d_p	мм	Позначення товщини вогнезахисного покриття, яке підлягає випробуванню, нанесене на сталевий профіль
$d_{p(max)}$	мм	Позначення максимальної товщини покриття відповідно до нормативної документації на вогнезахисне покриття, яке підлягає випробуванню
$d_{p(min)}$	мм	Позначення мінімальної товщини вогнезахисного покриття, яке підлягає випробуванню, відповідно до нормативної документації на нього

Продовження таблиці 1

Позначка	Одиниця вимірювання	Розкриття й пояснення
$\rho_{protection}$	кг/м^3	Позначення густини вогнезахисного покриття
ρ_a	кг/м^3	Позначення густини сталі (прийняте значення: 7850 кг/м^3)
θ_{SC}	°C	Характеристична температура металевого профілю зразка короткої колони
θ_{LB}	°C	Характеристична температура металевого профілю зразка балки, яку випробовують під навантаженням
θ_{UB}	°C	Характеристична температура металевого профілю зразка балки, яку випробовують без навантаження
θ_{LC}	°C	Характеристична температура металевого профілю зразка колони, яку випробовують під навантаженням
θ_{TC}	°C	Характеристична температура металевого профілю зразка високої колони
$\theta_{c(UB)}$	°C	Скоригована температура зразка балки, яку випробовують без навантаження
θ_t	°C	Середня температура в печі на момент часу t
θ_{at}	°C	Середня температура металевого профілю під час випробувань на момент часу t
$\Delta\theta_t$	°C	Підвищення температури в печі за проміжок часу Δt
θ_{Misc}	°C	Відкоригована температура металевого профілю зразка короткої колони, яку випробовують без навантаження
θ_D	°C	Проектна температура сталевого профілю
$k(\theta)$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю зразка балки (колони), який випробовують без навантаження, за температури θ
$k_d(\theta)$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю, який враховує вплив здатності до злипання вогнезахисного покриття з металевою поверхнею зразка
$k_d(\theta_{LB})$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю зразка балки, що випробовується без навантаження, з товщиною вогнезахисного матеріалу d_p за температури θ
$k_d(\theta_{TC})$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю зразка високої колони (або колони, що випробовується під навантаженням) з товщиною вогнезахисного покриття d_p за температури θ
$k_{max}(\theta)$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю зразка короткої колони (або балки без навантаження) з максимальною товщиною вогнезахисного покриття $d_{p\,max}$
$k_{min}(\theta)$		Коригувальний коефіцієнт для температури металевого профілю зразка короткої колони (або балки без навантаження) з мінімальною товщиною вогнезахисного покриття $d_{p\,min}$
C_a	Дж/кг·К	Питома теплоємність сталі, яка залежить від температури
C_p	Дж/кг·К	Питома теплоємність вогнезахисного покриття, яка не залежить від температури
μ		Відношення теплоємності вогнезахисного покриття до теплоємності сталі
t	хв	Час від початку випробування
t_e	хв	Проміжок часу, необхідний для досягнення на сталевому елементі зразка балки, який випробовується без навантаження, температури, яка еквівалентна температурі, що досягається на балці, яку випробовують під навантаженням, за час t
Δt	хв	Часовий інтервал

Кінець таблиці 1

Позначка	Одиниця вимірювання	Розкриття й пояснення
t_D	хв	Проміжок часу, необхідний для досягнення проектної температури сталевого профілю на короткій колоні
λ_p	Вт/м °С	Ефективна теплопровідність вогнезахисного покриття
$\lambda_{char(,p)}$	Вт/м °С	Характеристична величина ефективної теплопровідності вогнезахисного покриття
$\lambda_{ave(,p)}$	Вт/м °С	Середнє значення λ_p, яке розраховане по всіх коротких колонах за температури θ_{SC}
$\lambda_{\delta(,p)}$	Вт/м °С	Стандартне відхилення λ_p, яке розраховане по всіх коротких колонах за температури θ_{SC}
$C_{D(\theta)}$		Постійна, яка розрахована для коротких колон за температури θ
K		Постійна, що застосовується для $\lambda_{\delta(,p)}$
h; (h)	мм	Висота сталевого профілю (двотавра)
b; (b)	мм	Ширина полиці сталевого профілю (двотавра)
t_w; (s)	мм	Товщина стінки сталевого профілю (двотавра)
t_f; (t)	мм	Висота полиці сталевого профілю (двотавра)

Примітка 1. Під час розрахунків за додатками Г, Д, Е, Ж, И, К, Л необхідно використовувати значення товщини вогнезахисного покриття d_p у метрах та часовий інтервал Δt в секундах.

Примітка 2. Позначення розмірів двотавра h, b, t_w, t_f відповідає [1]; у дужках наведено відповідні позначення розмірів двотавра *(h), (b), (s),(t)* згідно з ГОСТ 26020.

5 СУТНІСТЬ МЕТОДУ

Сутність методу полягає у нагріванні набору зразків (обраних відповідно до розділу 7) у стандартному температурному режимі за ДСТУ Б.В.1.1-4 за умов, визначених у цьому стандарті, та подальшому оцінюванні даних випробувань методами математичного аналізу для отримання характеристики вогнезахисної здатності покриття.

Якщо це зазначено у нормативній документації, то для визначення вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів випробування зразків мають бути додатково проведені у температурному режимі пожежі, яка повільно розвивається, за додатком Б цього стандарту.

6 ЗАСОБИ ВИПРОБУВАНЬ

6.1 Перелік засобів випробувань

Для проведення випробувань використовують засоби випробувань, що наведені у ДСТУ Б В.1.1-4

6.2 Випробувальна піч

6.2.1 Конструкція випробувальної печі (далі – піч) повинна відповідати вимогам, які визначені ДСТУ Б В.1.1-4.

6.2.2 Конструкцією печі має бути забезпечена можливість розміщення у вогневій камері печі відповідно до вимог розділу 9 зразків, вид та розміри яких вказані у розділі 7 цього стандарту, а також забезпечена можливість нагрівання їх з трьох та (або) з чотирьох боків.

6.3 Обладнання для навантаження та встановлення зразків у печі

Обладнання для навантаження та встановлення зразків у печі має відповідати вимогам ДСТУ Б В.1.1-4.

6.4 Засоби вимірювальної техніки

Засоби вимірювальної техніки, які необхідні під час випробувань, містять:

- системи для вимірювання температури у печі та на зразках;
- прилади для вимірювання надлишкового тиску в печі;
- прилади для вимірювання навантаження на зразок;
- прилади для вимірювання деформацій зразка;

– прилади для вимірювання товщини вогнезахисного покриття;
– прилади для визначення густини вогнезахисного покриття;
– прилади для визначення вологості вогнезахисного покриття.

Засоби вимірювальної техніки мають забезпечувати вимірювання параметрів з інструментальними похибками, значення яких не перевищують визначених у ДСТУ Б В.1.1-4, а також:

– під час вимірювання товщини пасивного вогнезахисного покриття та реактивного вогнезахисного покриття завтовшки більше 5 мм . . . . . ± 0,5 мм;
– під час вимірювання товщини реактивного вогнезахисного покриття завтовшки не більше 5 мм . . . . . ± 0,01 мм;
– під час вимірювання маси для визначення густини та вологості вогнезахисного покриття . . . . . ± 0,1 г, або ± 0,1 % від загальної маси зразка (залежно від того, що менше).

6.5 Обладнання для проведення фото– та відеозйомок

Для проведення фото- та відеозйомок мають застосовуватися фотоапарати й кіно- та відеокамери.

7 ЗРАЗКИ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ

7.1. Загальні вимоги

7.1.1 Для цілей цього стандарту використовують зразки, які представляють собою сталеві прокатні профілі – сталеві двотаври з відповідними профільними (коробчастими) коефіцієнтами (зведеними товщинами) у вигляді балок та колон з нанесеним на них вогнезахисним покриттям відповідно до технології нанесення, визначеної у нормативній документації (далі – НД) на вогнезахисне покриття.

Для визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття необхідно випробувати певний набір зразків балок та колон під навантаженням та без навантаження (див. табл. 2), а також набір зразків коротких колон без навантаження (див. табл. 3 – табл. 13).

У таблиці 2 відповідно до [1] наведено перелік зразків, тип та профільні (коробчасті) коефіцієнти двотаврів, з яких вони мають бути виконані, необхідність навантаження зразка під час випробування та максимальне, середнє чи мінімальне значення товщини вогнезахисного покриття відповідно до НД на вогнезахисне покриття, яке має бути нанесено на відповідні сталеві двотаври.

У табл. 3 – табл. 13 відповідно до [1] наведено перелік зразків колон завдовжки 1000 мм ±10 мм, які випробовують без навантаження (далі – короткі колони), тип двотаврів та їх коефіцієнти перерізу профільні (коробчасті), з яких вони мають бути виконані; максимальне, середнє чи мінімальне значення товщини вогнезахисного покриття відповідно до НД на вогнезахисне покриття, яке має бути нанесено на відповідні двотаври.

Примітка. Замість коефіцієнтів перерізу профільних (коробчастих) може бути використано відповідне значення зведеної товщини сталевого профілю.

Допускається заміняти сталеві двотаври, надані у табл. 2 – табл. 13 відповідно до [1], на профілі за ГОСТ 26020, які вказані у цих таблицях у дужках. За відсутності відповідних профілів за ГОСТ 26020 допускається заміняти їх на інші профілі з коефіцієнтами перерізу профільними (коробчастими) або (зведеними товщинами), найбільш наближеними до вказаних у табл. 2 – табл. 13.

7.1.2 За результатами випробувань зразків, перелік яких наведено у табл. 2, визначають коефіцієнти, які враховують вплив на вогнезахисну здатність покриття здатність вогнезахисного покриття до злипання (зчеплення) з металевою поверхнею зразка відповідно до 12.2.4. Ці коефіцієнти використовують під час визначення вогнезахисної здатності покриття відповідно до розділу 12.

7.1.3 Для проведення математичного аналізу з визначення характеристики вогнезахисної здатності покриття (додатки Д – П) використовують результати випробувань повного стандартного набору з 10 обов'язкових зразків коротких колон. Цей набір зразків, наведений у таблиці 3, включає сталеві профілі з вказаними профільними та коробчастими коефіцієнтами перерізів та значеннями товщини покриття, яке має відповідати максимальному, середньому та / або мінімальному значенню товщини відповідно до НД на нього. Якщо під час проведення математичного аналізу визначено необхідність отримання додаткових даних (див. рис. А. 4), то перелік зразків для отримання цих даних визначають за таблицею 6 або таблицею 10. У цих таблицях наведено відповідно перелік 18 або 26 обов'язкових зразків коротких колон (залежно від визначеної потреби). Якщо відношення максимального значення

товщини покриття до мінімального значення менше 1,5 або якщо використовують вогнезахисне покриття з товщиною тільки одного, двох або трьох значень, то обов'язкова кількість зразків може бути зменшена і обрана відповідно до таблиць 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 або 13.

7.1.4 У разі неправильних результатів, які можуть бути отримані під час випробувань зразків коротких колон внаслідок пошкодження термопар, ненормальної поведінки вогнезахисного матеріалу тощо, необхідно випробувати відповідно до рекомендацій, наданих у 9.5 цього стандарту, додаткову кількість зразків коротких колон замість тих, що були пошкоджені.

7.1.5 Умови кондиціювання зразків – згідно з ДСТУ Б В.1.1-4.

Таблиця 2 – Стандартний набір зразків для оцінювання здатності до злипання (зчеплення)

Кількість зразків та тип конструкції	Навантаження	Типорозміри сталевих профілів, мм	Профільний коефіцієнт A_m/V, м$^{-1}$	Коробчастий коефіцієнт A_m/V, м$^{-1}$	Товщина вогнезахисного покриття d_p, мм
1 балка	Під навантаженням	IPE 400 (40Б2)	153	116	Максимальна $d_{p\,(max)}$
1 балка	Те саме	IPE 400 (40Б2)	»	»	Мінімальна $d_{p\,(min)}$
1 балка	Без навантаження	IPE 400 (40Б2)	»	»	Максимальна $d_{p\,(max)}$
1 балка	Те саме	IPE 400 (40Б2)	»	»	Мінімальна $d_{p\,(min)}$
1 колона	Під навантаженням чи без навантаження	HEA 300 (26К2)	»	104	Максимальна $d_{p\,(max)}$

Примітка 1. Зразки, надані у таблиці 2, використовують за всіма випадками, окрім таких, коли відношення максимального значення товщини покриття до мінімального значення менше 1,5 або коли використовують вогнезахисне покриття з товщиною тільки одного значення. В цьому разі для визначення впливу здатності до злипання (зчеплення) випробовують тільки одну балку під навантаженням та одну еквівалентну балку без навантаження при максимальному значенні товщини покриття.

Примітка 2. Для оцінювання вогнезахисної здатності реактивного вогнезахисного покриття проводять додаткове випробування колони без навантаження заввишки 2000 мм.

Таблиця 3 – Стандартний набір з 10 зразків коротких колон

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X		
$^1/_4$ товщини								
Середня товщина	X						X	
$^3/_4$ товщини								
Максимальна товщина покриття		X			X	X	X	

Примітка. Позначка "X" вказує на обов'язкові 10 зразків, які мають бути випробувані.

Таблиця 4 – Набір зразків коротких колон для двох значень товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X		
Максимальна товщина покриття		X			X	X	X	

Примітка. Позначка "X" вказує на зразки, які мають бути випробувані у випадку наявності тільки двох значень товщини вогнезахисного покриття.

Таблиця 5 – Набір зразків коротких колон для одного значення товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Товщина покриття		X			X	X	X	

Примітка. Позначка "X" вказує на зразки, які мають бути випробувані у випадку наявності тільки одного значення товщини вогнезахисного покриття.

Таблиця 6 – Стандартний набір з 18 зразків коротких колон

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X	X*	
$^1/_4$ товщини		X*		X*				X*
Середня товщина	X		X*				X	
$^3/_4$ товщини				X*				X*
Максимальна товщина покриття	X*	X			X	X	X	

Примітка 1. Позначка "X" вказує на обов'язкові 10 зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 3).

Примітка 2. Позначка "X*" вказує на 8 додаткових зразків коротких колон, які мають бути випробувані для отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3 цього стандарту.

Таблиця 7 – Набір зразків коротких колон для трьох значень товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X	X*	X*
Середня товщина	X		X*		X*	X*	X	X*
Максимальна товщина покриття	X*	X			X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" вказує на обов'язкові 10 зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 3).

Примітка 2. Позначка "X*" вказує на додаткові зразки коротких колон, які мають бути випробувані для отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3 цього стандарту.

Таблиця 8 – Набір зразків коротких колон для двох значень товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X	X*	X*
Максимальна товщина покриття	X*	X			X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" вказує на обов'язкові вісім зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 4).

Примітка 2. Позначка "X*" вказує на чотири додаткових зразки коротких колон, які мають бути випробувані для отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3 цього стандарту.

Таблиця 9 – Набір зразків коротких колон для одного значення товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Товщина покриття	X*	X			X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" вказує на обов'язкових чотири зразки, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 5).

Примітка 2. Позначка "X*" вказує на два додаткових зразки коротких колон, які мають бути випробувані для отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3 цього стандарту.

Таблиця 10 – Стандартний набір з 26 зразків коротких колон

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X		X		X	X	X*	
$^1/_4$ товщини	X**	X*		X*	X**			X*
Середня товщина	X		X*		X**		X	
$^3/_4$ товщини	X*	X**		X*	X**			X*
Максимальна товщина покриття		X	X**		X та X**	X	X	X**

Примітка 1. Позначка "X" показує на обов'язкові 10 зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 3).

Примітка 2. Позначка "X*" показує на вісім додаткових зразків коротких колон (таких самих, як у таблиці 6); позначка "X**" показує на вісім додаткових зразків, які мають бути випробувані у разі необхідності отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3.

Таблиця 11 – Набір коротких колон для трьох значень товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X	X**	X	X**	X	X	X*	X*
Середня товщина	X	X**	X	X**	X*	X*	X*	X*
Максимальна товщина покриття	X*	X	X**	X**	X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" показує на обов'язкові 10 зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 3).

Примітка 2. Позначка "X*" показує на вісім додаткових зразків коротких колон (таких самих, як у таблиці 6); позначка "X**" показує на шість додаткових зразків, які мають бути випробувані у разі необхідності отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3.

Таблиця 12 – Набір зразків коротких колон для двох значень товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, м$^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Мінімальна товщина покриття	X	X**	X	X**	X	X	X*	X*
Максимальна товщина покриття	X*	X	X**	X**	X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" показує на вісім обов'язкових зразків, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 4).

Примітка 2. Позначка "X*" показує на чотири додаткових зразки коротких колон (таких самих, як у таблиці 8); позначка "X**" показує на чотири додаткових зразки, які мають бути випробувані у разі необхідності отримання додаткових даних відповідно до 7.1.3.

Таблиця 13 – Набір зразків коротких колон для одного значення товщини вогнезахисного покриття

Типорозміри сталевих профілів	HEM 280 (40К4)	HEB 450 (50ДШ1)	HEB 300 (30К3)	HEA 400 (40Ш3)	HEA 300 (20К1)	HEA 200 (40Б2)	IPE 200 (20Б1)	IPE 160 (16Б2)
Коробчастий коефіцієнт перерізу A_m/V, $м^{-1}$	50	65	80	90	104	145	210	241
Профільний коефіцієнт перерізу A_m/V, $м^{-1}$	70	95	116	135	153	212	269	309
Товщина покриття	X*	X	X**	X**	X	X	X	X*

Примітка 1. Позначка "X" показує на чотири обов'язкових зразки, які мають бути випробувані (такі самі, як у таблиці 5).

Примітка 2. Позначка "X*" показує на два додаткових зразки коротких колон (таких самих, як у таблиці 9); позначка "X**" показує на два додаткових зразки, які мають бути випробувані у разі необхідності отримання додаткових даних відповідно до 7.1.4.

7.2 Зразки для оцінювання вогнезахисної здатності пасивного вогнезахисного покриття

7.2.1 Для оцінювання методами математичного аналізу вогнезахисної здатності пасивного вогнезахисного покриття, яке використовується для трьох- та чотирьохбічного захисту металевих конструкцій, випробовують відповідно до таблиці 2 два зразки балки під навантаженням, два зразки балки без навантаження та набір зразків коротких колон, які обирають із таблиць 3-13 відповідно до аналізу, проведеного за рисунками А.2 – А. 4.

7.2.2 Для оцінювання вогнезахисної здатності пасивного вогнезахисного покриття, яке використовують тільки для чотирьохбічного захисту колон, замість випробувань двох балок під навантаженням (див. таблицю 2) випробовують дві колони під навантаженням з мінімальним та максимальним значеннями товщини вогнезахисного покриття та набір зразків коротких колон (табл. 3 – табл. 13), визначених відповідно до 7.1.3. В такому разі випробування двох балок під навантаженням не проводять.

7.3 Зразки для оцінювання вогнезахисної здатності реактивного вогнезахисного покриття

7.3.1 Для оцінювання вогнезахисної здатності реактивного вогнезахисного покриття, яке використовується для трьох – та чотирьохбічного захисту металевих конструкцій, випробовують два навантажених зразки балки, два ненавантажених зразки балки відповідно до таблиці 2, набір коротких колон (табл. 3-13), визначених з урахуванням 7.1.3, та зразок колони заввишки 2000 ±10 мм без навантаження з максимальною товщиною вогнезахисного покриття (далі – висока колона).

7.3.2 Для оцінювання вогнезахисної здатності реактивного вогнезахисного покриття, яке використовується тільки для чотирьохбічного захисту колон, випробовують два зразки колони під навантаженням з мінімальним та максимальним значеннями товщини вогнезахисного покриття (замість випробувань двох навантажених балок із таблиці 2) та набір коротких колон (табл. 3 – табл. 5), визначених з урахуванням 7.1.3. Випробування двох ненавантажених балок, а також високої колони в такому разі не проводять. Здатність вогнезахисного покриття до злипання та здатність до опору усадці та текучості в цьому випадку оцінюють за результатами випробувань двох колон під навантаженням.

7.4 Розміри зразків

7.4.1 Навантажені зразки балки повинні мати довжину частини L_{exp}, яка піддається вогневому впливу у печі, не менше за 4000 мм. Загальна довжина зразка має бути не більше за 4700 мм.

7.4.2 Навантажені зразки колон повинні мати висоту частини, яка піддається вогневому впливу у печі, не менше за 3000 мм.

7.4.3 Загальна довжина ненавантаженого зразка балки має бути (1000 ±50) мм.

7.4.4 Загальна висота ненавантаженого зразка колони має бути (1000 ±50) мм.

7.4.5 Навантажені та ненавантажені зразки балок та колон, а також короткі колони та висока колона мають бути виконані з сталевих профілів, вказаних у таблицях 2 – 13. Зразок високої колони має бути завдовжки не менше за 2000 мм з максимальним перерізом (300 ±10) мм × (300 ±10) мм та профільним коефіцієнтом перерізу (150 ±10) $м^{-1}$ (коробчастим коефіцієнтом перерізу (100 ±10) $м^{-1}$).

7.4.6 Всі зразки мають бути виконані зі сталі однакової марки і обрані з однієї партії.

7.4.7 Товщина вогнезахисного покриття (облицювання) та спосіб його нанесення на сталевий елемент зразка має відповідати технічним умовам на покриття.

7.5 Конструкція сталевих елементів зразків

7.5.1 Сталеві елементи зразків балок, які випробовують під навантаженням, мають бути сконструйовані відповідно до рисунка А.5.

У конструкції зразка балки для забезпечення жорсткості стінки балки та защемлення проти крутного моменту необхідно передбачити:

– елементи жорсткості у вигляді сталевих пластин, які мають бути приварені у кожній точці, де прикладається навантаження. Ширина цих пластин має бути не менше за ширину стінки балки, висота – на 10 мм менше ніж ширина полки балки. Приклад встановлення елемента жорсткості наведено на рисунку А.9;

– елементи жорсткості у вигляді сталевих пластин, які мають бути приварені у кожній точці спирання. Ширина цих пластин має бути не меншою за ширину стінки балки. Ці елементи жорсткості повинні мати трапецеїдальну форму для забезпечення протидії крутному моменту (див. рис. А.9).

7.5.2 Сталеві елементи зразків балок, які випробовують без навантаження, мають бути сконструйовані відповідно до рисунка А.6.

Для мінімізації теплопередачі мають бути теплоізольовані кінці зразків за допомогою шару мінеральної вати (див. рис. А.6) та передбачені пристрої, за допомогою яких будуть закриті усі щілини, що виникають унаслідок розширення сталевого елемента під час випробування. Лінійні розміри шару мінеральної вати мають бути більшими ніж розміри зразка.

7.5.3 Сталеві елементи зразків колон, які випробовують під навантаженням, мають бути сконструйовані відповідно до рисунка А.7.

7.5.4 Сталеві елементи зразків високої колони та коротких колон, які випробовують без навантаження, мають бути сконструйовані відповідно до рисунка А.8. Для мінімізації теплопередачі кінці зразків мають бути теплоізольовані відповідно до 7.5.2.

7.6 Виготовлення зразків

7.6.1 Зразки виготовляє замовник випробувань відповідно до вимог технічної документації на вогнезахисне покриття з дотриманням технології, яка використовується на підприємстві-виробнику.

Якщо метод нанесення вогнезахисного покриття на балку відрізняється від методу нанесення на колону, то необхідно проводити випробування для балок на зразках відповідно до 7.2.1 або до 7.3.1, а для колон – на зразках відповідно до 7.2.2 та 7.3.2.

7.6.2 Відхилення густини вогнезахисного покриття, яке наноситься на балки, що випробовують під навантаженням та без навантаження, мають бути у межах, визначених у додатку В.

7.6.3 Під час випробування вогнезахисних покриттів, які використовують для коробчастого захисту конструкції, зразки навантажених балок та зразок високої колони мають включати приклади всіх конструктивних з'єднань (швів, стиків) відповідно до технічної документації. Всі зазори між вогнезахисним покриттям та сталевим елементом мають бути ущільнені для запобігання виходу гарячих газів.

7.6.4 На зразки навантажених балок вогнезахисне покриття наноситься за всією довжиною балки, що піддається вогневому впливу, та додатково на кожний кінець балки на довжину, не меншу за 50 мм.

На зразки ненавантажених балок та навантажених і ненавантажених колон вогнезахисне покриття наноситься за всією довжиною зразка. Кількість та тип сталевих двотаврів для виготовлення зразків для випробувань залежно від призначення вогнезахисного покриття має обирати замовник випробувань спільно з випробувальною лабораторією з урахуванням вимог цього розділу. Якщо під час оцінювання вогнезахисної здатності покриття методами математичного аналізу необхідно збільшити кількість зразків коротких колон, то їх обирають відповідно до табл. 3 – табл. 13.

7.6.5 Замовник (у разі необхідності за участю проектної організації, базової організації науково-технічної діяльності центрального органу виконавчої влади з питань будівництва) розробляє технічну документацію на зразки, в якій має бути надано:

– назву вогнезахисного покриття та технологію його нанесення, склад вогнезахисного покриття та його виготовлювача;

– опис та технічні рисунки зразків для випробувань з нанесеним вогнезахисним покриттям, обраних з урахуванням вимог розділу 7 цього стандарту; конструкція зразків повинна відповідати вимогам 7.5 цього стандарту;

– перелік матеріалів, які використовувались під час нанесення вогнезахисного покриття відповідно до НД на покриття;

– середнє значення товщини та густини вогнезахисного покриття на кожному зразку, його теплопровідність та теплоємність за температури 20 °С; вологість та витрати;

– умови, величину та схему розташування навантаження на зразку балки (колони), умови та схеми спирання та кріплення зразків у печі з урахуванням вимог розділу 8 та 9 цього стандарту;

– максимальне значення температури на сталевих елементах зразків, до досягнення якої має проводитись випробування (значення проектної температури).

У разі виникнення розбіжностей під час розроблення технічної документації на зразки для їх усунення замовник має звернутися до базової організації науково-технічної діяльності центрального органу виконавчої влади з питань будівництва.

Зразки надаються у випробувальну лабораторію з технічною документацією на зразки за "Актом приймання зразків до вогневих випробувань".

Копія поданої до випробувальної лабораторії технічної документації на зразки має бути обов'язковою складовою протоколу випробувань.

7.7 Перевірка зразків на відповідність до технічної документації

7.7.1 Лабораторія повинна проконтролювати увесь процес нанесення замовником вогнезахисного покриття. Замовник зобов'язаний проводити роботи відповідно до технології, що визначена у технічній документації на зразки.

7.7.2 Лабораторія має виміряти розміри та визначити площу перерізу сталевих профілів зразків, що підлягають випробуванням (зовнішні та внутрішні радіуси вимірювати не потрібно). Ці дані вимірювань мають бути використані для визначення профільного та коробчастого коефіцієнтів перерізу згідно з формулами, наведеними на рисунку А.1.

7.7.3 Лабораторія повинна перевірити і записати дійсне значення товщини вогнезахисного покриття, густини та вологості для кожного зразка, що підлягає випробовуванню. Визначення товщини, густини та вологості вогнезахисного покриття, яке нанесено на сталеві елементи, наведено у додатку В.

7.7.3.1 Виміряні значення товщини вогнезахисних облицювань (гіпсокартонних, з мінеральної вати тощо) кожного зразка мають знаходитись у діапазоні (± 15) % від середнього значення. Середнє значення товщини використовують під час проведення оцінки вогнезахисної здатності. Якщо значення товщини виходять за цей діапазон, то під час оцінювання характеристики вогнезахисної здатності використовують максимальне зареєстроване значення товщини.

7.7.3.2 Товщину пасивних та реактивних вогнезахисних покриттів (таких, що розпиляються і таких, що наносять кистю) вимірюють у місцях, які визначені у В.2.4. Вимірювання товщини проводять у точках, які розташовані на відстані, не меншій за 150 мм від елементів жорсткості балок, що випробовують під навантаженням.

7.7.3.3 Виміряні значення товщини вогнезахисних покриттів, що розпиляються, завтовшки більше за 5 мм мають знаходитись у діапазоні (± 20) % від середнього значення. Середнє значення товщини використовують під час оцінювання вогнезахисної здатності. Якщо значення товщини виходять за цей діапазон, то під час оцінювання використовують максимальне зареєстроване значення товщини.

7.7.3.4 Виміряні значення товщини вогнезахисних покриттів, що розпиляються, завтовшки менше за 5 мм за умови нормального розподілення значень товщини повинні не виходити за такі межі:

– не менше за 68 % результатів вимірювань має бути у межах (± 20) % від середнього значення;

– не менше за 95 % результатів вимірювань має бути у межах (± 30) % від середнього значення;

– усі результати вимірювань мають бути у межах (± 45) % від середнього значення.

7.7.3.5 Середні значення товщини вогнезахисного покриття, яке захищає навантажену балку (колону) та еквівалентну ненавантажену балку (колону), мають бути однаковими. Різниця між значеннями товщин має бути не більше за 10 % від максимальної величини або дорівнювати (± 5) мм, залежно від того, що менше.

7.7.3.6 Якщо значення товщини покриття будь-якого зразка виходять за вказані межі, то слід виготовити новий зразок.

7.7.3.7 Густина вогнезахисного покриття, що нанесене на зразок, має бути визначена згідно з додатком В на зразках (або на їх показових частинах), які були кондиційовані відповідно до 7.1.5, і зареєстрована.

7.7.3.8 Значення густини, що визначені на зразках балки (колони) з однаковою товщиною, не повинні відрізнятися більше ніж на 15 % від середнього значення. Якщо відхилення перевищує 15 %, то необхідно використовувати максимальне значення густини, що було зареєстровано.

7.7.3.9 Середня густина вогнезахисного покриття (або максимальна відповідно до 7.7.4.8), яке захищає навантажену балку (колону) та еквівалентну ненавантажену балку (колону), має бути однаковою. Різниця між значеннями густини має бути не більше за 10 % від максимального значення для однакової товщини вогнезахисного покриття.

8 УМОВИ ВИПРОБУВАНЬ

8.1 Загальні вимоги

8.1.1 Зразки піддають вогневому впливу (далі – нагрівання) відповідно до алгоритму, наведеному на рисунках А.2, А.3, А.4.

8.1.2 Для отримання даних про здатність вогнезахисного покриття до злипання(зчеплення) треба нагрівати зразки балок або колон, які визначені у 7.2 або у 7.3 та у таблиці 2.

8.1.3 Під час нагрівання навантажених зразків балок визначають прогин зразка під впливом навантаження та нагріву за ДСТУ Б В.1.1-4.

8.1.4 Випробування проводять до досягнення на сталевому елементі зразка температури не менше за 750 °С, якщо інше не встановлено у технічній документації на зразки.

8.1.5 Під час нагрівання у печі декількох зразків одночасно необхідно створювати однакові умови нагрівання на кожний зразок відповідно до умов, що визначені у цьому стандарті.

8.2 Створення температурного режиму і надлишкового тиску в печі

8.2.1 Під час проведення випробування середня температура в печі має змінюватися відповідно до стандартного температурного режиму та, якщо це визначено у технічній документації, відповідно до додаткового температурного режиму пожежі, яка повільно розвивається, за ДСТУ Б В.1.1-4.

8.2.2 Надлишковий тиск у печі має бути створений відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4.

8.3 Спирання та кріплення зразків у печі

8.3.1 Зразок балки, який випробовують під навантаженням, має спиратися на дві шарнірні опори, одна з яких рухома, а інша нерухома. Довжина прогону зразка, який піддається вогневому впливу, має бути не меншим за 4000 мм, глибина спирання не більша за 250 мм з кожного кінця.

8.3.2 Спирання та кріплення на стінках печі зразка балки, яку випробовують без навантаження, наведено на рисунку А.6.

8.3.3 Для навантаження зразків колон кінці зразка мають забезпечувати передачу навантаження від навантажувального пристрою до зразка. Нижня та верхня поверхні зразка колони мають бути паралельні між собою і перпендикулярні до осі колони для запобігання появі згинальних моментів.

З метою захисту обладнання для навантаження від нагрівання мають бути передбачені спеціальні пристрої (бортики, муфти). Приклад розташування зразка колони, яку випробовують під навантаженням, наведено на рисунку А.7.

8.3.4 Зразок високої колони або зразки коротких колон встановлюють у печі вертикально на спеціальну ізолювальну прокладку на підлозі так, як це показано на рисунку А.8.

8.4 Навантажування зразків

8.4.1 Для зразків балок, які випробовують під навантаженням, встановлюють навантаження, яке не перебільшує 60 % від граничного навантаження (згідно з нормативною та технічною документацією на сталеві двотаври або з ENV 1993-1-1 [2]), яке розраховують з урахуванням номінальних значень міцності сталі та рекомендованих значень коробчастого перерізу з використанням результатів вимірювань розмірів профілю відповідно до 7.7.3 цього стандарту. Величину навантаження встановлюють без урахування власної ваги балки і ваги вогнезахисного покриття.

Система навантаження повинна відтворювати рівномірний згинальний момент якнайменше на відстані, що дорівнює 25 % прогину балки від середини зразка.

8.4.2 Навантаження на зразок балки має бути рівномірним, симетричним та прикладеним якнайменше у двох місцях по довжині зразка через допоміжну плитну конструкцію. Цю конструкцію виготовляють окремими плитами з легкого бетону густиною, не більшою за 650 кг/м^3, завтовшки не менше за 100 мм, завширшки (600 ±100) мм, завдовжки не більше за 600 мм (довжину плити супутньої конструкції вимірюють вздовж балки) і розміщують симетрично відносно повздовжньої осі балки. Приклад спирання та навантаження зразка балки наведено на рисунку А.5.

8.4.3 На зразки колон встановлюють повздовжнє навантаження, яке не перебільшує 60 % від граничного навантаження відповідно до нормативної та технічної документації на сталеві елементи, або відповідно до ENV 1993-1-1 [2], яке розраховують з урахуванням номінальних значень міцності сталі та коробчастих коефіцієнтів перерізу.

8.5 Умови навколишнього середовища

Умови навколишнього середовища – згідно з ДСТУ Б В.1.1-4.

9 ПІДГОТОВКА ТА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

9.1 Установлення зразків

9.1.1 Загальні вимоги

Випробування зразків, які були визначені відповідно до розділу 7 цього стандарту, проводять залежно від можливостей печі за декілька разів. При цьому необхідно випробовувати одночасно навантажений та ненавантажений зразки балки. Якщо дозволяють розміри печі, то разом з ними випробовують зразки коротких колон за умови, що вони будуть розміщені на відстані, не меншій за 200 мм одна від одної та до стін печі. Також рекомендується проводити одночасно випробування навантажених колон та ненавантажених (коротких та високої) колон.

Приклад розташування зразків у печі розміром 4000 мм × 3000 мм наведений на рисунку А.12.

9.1.2 Зразок балки, який випробовують під навантаженням, встановлюють на стінках печі з урахуванням 8.3 цього стандарту так, щоб забезпечити умови нагрівання балки з трьох боків (рисунок А.5). Плити супутньої конструкції укладають на полку балки через шар керамічного ізоляційного матеріалу. Товщина цього матеріалу у нестиснутому вигляді має бути (30 ±5) мм, густина – (125 ±25) кг/м^3. Ширина ізоляційного шару повинна дорівнювати ширині полки балки (рисунок А.11). Кожну плиту закріплюють до полки балки не менше ніж у двох місцях болтами та контргайками (рисунок А.5). Всі зазори між зразком, плитами та стінками печі мають бути ущільнені мінеральною ватою для запобігання виходу гарячих газів з печі. Необхідно також забезпечити ізоляцію опор зразка балки (рисунок А.10).

9.1.3 Зразок балки, який випробовують без навантаження, закріплюють до нижньої поверхні плит, які закривають піч, так, як показано на рисунку А.6 та рисунку А.12, за допомогою болтів діаметром 10 мм, що приварені до балки. Знизу має бути прикріплена стопорною гайкою плита розміром 100 мм × 100 мм × 6 мм. Між нижньою поверхнею плити та верхньою полицею балки має бути прокладений керамічний ізоляційний матеріал відповідно до 9.1.2 цього стандарту.

9.1.4 Зразки колони, які випробовують під навантаженням, встановлюють у печі так, як показано на рисунку А.7.

9.1.5 Зразок високої колони або зразки коротких колон установлюють за допомогою болтів діаметром 10 мм, що приварені до колони, і плити розміром 100 мм × 100 мм × 6 мм зі стопорною гайкою так, як показано на рисунку А.8, або встановлюють на плінтусах на підлозі печі. Між верхнім та нижнім фланцями колони має бути прокладений керамічно-ізоляційний матеріал відповідно до 9.1.2.

9.2 Установлення термопар

9.2.1. Вимоги до термопар у печі та на сталевому елементі зразка, а також спосіб їх встановлення визначено у ДСТУ Б В.1.1-4.

9.2.2 Для вимірювання температури в області зразка навантаженої балки у печі встановлюють 8 термопар на відстані від 90 мм до 110 мм від поверхонь зразка так, як показано на рисунку А.13. Термопари розміщують вздовж зразка на відстані 1/5, 2/5, 3/5 і 4/5 по одній з кожного боку симетрично відносно одна до одної.

9.2.3 Для вимірювання температури в печі в області ненавантаженого зразка балки встановлюють 2 термопари посередині зразка по одній з кожного боку на відстані від 90 мм до 110 мм від поверхонь зразка.

9.2.4 Для вимірювання температури у печі в області навантаженого зразка колони встановлюють 6 термопар на відстані від 90 мм до 110 мм від поверхонь зразка. Термопари розміщують вздовж висоти зразка на відстані 1/4, 1/2, 3/4 по одній з кожного боку симетрично відносно одна до одної.

9.2.5 Для вимірювання температури в області ненавантажених зразків колони у печі встановлюють по 2 термопари для кожної колони. Термопари встановлюють посередині висоти зразка колони по одній з кожного боку на відстані від 90 мм до 110 мм від стінок колони.

9.2.6 Для вимірювання температури на стінці та полках сталевого профілю навантаженого зразка балки розміщують 30 основних термопар на відстані 1/4, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4 по довжині зразка з протилежних боків стінки балки з боку вогневого впливу. Термопари розміщують на відстані, не меншій за 150 мм від місць навантаження від елементів жорсткості.

Додатково 12 термопар закріплюють на верхній поверхні нижнього фланця балки, які розміщують по одній посередині між основними термопарами та по одній посередині відстані між крайніми основними термопарами і центрами опор балок. Приклад розміщення термопар наведено на рисунку А.9.

9.2.7 Для вимірювання температури на сталевому профілі ненавантаженого зразка балки розміщують 12 термопар на відстані 1/3 і 2/3 по довжині зразка з протилежних боків стінки балки з боку вогневого впливу та по центрах внутрішніх поверхонь полиць балки з боку вогневого впливу.

9.2.8 На сталевому профілі навантаженого зразка кожної колони встановлюють 12 термопар симетрично з двох протилежних боків на відстані 200 мм ±10 мм від верху колони та на відстані 1/6, 1/3, 1/2, 2/3, і 5/6 вздовж висоти колони.

9.2.9 На сталевому профілі високої колони встановлюють 12 термопар симетрично з двох протилежних боків на відстані 200 мм ±10 мм від верху колони та на відстані 1/6, 1/3, 1/2, 2/3 і 5/6 вздовж висоти колони відповідно до рисунка А.8.

9.2.10 На сталевому профілі короткої колони встановлюють 6 термопар симетрично з двох протилежних боків на відстані 200 мм ±10 мм від верху колони та посередині колони.

9.3 Установлення приладів для вимірювання надлишкового тиску в печі

Прилади для вимірювання надлишкового тиску в печі встановлюються відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4 або до стандартів на методи випробувань на вогнестійкість конструкцій конкретних типів.

9.4 Установлення приладів для вимірювання навантаження та деформацій

Прилади для вимірювання прогину зразків балок і повздовжнього відхилення зразків колон, які випробовуються під навантаженням, розміщують відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-4 або до стандартів на методи випробувань на вогнестійкість конструкцій конкретних типів.

Апаратура для вимірювання величини навантаження та її розміщення має відповідати вимогам ДСТУ Б В.1.1-4 або стандартам на методи випробувань на вогнестійкість конструкцій конкретних типів.

9.5 Проведення випробувань

9.5.1 Початок випробування – згідно з ДСТУ Б В.1.1-4.

9.5.2 У процесі випробування вимірювання і реєстрування температури та надлишкового тиску у печі, температури на зразках (балок та колон під навантаженням, балок та колон без навантаження) необхідно проводити згідно з ДСТУ Б В.1.1-4 або з стандартами на методи випробувань конкретних типів будівельних конструкцій на вогнестійкість.

Температуру у печі в області ненавантажених зразків балки необхідно контролювати і реєструвати за усіма термопарами, розміщеними відповідно до 9.2.2.

Якщо у печі одночасно випробовують навантажені та ненавантажені балки, балки без навантаження і колони без навантаження, то температуру в печі контролюють за показаннями термопар, які розміщені відповідно до 9.2.5 в області ненавантажених зразків колон.

Якщо у печі одночасно випробовують колони під навантаженням і / або короткі колони і/або високу колону, то температуру у печі контролюють за показаннями термопар, що розміщені відповідно до 9.2.5 в області ненавантажених зразків колон.

Якщо випробовують тільки зразки навантажених колон, то температуру у печі контролюють за показаннями термопар, які розміщені в області цих колон відповідно до 9.2.4.

9.5.3 Під час випробувань навантажених зразків балок деформації контролюють відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4 до досягнення значення прогину *L/30*, після чого навантаження необхідно зняти.

Якщо після чотирьох годин випробування величини прогину *L/30* не було досягнуто, то величину навантаження збільшують кожної додаткової хвилини на 2 % від значення прикладеного навантаження до досягнення значення деформації *L/30* або протягом не більше 15 хв.

9.5.4 Під час випробувань зразків колон під навантаженням навантаження на зразку має бути до досягнення граничного значення повздовжнього зміщення або граничного значення швидкості наростання вертикальних деформацій, після чого навантаження знімають.

9.5.5 Спостереження за зразками під час випробувань проводять відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-4.

9.5.6 Випробування мають продовжуватися до досягнення на всіх сталевих елементах зразків температури, що визначена у 8.1, або до досягнення часу, який визначений у технічній документації на зразки.

9.5.7 Випробування припиняються достроково відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4.

9.5.8 Під час проведення випробувань можуть бути отримані помилкові результати вимірювання температури через пошкодження термопар, анормальну поведінку вогнезахисту, неправильне виготовлення зразка тощо. У цьому разі результати випробувань вважаються достатніми для оцінювання, якщо:

– для навантажених балок є дійсними не менше шести результатів із 10 термопар на верхній полиці, не менше трьох результатів із п'яти термопар на стінці балки та не менше 12 результатів із 16 термопар на нижній полиці;

– для ненавантажених балок є дійсними не менше ніж по два результати із чотирьох термопар на верхній полиці, із чотирьох термопар на стінці та з чотирьох термопар на нижній полиці;

– для навантажених колон та високої колони є дійсними не менше ніж 20 результатів із 30 термопар на колоні, при цьому не менше ніж по два результати належать термопарам, які розташовані на кожній полиці та стінці профілю;

– для коротких колон є дійсними не менше ніж 6 результатів із 10 термопар на кожній колоні.

9.5.9 Для отримання достовірного оцінювання вогнезахисної здатності необхідно, щоб під час випробування мали правильні результати не менше дев'яти з 10 зразків коротких колон, не менше 16 зразків з 18 коротких колон та не менше 22 з 26 зразків.

9.5.10 За результатами випробувань мають бути отримані такі дані:

– результати вимірювань розмірів зразків, їх товщини, густини та вологості – відповідно до 7.7.3 та 7.7.4;

– результати усіх вимірювань температури у печі та їх середнє значення, надані у табличному та графічному вигляді та порівняні з нормованими значеннями – відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4;

– результати вимірювань надлишкового тиску у печі;

– результати вимірювань температури сталевого елемента зразків та їх середні значення, надані у табличному та графічному вигляді, з урахуванням вимог 9.5.8, 9.5.9 цього стандарту щодо правильності отриманих результатів;

– результати вимірювань та середнє значення деформацій зразків балок, що були випробуван під навантаженням і надані у табличному та графічному вигляді. Якщо навантаження було зняте відповідно до 9.5.3, – то час, коли це відбулося;

– результати вимірювання і середнє значення всіх вимірювань повздовжнього відхилення навантажених зразків колон, надані у табличному та графічному вигляді. Якщо навантаження було знято відповідно до 9.5.4, – то час, коли це відбулося;

– результати спостережень під час проведення випробувань щодо поведінки зразків.

Усі результати мають бути надані у графічному та табличному вигляді на паперовому та електронному носіях.

10 ОФОРМЛЕННЯ ДАНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Дані випробувань оформлюють протоколом відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4. У протоколі додатково мають бути також наведені такі відомості:

– повне описання вогнезахисного покриття та способу його нанесення;

– ескізи, фотографії та описання зразків, при цьому мають бути вказані марка сталі, товщина, густина та вологість вогнезахисного покриття;

– умови кріплення зразків у печі;

– результати вимірювань відповідно до 9.5.8;

– описання поведінки зразків у процесі випробування, включаючи час, коли пошкодження відбулося;

– величина навантаження зразків;

– необхідність припинення випробувань і час, коли це припинення відбулося;

– результати випробувань, проведених у температурному режимі повільного нагрівання відповідно до додатка Б у разі, якщо таке випробування відбулося.

Як додаток до протоколу випробувань має бути надана копія технічної документації на зразки з вогнезахисним покриттям, представлена замовником.

11 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Під час проведення випробування необхідно забезпечувати вимоги безпеки згідно з ДСТУ Б В.1.1-4.

12 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ

12.1 Загальні вимоги

12.1.1 Результати вимірювань температури зразків коротких колон використовують як основні для отримання залежностей між проміжком часу до досягнення нормованої температури сталі, товщиною вогнезахисного покриття й профільного (коробчастого) коефіцієнта перерізу. Результати цих вимірювань коригують за допомогою коригувальних коефіцієнтів, які отримують порівнянням результатів вимірювань температури зразків, які випробувані під навантаженням та без навантаження. Ці коефіцієнти характеризують здатність до злипання (зчеплення) вогнезахисного покриття з металевою поверхнею.

12.1.2 Початковий аналіз даних випробувань проводять шляхом розв'язання диференційного рівняння або методом числової регресії. Після цього як альтернативний може бути використаний графічний метод. Для кожного методу необхідно мати мінімальну кількість точок для інтерполяції. У кожному випадку за аналізом, проведеним відповідно до рисунка А.4, має бути визначений метод, який найбільше підходить за визначеними критеріями прийнятності, оскільки єдиного (уніфікованого) методу оцінювання характеристики вогнезахисної здатності, який може бути застосований для всіх типів вогнезахисних покриттів, не існує.

12.1.3 У цьому стандарті прийнято, що пакет результатів з оцінювання вогнезахисної здатності покриття методами математичного аналізу з використанням результатів випробувань, отриманих випробуванням зразків, обраних відповідно до розділу 7 цього стандарту, відноситься до трьох- та чотирьохбічного застосування покриття для вогнезахисту несучих будівельних металевих конструкцій.

12.1.4 Для трьох- та чотирьохбічного захисту із застосуванням пасивного вогнезахисного покриття оцінювання вогнезахисної здатності цього покриття повинно проводитись за даними, які отримані під час випробування двох зразків балок під навантаженням, двох зразків балок без навантаження й набору зразків коротких колон.

12.1.5 Для трьох- та чотирьохбічного захисту із застосуванням реактивного вогнезахисного покриття оцінювання цього покриття повинно проводитись за даними, отриманими під час випробування двох зразків балок під навантаженням, двох зразків балок без навантаження, зразка високої колони без навантаження й набору зразків коротких колон.

12.1.6 Для чотирьохбічного захисту колон пасивним або реактивним вогнезахисним покриттям оцінювання повинно проводитись за даними, отриманими під час випробування двох колон під навантаженням і набору коротких колон.

Розділ 12 відноситься тільки до випробувань навантажених балок. Якщо будуть використані навантажені колони, то тоді текст і символи у цьому розділі необхідно замінити так: слово "балки" на слово "колони", символи LB на LC; θ_{LC} на θ_{LB}; $k(\theta_{LB})$ на $k(\theta_{LC})$ тощо.

12.2 Оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів

12.2.1 Загальні вимоги

Результати вимірювань температури сталевих елементів зразків колон чи балок, які випробуван під навантаженням, треба коригувати через наявність місць з високими температурами (див. 12.2.2) Результати вимірювань температури сталевих елементів зразків, які випробувані без навантаження треба коригувати (див. 12.2.3) через деякі розбіжності між значеннями товщини вогнезахисного покриття, нанесеного на них і на еквівалентні до них зразки, які випробувані під навантаженням (далі - відповідно навантажені зразки та ненавантажені зразки). За цими даними відповідно до 12.2.4 цього стандарту визначають коригувальний коефіцієнт $k(\theta)$, який характеризує здатність до злипання (зчеп лення) вогнезахисного покриття з металевою поверхнею зразка.

За результатами порівняння товщин покриття кожного навантаженого зразка й еквівалентного йому ненавантаженого зразка повинно бути визначено коефіцієнт $k_d(\theta)$, який враховує залежність коефіцієнта $k(\theta)$ від товщини вогнезахисного покриття.

Результати вимірювань температури, що отримані під час випробувань тільки коротких колон використовують як основні для оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття. Ці дан необхідно коригувати за здатністю до злипання за формулою (12.4) й оцінювати за алгоритмом наведеним на рисунку А.4.

12.2.2 Температура сталевих елементів зразка

За температурними даними, отриманими відповідно до розділу 9.5 і наведеними у протокол випробувань відповідно до розділу 10 цього стандарту, для кожного набору термопар, розміщених на верхній полиці, стінці й нижній полиці зразків балок, що були випробувані під навантаженням та бе нього (аналогічні дані отримують для колон), визначають:

– середнє значення температури для всіх індивідуальних термопар;

– графік зростання температур до максимальної для кожної з термопар, на якій таке зростанн зареєстроване.

Для кожного зразка балок, що були випробувані під навантаженням та без нього (далі – від повідно навантажені балки та ненавантажені балки) визначають загальне середнє значення й мак симальну температуру для всіх зазначених розміщень термопар. Результати повинні бути пред ставлені графічно відповідно до 9.5.8 (аналогічні дані мають бути отримані для колон). За цим результатами визначають характеристичну температуру сталевого елемента всіх зразків: наван таженої (θ_{LB}) та ненавантаженої балки (θ_{UB}), навантаженої колони (θ_{LC}), ненавантаженої високо колони (θ_{TC}) або ненавантаженої короткої колони (θ_{SC}). Цю температуру розраховують як середн значення між максимальною температурою й загальною середньою температурою, що отримана з результатами вимірювання температури кожного зразка всіма термопарами у всіх часових інтер валах. Характеристичну температуру сталевого елемента навантаженого та ненавантаженого зра ків балки використовують під час розрахунків коригувального коефіцієнта для оцінювання здатнос до злипання за 12.2.4.

Для оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття (див. 12.5) завжди викори товують середнє значення температури сталевого елемента зразка короткої колони (θ_{SC}) для вс часових інтервалів.

12.2.3 Коригування температурних даних через вплив розбіжності у товщині покриття на на вантаженому та еквівалентному йому ненавантаженому зразку

Приклад коригування температурних даних через розбіжності у товщині покриття навантажен та ненавантажених зразків наведено у додатку Г.

Не завжди можливо отримати точну корекцію між навантаженою та еквівалентною ненава таженою балками через труднощі отримання точних значень товщини деяких типів вогнезахисн покриттів. Щоб компенсувати розходження в товщині вогнезахисного покриття на навантажен та еквівалентній ненавантаженій балках, зростання температури ненавантаженої балки коригуют одним з методів оцінювання теплових характеристик покриття, а саме:

а) методом диференційного рівняння за 12.5 і додатком Д при змінній λ (розраховується) та (задається). Для цього треба розрахувати для кожної ненавантаженої балки ефективну теплопр відність вогнезахисного покриття λ_p як функцію часу $\lambda_{p,t}(t)$, використовуючи рівняння (Д. 2), в яко використовують дійсне значення товщини d_{UB} вогнезахисного покриття на ненавантаженій бал Для визначення відкоригованої характерної температури $\theta_{c(UB)}$ кожної ненавантаженої балки вик

ристовують диференційне рівняння (Д.1), розраховану величину теплопровідності $\lambda_{p,t}$ і товщину (d_{LB}) вогнезахисного покриття на еквівалентній навантаженій балці;

б) методом уточненого диференційного рівняння за 12.5 і додатком Л при змінній λ (розраховується) та сталій C (розраховується). Для цього треба розрахувати для кожної ненавантаженої балки ефективну теплопровідність вогнезахисного покриття λ_p для проектних температур сталі θ_d у діапазоні від 350 °С до 750 °С в інтервалах, що дорівнюють 50 °С, використовуючи рівняння (К.1) – (К.4) або (К.5) – (К.7) (див. додаток К) з дійсним значенням товщини d_{UB} вогнезахисного покриття на ненавантаженій балці. Підібрати значення ефективної теплопровідності вогнезахисного покриття λ_p та теплоємності покриття C_p, використовуючи метод найменших квадратів і рівняння (Г.2), у якому коефіцієнт $C_2 = 0$. Для визначення скоригованої температури $\theta_{c(UB)}$ кожної ненавантаженої балки використовують рівняння (К.1) – (К.4) або (К.5) – (К.7), наданих у додатку К, розраховані величини $\lambda_{p,t}$, C_{pt} і товщину d_{LB} вогнезахисного покриття на навантаженій еквівалентній балці;

в) методом диференційного рівняння за 12.5 і додатком Е при сталій λ (розраховується) та сталій C (задається). Для цього треба розрахувати для кожної ненавантаженої балки ефективну теплопровідність вогнезахисного покриття λ_p для проектних температур сталі θ_d у діапазоні від 350 °С до 750 °С в інтервалах, що дорівнюють 50 °С, використовуючи рівняння (Г.1) з дійсним значенням товщини d_{UB} вогнезахисного покриття на ненавантаженій балці. Підібрати значення λ_p, використовуючи метод найменших квадратів і рівняння (Г.2), в якому коефіцієнт $C_2 = 0$.

Для визначення скоригованої температури $\theta_{c(UB)}$ кожної ненавантаженої балки використовують диференційне рівняння (Е.1), розраховану величину $\lambda_{p,t}$ і товщину d_{LB} вогнезахисного покриття на навантаженій еквівалентній балці;

г) методом уточненого диференційного рівняння за 12.5 і додатком К при сталій λ (розраховується) та сталій С (розраховується). Для цього треба розрахувати для кожної ненавантаженої балки λ_p та C_p для проектних температур сталі θ_d у діапазоні від 350 °С до 750 °С в інтервалах, що дорівнюють 50 °С, використовуючи рівняння (К.1) – (К.4) або (К.5) – (К.7) (див. додаток К) з дійсним значенням товщини d_{UB} вогнезахисного покриття на ненавантаженій балці. Підібрати значення λ_p та C_p, використовуючи метод найменших квадратів і рівняння (К.1) – (К.4) або (К.5) – (К.7) (див. додаток К та К.3.1.1). Для визначення скоригованої характерної температури $\theta_{c(UB)}$ кожної ненавантаженої балки використовують рівняння (К.1) – (К.4) або (К.5) – (К.7) (див. додаток К), розраховані величини $\lambda_{p,t}$, C_{pt} і товщину d_{LB} вогнезахисного покриття на навантаженій еквівалентній балці;

д) методом регресивного числового аналізу згідно з 12.5 та додатком Ж. Для цього треба розрахувати для кожної ненавантаженої балки постійні від a_0 до a_7 розв'янням рівняння методу числової регресії (Ж.2), використовуючи дійсне значення товщини d_{UB} вогнезахисного покриття на ненавантаженій балці. Для визначення скоригованої характеристичної температури $\theta_{c(UB)}$ кожної ненавантаженої балки, використовують рівняння методу числової регресії (Ж.2), розраховані постійні від a_0 до a_7 і товщину d_{LB} вогнезахисного покриття на еквівалентній навантаженій балці;

е) графічним методом згідно з 12.5 та додатком И. Для цього треба розрахувати скориговану характеристичну температуру $\theta_{c(UB)}$ ненавантаженої балки за формулою:

$$\theta_{c(UB)} = 140 + (\theta_{UB} - 140) \times \left[\frac{d_{UB}}{d_{LB}}\right]^{0,77}. \qquad (12.1)$$

Скориговане значення температури кожної ненавантаженої балки використовують в якості основного для корекції всіх даних вимірювань температури, як описано в 12.2.4.

12.2.4 Коригування даних вимірювань температури через вплив здатності вогнезахисного покриття до злипання (зчеплення)

12.2.4.1 Коригувальний коефіцієнт для оцінювання здатності до злипання (зчеплення) розраховують для місць з високою температурою сталі на зразку через локальне порушення вогнезахисного покриття під час випробувань. Цей коригувальний коефіцієнт визначають шляхом порівняння характеристичних температур, визначених на навантажених і ненавантажених балках.

12.2.4.2 Якщо в будь-який момент часу характеристична температура сталевого елемента кожної навантаженої балки перевищує характеристичну температуру еквівалентної ненавантаженої балки, необхідно застосувати пропорційний коригувальний коефіцієнт $k(\theta)$ для коригування всіх результатів вимірювань температури, які отримані під час випробувань коротких колон (див. формулу (12.4), перш ніж проводити оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття відповідно до 12.4.

12.2.4.3 Коригувальний коефіцієнт $k(\theta)$ для кожної навантаженої балки розраховують у темпе ратурних інтервалах, які відповідають прийнятій процедурі розрахунку, і використовують під ча проведення математичного аналізу.

Коефіцієнт $k(\theta)$ розраховують для навантаженої балки на основі відповідної характеристичнс температури ненавантаженої балки або на основі характеристичної температури ненавантажено балки, відкоригованої за товщиною відповідно до 12.2.3, використовуючи співвідношення:

$$k(\theta) = \frac{\theta_{LB}}{\theta_{c(UB)}}. \qquad (12.2$$

Якщо $\frac{\theta_{LB}}{\theta_{c(UB)}} < 1$, то приймають $k(\theta) = 1$.

У разі, коли для кожного з двох випробувань навантажених зразків величини $k(\theta)$ будуть від різнятися, у розрахунках передбачається, що $k(\theta)$ змінюється лінійно з товщиною покриття, тобто:

$$k_d(\theta) = \left[\frac{k_{\max}(\theta) - k_{\min}(\theta)}{(d_{\max} - d_{\min})}\right] \times (d_i - d_{\min}) + k_{\min}(\theta). \qquad (12.3$$

Отримані значення коригувального коефіцієнта $k_d(\theta)$ залежно від $\theta_{c(UB)}$ можуть бути пред ставлені графічно для полегшення визначення $k_d(\theta)$ для інших температур сталі.

Середні значення температури на сталевому елементі кожної короткої колони θ_{SC} повинні бут відкориговані за допомогою відповідного коригувального коефіцієнта $k_d(\theta)$ у такий спосіб:

$$\theta_{m(SC)} = k_d(\theta) \times \theta_{SC}. \qquad (12.4$$

В цьому випадку подальший аналіз проводять на базі відкоригованої середньої температур $\theta_{m(SC)}$.

Для чотирьохбічного захисту колон застосовують аналогічну процедуру з використанням хара теристичних температур, визначених за результатами випробувань зразків колон під навантаження та без навантаження.

12.3 Особливості визначення вогнезахисної здатності реактивних вогнезахисних покриттів

12.3.1 Виходячи з особливостей поведінки реактивних вогнезахисних покриттів в умовах пожеж крім даних випробувань, отриманих для пасивних вогнезахисних покриттів, необхідно мати додатко дані щодо здатності до злипання, які одержують під час випробування високої колони. Для оц нювання результатів випробувань, проведених для таких реактивних вогнезахисних покриттів, в користовують додаткові або альтернативні процедури. Ця оцінка результатів випробувань балок колон дещо відрізняється від наведеної вище. Результати такої оцінки представляють окремо.

12.3.2 Під час корекції результатів вимірювань, отриманих у місцях, де було відмічено різке пі вищення температури, характеристичну температуру сталевого елемента зразка для навантажен балок θ_{LB} або (якщо необхідно) навантажених колон θ_{LC} визначають так, як зазначено в 12.2.2.

12.3.3 Коригування температурних даних через вплив розбіжності у товщині покриття на різн сталевих профілях є складовою процедури коригування температур через вплив здатності до зл пання (зчеплення).

12.3.4 Коригування результатів вимірювань температури через вплив здатності вогнезахисно покриття до злипання (зчеплення)

12.3.4.1 Під час оцінювання характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисного покрит призначеного для нанесення як з трьох, так і з чотирьох боків конструкції, для оцінювання здатно покриття до злипання (зчеплення) результати вимірювань температури коригують за результата випробувань або високої колони, або навантажених балок. Для подальшого оцінювання викори товують найгірший результат, отриманий для $k_d(\theta)$ (див. 12.3.5).

Якщо результати оцінювання застосовують до вогнезахисного покриття, яке наноситься тільк чотирьох боків, температуру треба коригувати для визначення здатності покриття до злипання результатами випробувань навантажених колон, використовуючи процедури відповідно до 12.2.4.

12.3.4.2 Для коригування температури через вплив здатності вогнезахисного покриття до зл пання (зчеплення) за результатами випробування зразка ненавантаженої високої колони визначає коригувальний коефіцієнт для середніх значень температур $\theta_{(SC)}$ по всіх коротких колонах, ви ристовуючи дані вимірювань температури на ненавантаженій високій колоні в такий спосіб:

а) за результатами, отриманими на зразках коротких колон сталевого профілю НЕА 300 або йому еквівалентного (див. табл. 3), треба побудувати залежності характеристичної температури сталевих елементів зразків коротких колон $\theta_{(SC)}$ від товщини вогнезахисного матеріалу d_p в інтервали часу, прийняті у вимогах до методу оцінювання, або в максимальні 10-хвилинні інтервали;

б) за результатами випробувань зразка високої колони треба визначити характеристичну температуру високої колони θ_{TC} в еквівалентні інтервали часу, як зазначено в а);

в) для визначення дійсних значень товщини покриття, нанесеного на високу колону, треба визначити інтерпольовану характеристичну температуру для короткої колони (θ_{SC}) для кожного часового інтервалу;

г) коригувальний коефіцієнт $K_d(\theta_{TC})$ у кожному інтервалі часу визначають за формулою:

$$K_d(\theta_{TC}) = \frac{\theta_{TC}}{\theta_{SC}}. \qquad (12.5)$$

Якщо $\frac{\theta_{TC}}{\theta_{SC}} < 1$, тоді приймають $K_d(\theta_{TC}) = 1$;

д) для полегшення знаходження $K_d(\theta_{TC})$ для всіх інших температур сталі будують залежність $K_d(\theta_{TC})$ від θ_{SC}.

е) середні значення температури для кожної короткої колони θ_{SC} коригують за допомогою відповідного коригувального коефіцієнта за формулою:

$$\theta_{m(SC)} = K_d(\theta_{TC}) \times \theta_{SC}. \qquad (12.6)$$

Усі дані, які необхідні для математичного аналізу, повинні бути розраховані на основі відкоригованих (модифікованих) середніх значень температури сталі $\theta_{m(SC)}$.

12.3.4.3 За даними, отриманими під час випробувань зразків навантажених балок, коригувальний коефіцієнт, за яким коригують середні значення температур θ_{SC}, отриманих на зразках коротких колон, визначають у такій спосіб:

а) будують залежність характеристичних температур θ_{SC} коротких колон із сталевого профілю НЕА 300 (або його еквівалента, див. табл. 3) від товщини вогнезахисту d_p за інтервали часу, прийняті в методі оцінювання, або в максимальні 10-хвилинні інтервали, так само, як це зроблено для високої колони (див.12.3.4.2);

б) за результатами випробування кожної ненавантаженої балки визначають характеристичну температуру θ_{UB} за інтервали часу, еквівалентні інтервалам у переліку а);

в) для кожної ненавантаженої балки за кожен інтервал часу погоджують положення кривої, даної в а) цього пункту так, щоб вона проходила через точки, що відповідають товщині й характеристичній температурі для ненавантаженої балки, при цьому треба підтримувати форму кривої;

г) за результатами випробувань кожної навантаженої балки визначають характеристичну температуру балки θ_{LB} для кожного часового інтервалу;

д) для дійсного значення товщини покриття, яке нанесено на кожну навантажену балку, отримують інтерпольоване значення характеристичної температури для ненавантаженої балки θ_{UB} у кожному часовому інтервалі;

е) для кожної навантаженої балки визначають коефіцієнт $K_d(\theta_{LB})$ у кожному часовому інтервалі за формулою

$$K_d(\theta_{LB}) = \frac{\theta_{LB}}{\theta_{UB}}. \qquad (12.7)$$

Якщо $\frac{\theta_{LB}}{\theta_{UB}} < 1$, тоді приймають $K_d(\theta_{LB}) = 1$;

ж) якщо за результатами кожного випробування навантаженої балки будуть розбіжності в значеннях $K(\theta_{LB})$, то у цьому випадку припускають, що $K(\theta_{LB})$ змінюється лінійно з товщиною покриття, визначають коригувальний коефіцієнт $K_d(\theta_{LB})$ відповідно до 12.2.4 та будують його залежність від θ_{UB} для полегшення знаходження $K_d(\theta_{TC})$ для всіх інших температур сталі;

і) середні значення температури для зразків коротких колон θ_{SC} коригують за допомогою коригувального коефіцієнта в такий спосіб:

$$\theta_{m(SC)} = K_d(\theta_{LB}) \times \theta_{SC}. \qquad (12.8)$$

Усі дані для математичного аналізу отримують на основі відкоригованих середніх значень температур сталі (θ_{msc}).

12.3.5 Вибір k_d (θ)

Для оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття, яке наносять на конструкцін як з трьох, так і чотирьох боків, для визначення величини $\theta_{m(sc)}$ необхідно обрати найбільший коригувальних коефіцієнтів $K_d(\theta_{LB})$ і $K_d(\theta_{TC})$.

12.4 Подання даних випробувань, які будуть використані під час оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття

Для оцінювання методами математичного аналізу характеристики вогнезахисної здатності покриття повинні бути подані дані, що були отримані під час випробувань й відкориговані відповідно до 12.1, 12.2, 12.3, а саме:

а) для навантажених профілів – відповідна характеристична температура сталевої балки θ_L (або характеристична температура сталевої колони θ_{LC}, якщо її використовують), яка визначена відповідно до 12.2.2 й 12.3.2;

б) товщина вогнезахисного покриття d_{UB}, нанесеного на кожну ненавантажену балку, – відпо відно до 12.2.3;

в) характеристична температура θ_{UB} ненавантажених балок, відкоригована, якщо необхідно, я $\theta_{c(UB)}$ за розбіжностями у товщині вогнезахисного покриття на навантаженій і ненавантаженій бал ках відповідно до 12.2.3;

г) коригувальні коефіцієнти $K_d(\theta_{LB})$ (якщо використовується висока колона, то й $K_d(\theta_{TC})$), як визначені за характеристичною температурою сталі навантаженої балки (або високої колони) і тем пературою еквівалентної ненавантаженої балки (або короткої колони);

д) модифікована середня температура $\theta_{m(sc)}$ для всіх коротких сталевих колон, для визначенн якої застосований коригувальний коефіцієнт $K_d(\theta_{LB})$ або $K_d(\theta_{TC})$.

12.5 Процедура оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриттів

12.5.1 Загальні вимоги

Оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття має проводитися одним з наступних способів на базі відкоригованих середніх значень температури сталевого елемента кожно короткої колони ($\theta_{m(sc)}$). Для будь-якого способу оцінювання повинна бути випробувана мінімальн кількість коротких колон (обраних відповідно до таблиць 3 – 13, наведених у розділі 7 цього стандарту

Критерії прийнятності оцінювання методів й обмеження щодо використання цих методів наведені у 12.6 й 12.7.

12.5.2 Метод диференційного рівняння

Під час використання цього методу може бути застосовано два альтернативних підходи до аналізу, які наведені в додатках Д, Е, пов'язаних з ENV 1993-1-2 [3], а також у додатках К та Л.

У методі зі змінними λ та C (додаток Д та Л) оцінювання проводять за всіма відкоригованим значеннями середніх температур сталевого елемента кожної короткої колони ($\theta_{m(sc)}$), отриманими початку випробування.

У методі зі сталою λ (додаток Е та К) оцінювання проводиться, починаючи з відкоригованої значення середньої температури сталевого елемента кожної температури 350 °С і вище.

Для цього методу необхідно випробувати мінімум 10 сталевих коротких колон (див. табл. 3). Якщ необхідні додаткові точки, то має бути додатково випробувано вісім (див. табл. 6) або 16 (див. табл. 1 зразків.

12.5.3 Метод числової регресії

Аналіз методом числової регресії проводять відповідно до додатка Ж і використовують дані щод температури, товщини, коефіцієнта перерізу й часу. Оцінювання повинно проводитися, починаючи з ві коригованого значення середньої температури сталевого елемента кожної температури 350 °С і вище.

Для цього методу необхідно випробувати мінімум 10 коротких сталевих колон (див. табл. 3). Якщ необхідно, то випробовують додатково вісім (див. табл. 6) або 16 зразків (див. табл. 10).

12.5.4 Метод графічного аналізу

Процедура за методом графічного аналізу наведена у додатку И, де наведені правила побудо графіків за точками. Оцінювання повинно проводитися, починаючи з відкоригованого значен середньої температури сталевого елемента кожної температури 350 °С і вище. Необхідно випр бувати мінімум 18 зразків коротких колон (див. табл. 6). Якщо необхідно, то додатково випробовую ще вісім зразків (див. табл. 10).

12.6 Прийнятність методу, що був використаний для визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів

12.6.1 Критерії прийнятності

Прийнятність аналізу, проведеного до максимальної температури (350 °С і вище), яка була досягнута під час випробувань (відповідно до 9.5.6), оцінюють на підставі наступного:

а) для кожної короткої колони розраховане значення часу досягнення проектної температури, яке визначено за температурами, відкоригованими за розбіжностями по товщині покриття на зразках та за здатністю покриття до злипання, не повинно перевищувати більше ніж на 30 % значення часу досягнення проектної температури під час випробувань;

б) середнє значення величини розбіжностей (в %) в часі досягнення проектної температури для кожної короткої колони, розрахованих за а), повинно бути меншим за нуль;

в) максимум 20 % індивідуальних значень усіх розбіжностей в %, розрахованих за а), повинні бути більшим за нуль.

12.6.2 Модифікація аналізу

Модифікація аналізу може бути виконана одним з таких способів:

а) методом диференційного рівняння (змінне й стале значення λ та C).

Якщо критерії згідно з 12.6.1 не задоволені, то розрахунок можна повторити, використовуючи процедури, дані в додатках Д, Е, К та Л;

б) методом числової регресії.

Якщо критерії згідно з 12.6.1 не задоволені, то розрахунок може бути повторений за процедурою, наведеною в додатку Ж.

12.7 Прийнятність результатів оцінювання характеристики вогнезахисної здатності покриття, яке застосовують для захисту конструкцій з трьох та чотирьох боків

Якщо результати оцінювання характеристики вогнезахисної здатності базуються тільки на випробуванні навантажених балок без випробувань високої сталевої колони, то вони можуть бути застосовані для вогнезахисного покриття, яке використовують для захисту сталевих профілів з чотирьох боків за умови виконання критеріїв відповідно до 12.6. Якщо розрахований час досягнення проектної температури для навантаженої балки не перевищує фактичний час випробувань більше ніж на 10 %, тоді результати аналізу можуть застосовуватися для трьох- та чотирьохстороннього захисту сталевих профілів.

Якщо розрахований час досягнення проектної температури для ненавантаженої балки перевищує фактичний час випробування більше ніж на 10 %, то аналіз для цієї проектної температури може бути проведений відповідно до 12.6.2. Може бути проведене альтернативне випробування окремого набору зразків, що включає короткі сталеві балки для того, щоб одержати додаткову інформацію зі сталевих елементів, захищених з трьох боків.

Якщо результати оцінювання характеристики вогнезахисної здатності проводились за даними випробування навантажених балок і високої сталевої колони, то вони можуть бути застосовані для трибічного вогнезахисту, якщо використаний коригувальний коефіцієнт, визначений за даними результатів випробувань навантажених балок (див. 12.3.4.3), а для чотирьохбічного вогнезахисту – коригувальний коефіцієнт, визначений за даними випробувань високої колони (див. 12.3.4.2). В обох випадках необхідне виконання критеріїв прийнятності, наведених у 12.6.

13 ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ

13.1 Результати оцінювання за цим стандартом використовують для вогнезахисних покриттів у діапазоні випробуваних товщин вогнезахисного покриття, коефіцієнтів перерізів сталевих профілів і максимальної температури, до досягнення якої проводились випробування. Час досягнення проектної температури під час випробувань та під час оцінювання обмежений максимальним часом випробування або більш коротким періодом.

13.2 Результати оцінювання використовують для таких вогнезахисних покриттів, для яких коефіцієнти перерізу сталевих профілів, товщина покриття та проектні температури знаходяться у діапазонах, вказаних у таблиці 14.

Таблиця 14 – Допустимі відхилення

Метод оцінювання	Диференційний (змінна λ)	Диференційний (стала λ)	Числовий	Графічний аналіз
Додаток	Д, Л	Е, К	Ж	И
Відхилення коефіцієнта перерізу A_m/V	Від мінус 20 % до 50 %	Від мінус 20 % до 50 %	Від мінус 10 % до 10 %	± 0 %
Відхилення товщини вогнезахисного покриття	Від мінус 20 % до 20 %	Від мінус 5 % до 5 %	Від мінус 5 % до 5 %	± 0 %
Відхилення проектної температури	Від 0 % до 10 %	Від 0 % до 7,5 %	Від 0 % до 5 %	± 0 %

13.3 Результати оцінювання використовують тільки для таких способів фіксації вогнезахисног покриття на конструкції, які мали місце під час випробувань. У разі використання інших способі фіксації потрібні додаткові випробування.

14 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТЯ

Результати оцінювання вогнезахисної здатності покриття оформлюють протоколом (або звітом в якому мають бути надані такі відомості:

а) назва та адреса організації, а також особи, яка проводить оцінювання;

б) дата проведення оцінювання;

в) посилання на випробувальну лабораторію, яка проводила випробування, її адресу, номер і да протоколу випробувань;

г) опис вогнезахисного покриття та способу його нанесення на конструкцію з посиланням н нормативний документ (ТУ, стандарт тощо), а також дані щодо виробника цього покриття; якщо дея дані відсутні, то про це має бути вказано у протоколі (звіті);

д) умови кондиціювання зразків та умови їх встановлення у печі;

е) загальний опис зразка, який містить опис виготовлення зразків та спосіб нанесення вогн захисного покриття на конструкцію, технічні рисунки, розміри зразків, їх фото, дані про густин товщину, вологість зразків і методи їх визначення;

ж) метод оцінювання й обґрунтування використання саме цього методу; значення характ ристичної температури сталевого елемента зразка і середні значення температури сталі відповідно д 12.2.2 і 12.2.3; значення коригувальних коефіцієнтів, які використовують для коригування темп ратури коротких колон з урахуванням здатності до злипання відповідно до 12.2.4 і 12.3.4 та кінце значення модифікованих середніх температур коротких колон, які використовують під час оцінюван характеристики вогнезахисної здатності;

і) значення теплових характеристик, які необхідні для розрахунку за обраним методом оц нювання;

к) для диференційного методу оцінювання (якщо такий використовується) – змінення ефективн теплопровідності як функції температури та значення C_p і $\rho_{protection}$, значення модифікованих ко фіцієнтів (метод з λ, яка змінюється) або модифікованих значень C_0 (метод з λ, яка не змінюється

л) для аналізу методом числової регресії (якщо такий використовується) значення деяких лінійн коефіцієнтів, які використовують для перевірки критерію відповідно до 12.6;

м) для методу графічного аналізу (якщо такий використовується) – аналіз, який підтвердж близькість до критеріїв, що визначені у 12.6. Наведені графіки мають включати:

– для даної проектної температури час досягнення цієї проектної температури як функц коефіцієнта перерізу для відповідної товщини вогнезахисного покриття (див. рис. А. 14);

– для нормованих значень межі вогнестійкості величину проектної температури як функції ко фіцієнта перерізу для відповідної товщини вогнезахисного покриття (див. рис. А. 15);

н) за результатами оцінювання мають бути отримані таблиці і графіки для нормованих значе межі вогнестійкості 15, 30, 60, 90, 120, 180 та 240 хв. У кожній таблиці та графіку наводять мінімаль значення товщин вогнезахисного покриття, яке забезпечує вогнезахист сталевих конструкцій з ко фіцієнтами перерізу A_m/V, наданих з інтервалом 20 м$^{-1}$ для проектних температур 350 °С, 400 °

450 °С, 500 °С, 550 °С, 600 °С, 650 °С, 700 °С, 750 °С (та більше, якщо необхідно). У таблиці 15 наведено форму подання результатів оцінювання вогнезахисної здатності покриття.

Таблиця 15 – Форма подання результатів оцінювання

Проектна температура, °С	350	400	450	500	550	600	650	700	>700
	Межа вогнестійкості R 30								
Коефіцієнт перерізу A_m/V	Товщина вогнезахисного покриття, за якої температура нижча за проектну								
40									
60									
80									
100									
....									
400									

Як додаток до протоколу оцінювання характеристики вогнезахисної здатності має бути надана копія технічної документації на зразки з вогнезахисним покриттям, для якого проведено оцінювання.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

РИСУНКИ ДО ТЕКСТУ СТАНДАРТУ

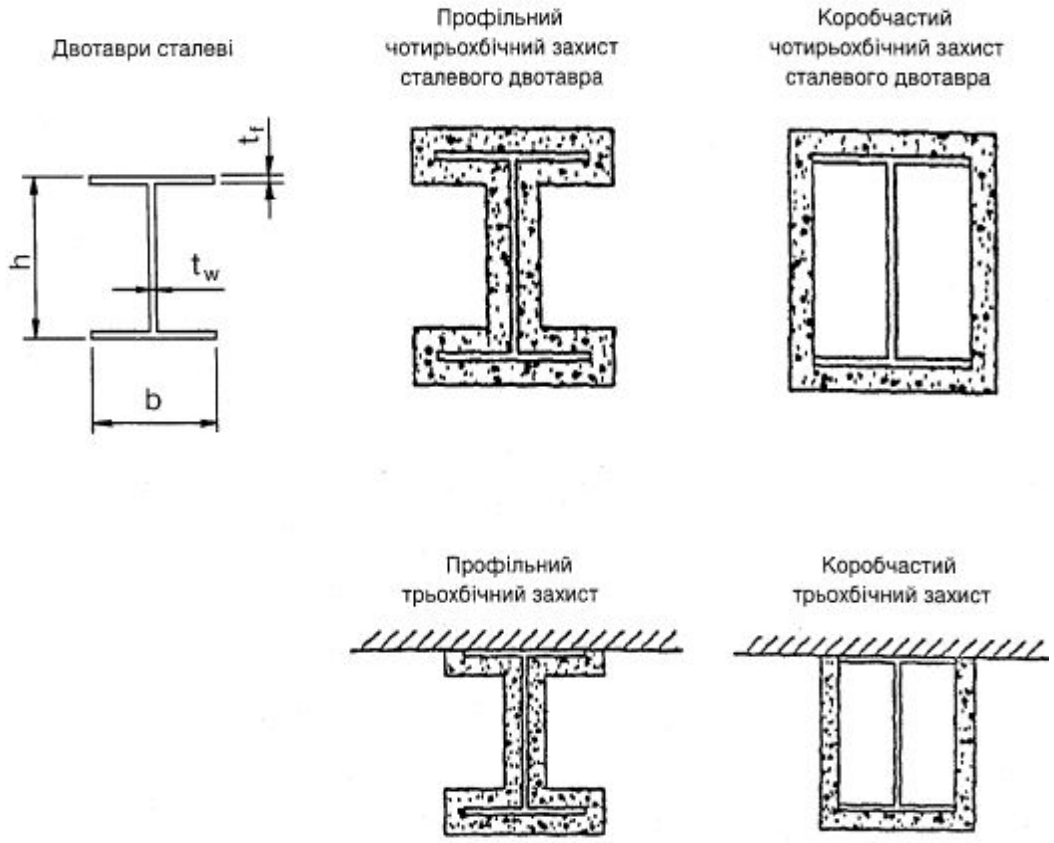

Рисунок А.1 – Приклад профільного та коробчастого захисту сталевих двотаврів

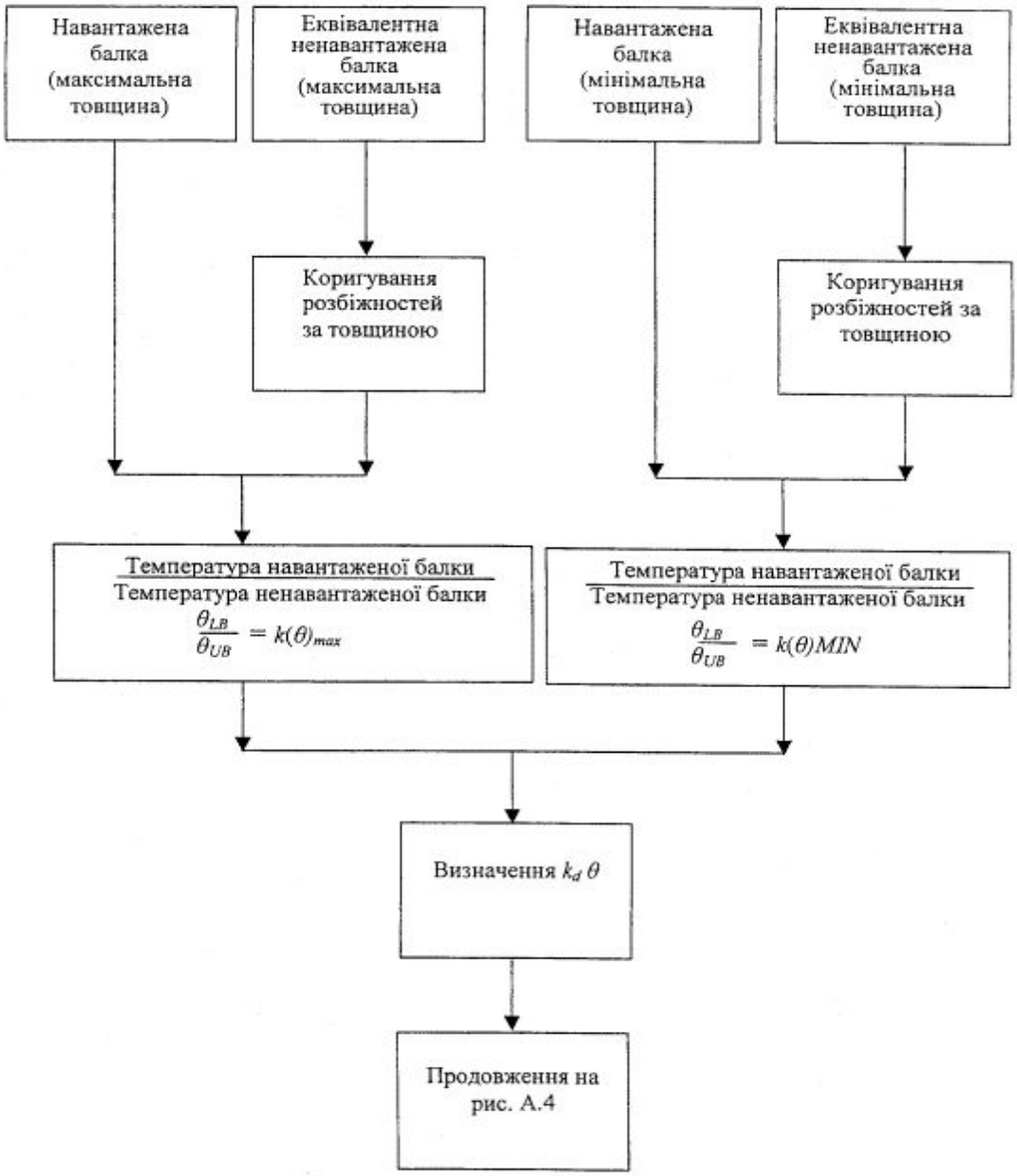

Рисунок А.2 – Порядок випробувань пасивного вогнезахисного покриття

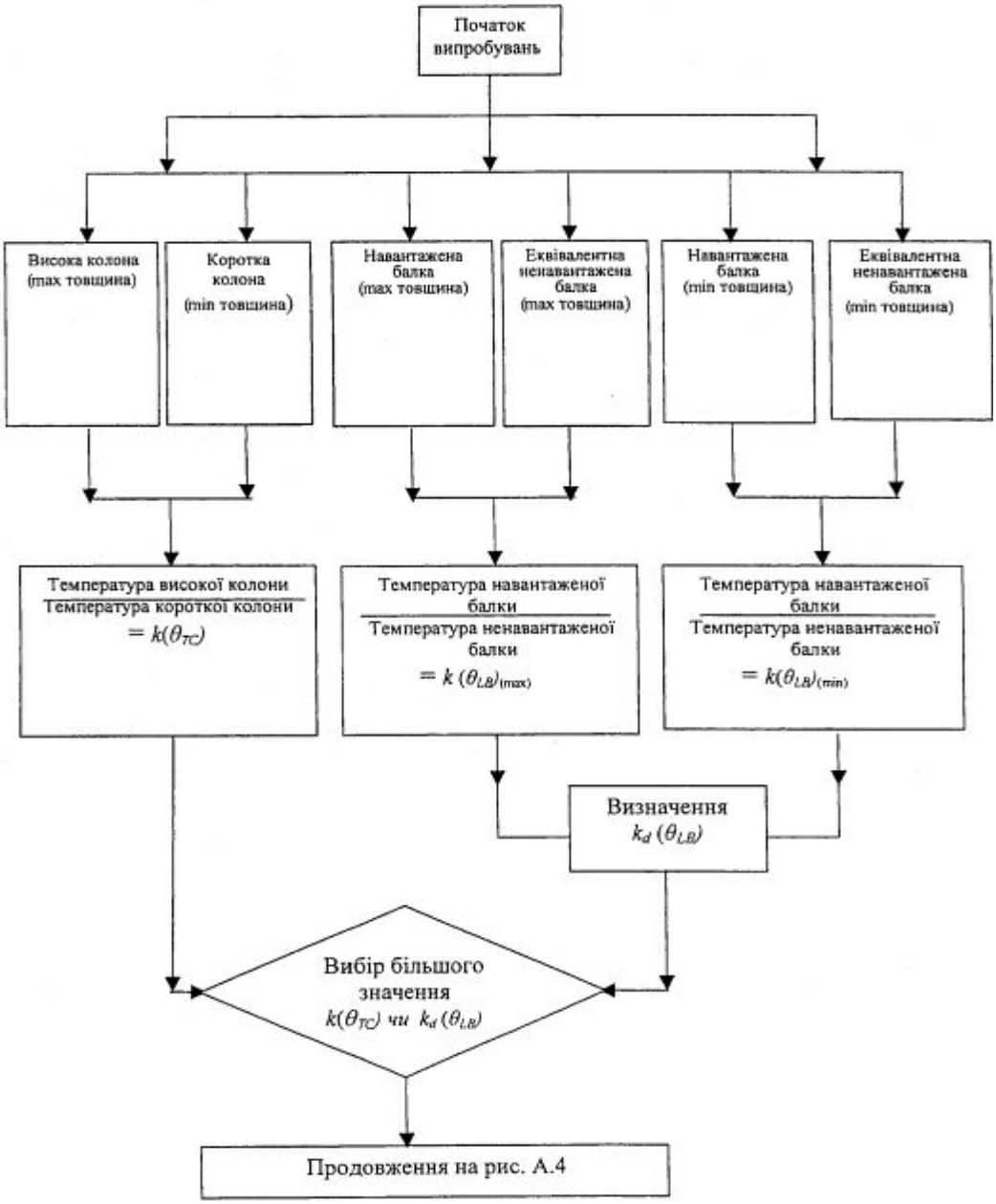

Рисунок А.3 – Порядок визначення здатності до злипання (зчеплення) реактивного вогнезахисного покриття