

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
ІМЕНІ ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ**

Факультет пожежної безпеки

Кафедра безпеки об'єктів будівництва та охорони праці

Поздєєв С. В., Березовський А. І., Сідней С.О., Рудешко І.В. Куліца О.С.

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

щодо виконання контрольної роботи

з дисципліни «Будівлі і споруди та їх поведінка у надзвичайних ситуаціях»

**«СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЇХ ПОВЕДІНКА В УМОВАХ
ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР»**

за ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3

Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні положення і
правила для споруд. (EN 1993-1-1:2005, IDT).

та ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3

Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення
Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT).

Для здобувачів вищої освіти за першим бакалаврським рівнем освіти за спеціальністю 263
«Цивільна безпека» у галузі знань 26 «Цивільна безпека»

Черкаси 2023

УДК 624.07

Р 64

Поздєєв С.В., Березовський А.І., Сідней С. О., Рудешко І.В., Куліца О.С. ***Сталеві конструкції та їх поведінка в умовах пожежі***: методичний посібник щодо виконання контрольної роботи / Поздєєв С.В., Березовський А.І., Сідней С.О., Рудешко І.В., Куліца О.С. – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2023. – 39 с.

Даний посібник призначений для першого ознайомлення з основними правилами проектування відповідно до гармонізованих європейських норм розрахунку несучих сталевих конструкцій будівель і споруд у короткому вигляді, а також визначення їх вогнестійкості. Він має на меті формування первинного уявлення про предмет.

Метою посібника щодо виконання контрольної роботи є надання допомоги здобувачам вищої освіти за першим бакалаврським рівнем освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» у галузі знань 26 «Цивільна безпека» у виборі та вивченні навчального матеріалу з дисципліни «Будівлі і споруди та їх поведінка у надзвичайних ситуаціях», за розділом «Сталеві конструкції та їх поведінка в умовах високих температур»: розрахунок сталевих конструкцій за граничними станами 1-ї і 2-ї груп, та визначення їх вогнестійкості за Єврокодом 3, частина 1-2.

Надані короткі відомості про основні принципи перевірки класів вогнестійкості сталевих конструкцій.

Розрахунки сталевих конструкцій мають виконуватися згідно діючих Державних Будівельних Норм з використанням нормативної, довідкової та навчальної літератури, що надано у кінці методичного посібника.

Рекомендовано Методрадою Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ЗМІСТ

1. Загальні вказівки і вимоги.....	
2. Приклади виконання завдань контрольної роботи.....	
2.1. Перевірка сталеві балки за I та II групами граничних станів.....	
2.2. Підбір двотаврового перерізу для вільно спертої сталеві балки із умови міцності і жорсткості.....	
2.3. Встановлення критичної сили $P_{кр}$ для металеві колони, а також критичного навантаження, що діє у перерізі $\sigma_{кр}$	
2.4. Перевірка на відповідність класу вогнестійкості без вогнезахисту і визначення можливості доведення до необхідного класу вогнестійкості колони із вогнезахистом.....	
2.5. Перевірка на відповідність класу вогнестійкості сталеві балки без вогнезахисту і визначення можливості доведення до необхідного класу вогнестійкості із вогнезахистом.....	
Список використаної літератури.....	
Додатки.....	

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ І ВИМОГИ

Навчальною метою контрольної роботи є систематизація теоретичних знань здобувачів вищої освіти відділення заочного навчання з дисципліни «Будівлі і споруди та їх поведінка у надзвичайних ситуаціях» за розділом «Сталеві конструкції та їх поведінка при пожежі», подальше їх поглиблення, удосконалення навичок розрахунку сталевих конструкцій за граничними станами, перевірки їх несучої здатності, визначення їх вогнестійкості, підвищення класу вогнестійкості сталевих конструкцій за допомогою сучасних вогнезахисних покриттів.

Згідно навчального плану, у період вивчення предмету «Будівлі і споруди та їх поведінка у надзвичайних ситуаціях» здобувач вищої освіти має виконати контрольну роботу за розділом «Сталеві конструкції та їх поведінка при пожежі», що складається із 5-х задач.

Приклади розв'язання задач надані у даному посібнику.

Перед виконанням контрольної роботи здобувачу вищої освіти рекомендується ознайомитись з методичними вказівками, підібрати рекомендовану літературу та нормативні документи, вивчити програмний матеріал з використанням записів, зроблених на установочних заняттях. Після вивчення теоретичного матеріалу можна приступити до виконання контрольної роботи.

Контрольна робота має бути виконана у друкованому вигляді на листах формату А4, або в окремому зошиті розбірливим почерком, охайно оформлена пастою чорного, синього або фіолетового кольору. Вона складається з титульного аркуша встановленої форми, змісту, основної текстової частини, переліку літератури.

При виникненні труднощів при самостійному розв'язанні будь-якої задачі, здобувач може звернутися за консультацією до практичних робітників проектних і конструкторських організацій, або до викладачів інституту.

Контрольна робота оцінюється з урахуванням глибини викладання матеріалу, самостійності і правильності виконання завдань.

Контрольна робота, що виконана не за своїм варіантом, або з не повністю розкритими задачами і не своєчасно, а також має грубі помилки, до заліку не приймається.

Замінити варіант завдання, у виняткових випадках, може тільки викладач даної дисципліни.

2. ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Завдання 2.1: Перевірити балку за I та II групами граничних станів

№	Вихідні дані	Літери прізвища									
		А,І,Т Ч	Б,Ї, Х	В,Й, М	Г,К, Ф	Я,Л, С	Е,О, Р	Є,Н, Ш	Ж,У, Щ	З,П, Ю	И,Ц, Д
1.	Марка сталі	С590		С460		С500		С390		С355	
2.	Довжина прольоту, м	6,0		12,0		5,0		9,0		3,0	
3.	Розміри перерізу, h×b, см (№ двутавра)	10x15	20	8x13	18	12x17	22	14x20	16	6x12	14
4.	Розподілене навантаження F _d , кН/м	15		10		22		20		8	

1. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що балка виготовлена зі сталі С500;
- друга літера «Я» вказує довжина балки 5м;
- третя літера «Т» вказує на розмір перерізу 10смх15см;
- четверта літера «У» вказує на розподілене навантаження на балку F_d = 20 кН/м.

1. Проводимо перевірку балки за першою групою граничних станів.

Проведення перевірки за I групою граничного стану полягає у перевірці виконання умови міцності:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

де: M_{Ed} – діюче навантаження (згинальний момент, що діє на конструкцію);

M_{Rd} – несуча здатність конструкції.

Діюче навантаження (згинальний момент, що діє на конструкцію) визначається за формулою:

$$M_{Ed} = \frac{F_d l^2}{8} = \frac{20 \times 5^2}{8} = 62,5 \text{ кНм};$$

де: F_d – рівномірно розподілене навантаження;
l – довжина прольоту балки.

Несуча здатність конструкції визначається за формулою:

$$M_{Rd} = f_y \times W_x \times 0,87 = 500 \times 10^6 \times 375 \times 10^{-6} \times 0,87 = 163,1 \text{кНм};$$

де: f_y – межа текучості сталі, відповідає класу сталі;

W_x – момент опору перерізу конструкції, для прямокутного перерізу визначається за формулою:

$$W_x = \frac{b \times h^2}{6} = \frac{10 \times 15^2}{6} = 375 \text{см}^3;$$

(у разі двутаврового перерізу, момент опору W_x визначається за сортаментом, залежно від номеру двутавра, за додатком 3);

0,87 – коефіцієнт запасу за рекомендаціями Єврокоду 3

За результати проведених розрахунків перевіряємо умову міцності $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, умова виконується оскільки $62,5 \text{кНм} \leq 163,1 \text{кНм}$.

2. Проводимо перевірку балки за II граничним станом.

Проведення перевірки за II групою граничного стану полягає у перевірці виконання умови експлуатаційної придатності або жорсткості:

$$f \leq [f],$$

де: f – фактичний прогин конструкції за результатами діючого навантаження;

$[f_u]$ – максимально допустимий прогин конструкції.

f – фактичний прогин конструкції за результатами діючого навантаження визначається за формулою:

$$f = \frac{5 \times F_d \times l^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 20 \times 10^3 \times 5^4}{384 \times 2 \times 10^{11} \times 2812,5 \times 10^{-8}} = 0,0289 \text{м};$$

де: F_d – рівномірно розподілене навантаження;

l – довжина прольоту балки;

E – модуль Юнга сталі 2×10^{11} Па;

I – осьовий момент інерції перерізу балки. У разі прямокутного перерізу визначається за формулою:

$$I_x = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{10 \times 15^3}{12} = 2812,5 \text{см}^4;$$

(у разі двутаврового перерізу – за сортаментом, залежно від номеру двутавру по додатку 3).

$[f_u]$ – *максимально допустимий прогин* конструкції визначається за

Проліт балки	Граничний прогин f_u
$L \leq 1\text{ м}$	$L/120$
$L = 3\text{ м}$	$L/150$
$L = 6\text{ м}$	$L/200$
$L = 24\text{ м}$	$L/250$
$L = 36\text{ м}$	$L/300$

таблицею:

Але враховуючі, що проліт балки не відповідає параметрам вказаним у таблиці, для визначення допустимого прогину балки $[f_u]$ застосовуємо метод інтерполяції для визначення коефіцієнта у знаменнику:

$$\frac{200 - 150}{6 - 3} \times (5 - 3) \approx 33,3 + 150 \approx 183,3;$$

У чисельнику вказані межі коефіцієнту, що відповідає прольотам балки 3 м та 6 м, у знаменнику вказана різниця відповідних прольотів, що надає можливість визначити зміну коефіцієнта на 1 м, а у нас 5 м, тобто в 2 рази більше (5 м - 3 м), що складає 33,3, таким чином додавши до 150 отриману зміну коефіцієнта отримаємо $183,3 \Rightarrow [f_u] = \frac{5\text{ м}}{183,3} \approx 0,0273\text{ м}$.

Таким чином, умова експлуатаційній придатності або жорсткості $f \leq [f]$ не виконується, оскільки $0,0289\text{ м} \leq 0,0273\text{ м}$

Висновок: за результатами проведених розрахунків встановлено, що конструкція пройшла перевірку за I-ою групою граничних станів, щодо забезпечення необхідної міцності, але перевірку експлуатаційної придатності (жорсткості) за II-ою групою граничних станів дана конструкція перевірку не пройшла.

Таким чином, для забезпечення експлуатаційній придатності (жорсткості) даної конструкції потрібно покращити геометричні характеристики перерізу. або застосувати більш якісну сталь, або зменшити рівень навантаження.

Завдання 2.2: Для вільно спертої балки підібрати двотавровий переріз із умови міцності і жорсткості.

№	Вихідні дані	Літери прізвища									
		А,І,Т Ч	Б,Ї, Х	В,Й, М	Г,К, Ф	Я,Л, С	Е,О, Р	Є,Н, Ш	Ж,У, Щ	З,П, Ю	И,Ц, Д
1.	Марка сталі	С500		С460		С440		С390		С355	
2.	Довжина прольоту, м	24,0		12,0		6,0		9,0		5,0	
3.	Модуль пружності Е, Па	$2 \cdot 10^{11}$									

4.	Розподілене навантаження F_d , кН/м	15	10	22	13	8
----	---------------------------------------	----	----	----	----	---

1. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що балка виготовлена зі сталі С440;
- друга літера «Я» вказує довжина балки бм;
- третя літера «Т» вказує на модуль пружності сталі $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па;
- четверта літера «У» вказує на розподілене навантаження на балку $F_d = 13$ кН/м.

Розв'язання

1) Підбір перерізу із умови міцності

Умова міцності:

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{W_x} \leq 0,87 f_y$$

$$W_x = \frac{M_{Ed}}{0,87 \cdot f_y}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_d \cdot l^2}{8} = \frac{13000 \cdot 6^2}{8} = 58500 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W_x = \frac{M_{Ed}}{0,87 \cdot f_y} = \frac{58000}{0,87 \cdot 500 \cdot 10^6} = 0,0001344827 \text{ м}^3 = 134 \text{ см}^3$$

За сортаментом обираємо, згідно $W_x = 134 \text{ см}^3$ двутавр № 18 із $W_x = 143 \text{ см}^3$ (найближчий більший)

2) Підбір перерізу із умови жорсткості.

Умова жорсткості для вільно опертої металевої балки виглядає так:

$$f = \frac{5 \times F_d l^4}{384 \times E \times I} \leq [f_u], \text{ згідно таблиці.}$$

Проліт балки	Граничний прогин f_u
$L \leq 1 \text{ м}$	$L/120$
$L = 3 \text{ м}$	$L/150$
$L = 6 \text{ м}$	$L/200$
$L = 24 \text{ м}$	$L/250$
$L = 36 \text{ м}$	$L/300$

Визначаємо допустимий прогин для балки, довжиною бм: $[f_u] = \frac{l}{200} = \frac{600}{200} = 3 \text{ см}$

$$I_x = \frac{5}{384} \frac{R_d \cdot l^4}{E [f_u]} = \frac{5}{384} \frac{13000 \cdot 6^4}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 2808 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 = 2808 \text{ см}^4$$

За сортаментом обираємо, згідно $I_x = 2808 \text{ см}^4$ двутавр № 24 із $I_x = 3460 \text{ см}^4$

Висновок: із двох обраних двутаврів №18 і №24, обираємо більший №24 (із умови жорсткості), який буде відповідати вимогам I і II граничних станів.

Завдання 2.3: Встановити критичну силу $R_{кр}$ для металевої колони, а також критичне навантаження, що діє у перерізі $\sigma_{кр}$, що буде утворюватися внаслідок навантаження.

№	Вихідні дані	Літери прізвища									
		А,І,Т Ч	Б,Ї, Х	В,Й, М	Г,К, Ф	Я,Л, С	Е,О, Р	Є,Н, Ш	Ж,У, Щ	З,П, Ю	И,Ц, Д
1.	Марка сталі	С300		С440		С235		С390		С355	
2.	Довжина колон, м: l_1 та l_2	$l_1 = 3,0$ м $l_2 = 6,0$ м		$l_1 = 2,5$ м $l_2 = 5,5$ м		$l_1 = 2,5$ м $l_2 = 4,0$ м		$l_1 = 3,5$ м $l_2 = 6,5$ м		$l_1 = 4,0$ м $l_2 = 7,0$ м	
3.	Розміри колони $b \times h$, мм	50x100		100x200		80x160		120x220		200x300	
4.	Межа пропорційності $\sigma_{пр}$, МПа	200									
5.	Модуль Юнга, Е, Па	$2 \cdot 10^{11}$									
6.	Коефіцієнт закріплення колон, μ	1									
7.	Коефіцієнти сталі а і b	$a=310$ МПа, $b=1,14$ МПа									

1. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що балка виготовлена зі сталі С235;
- друга літера «Я» вказує довжина колон $l_1 = 2,5$ м і $l_2 = 4,0$ м;
- третя літера «Т» вказує на розміри перерізу колон $b \times h$, мм: 50x100;
- четверта літера «У» вказує на межу пропорційності $\sigma_{пр}$, МПа: 200;
- п'ята літера «В» - модуль Юнга, для всіх однаковий $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па;;
- шоста: коефіцієнт закріплення колон $\mu = 1$ – для всіх однаково закріплення: шарнірне з обох боків;
- сьоме – коефіцієнти сталі а і b: для всіх варіантів також однакові.

Умова задачі:

Металева колона виготовлена зі сталі С235 (коефіцієнти сталі: $a = 310$ МПа, $b = 1,14$ МПа), з прямокутним перерізом розмірами ($b \times h$) 50 мм \times 100 мм, довжину колони розглянемо у двох варіантах $l_1 = 2,5$ м та l_2

= 4м; напруження, що діє у перерізі при межі пропорційності $\sigma_{np} = 200$ МПа, модуль Юнга $E = 2 \times 10^5$ МПа. Коефіцієнт закріплення колони (закріплення шарнірне з двох боків) $\mu=1$. Необхідно встановити критичну силу $P_{кр}$ для конструкції, а також критичне напруження, що діє у перерізі $\sigma_{кр}$, що буде утворюватись внаслідок навантаження.

Розв'язання:

1. Спочатку визначимо геометричні параметри, зокрема площу (A), осьовий момент інерції (I_x) та радіус інерції (i) перерізу конструкції:

$$A = b \times h = 50 \times 100 = 5000 \text{ мм}^2;$$

$$I_x = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{50 \times 100^3}{12} \approx 4,17 \times 10^6 \text{ мм}^4;$$

де: $b \times h$ ширина та висота прямокутного перерізу;

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{4,17 \times 10^6}{5000}} \approx 28,9 \text{ мм.}$$

2. Визначимо граничну та фактичну гнучкості конструкції ($\lambda_{гр}$, λ), з метою подальшого розв'язання поставленої задачі:

$$\lambda_{гр} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{np}}} = 3,14 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{200}} \approx 100;$$

де: π - число Пі 3,14;

E - модуль Юнга 2×10^5 МПа;

σ_{np} - напруження, що діє у перерізі при межі пропорційності 200 МПа.

$$\lambda_1 = \frac{l_{np1}}{i} = \frac{2500}{28,9} = 86,5;$$

$$\lambda_2 = \frac{l_{np2}}{i} = \frac{4000}{28,9} = 138,4;$$

де: l_{np} приведена довжина колони :

$$l_{np1} = l_1 \cdot \mu = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ м};$$

$$l_{np2} = l_2 \cdot \mu = 4 \cdot 1 = 4,0 \text{ м};$$

$\mu=1$, за умовою шарнірного закріплення конструкції;

i - радіус інерції перерізу конструкції 28,9 мм.

3. Визначаємо критичну силу $P_{кр}$ та критичне напруження у перерізі $\sigma_{кр}$. Розглянемо два випадки:

- коли $\lambda < \lambda_{гр}$;

- коли $\lambda > \lambda_{cr}$.

4. У разі $\lambda < \lambda_{cr}$, спочатку визначаємо критичне напруження, що діє в перерізі конструкції за імперичною формулою Ясинського, а потім критичну силу $P_{кр}$:

$$\sigma_{кр1} = a - b \times \lambda_1 = 310 - 1,14 \times 86,5 = 211,39 \text{ МПа},$$

де: a і b коефіцієнти сталі $a = 310 \text{ МПа}$, $b = 1,14 \text{ МПа}$;

λ_1 - гнучкість колони довжиною 2,5 м = 86,5.

$$P_{кр1} = \sigma_{кр} \times A = 211,39 \times 5000 = 1056950 \text{ Н} \approx 1057 \text{ кН};$$

5. У разі $\lambda > \lambda_{cr}$, спочатку визначаємо критичну силу $P_{кр}$, за формулою Ейлера, а потім критичне напруження, що діє у перерізі конструкції:

$$P_{кр2} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{l_{np}^2} = \frac{3,14 \times 2 \times 10^5 \times 4,17 \times 10^{-6}}{4^2} = 513931,65 \text{ Н} \approx 513,9 \text{ кН};$$

де: π - число Пі = 3,14;

E - модуль Юнга $2 \times 10^5 \text{ МПа}$;

I_x - осьовий момент інерції;

l_{np} - приведена довжина колони.

$$\sigma_{кр2} = \frac{P_{кр2}}{A} = \frac{513931,65}{0,005} \approx 102,8 \text{ МПа}.$$

Висновок: за результатами розрахунків встановлено, що найбільш придатна до навантаження стала колона довжиною 2,5 м, отже $P_{кр1} = 1057 \text{ кН}$ порівняно із конструкцією довжиною 4 м і $P_{кр2} = 513,9 \text{ кН}$, відповідно аналогічна ситуація з дією напруження у перерізі під навантаженням $\sigma_{кр1} = 211,39 \text{ МПа}$, $\sigma_{кр2} = 102,8 \text{ МПа}$.

Завдання 2.4: Перевірка на відповідність класу вогнестійкості без вогнезахисту і визначення можливості доведення до необхідного класу вогнестійкості колони із вогнезахистом

№	Вихідні дані	Літери прізвища									
		А,І,Т Ч	Б,Ї, Х	В,Й, М	Г,К, Ф	Я,Л, С	Е,О, Р	Є,Н, Ш	Ж,У, Щ	З,П, Ю	И,Ц, Д
1.	Марка сталі	С500		С460		С520		С390		С355	
2.	Довжина колони, м	4,0		3,5		3,0		4,5		3,0	
3.	№ двутаврового профілю	30		22		20		24		27	

4.	Постійне G_k , кН / змінне Q_k ,кН, навантаження	600/300	500/300	650/350	600/200	500/350
5.	Умови обігріву	з 4-х боків		з 3-х боків		
6.	Потрібний клас вогнестійкості	R120	R150	R120	R150	R120
7.	Коефіцієнт закріплення μ	1				
8.	Клас вогнестійкості без вогнезахисту	R15				

1. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що колона виготовлена зі сталі С520;
- друга літера «Я» вказує довжина колони $l = 3,0$ м;
- третя літера «Т» вказує на номер двутаврового профілю, з якого виготовлено колоду - 30;
- четверта літера «У» вказує на постійне G_k , кН і змінне Q_k , кН, навантаження $G_k = 600$ кН та $Q_k = 200$ кН;
- п'ята літера «В» вказує на умови обігріву колони – з чотирьох сторін;
- шоста «А» вказує на потрібний клас вогнестійкості із вогнезахистом – R120;
- коефіцієнт закріплення колон $\mu = 1$ – для всіх однакове закріплення: шарнірне з обох боків;
- клас вогнестійкості без вогнезахисту R15 для усіх варіантів однаковий.

Умова задачі:

Перевірити сталеву колоду на відповідність класу вогнестійкості R15 без вогнезахисту. Визначити можливість доведення конструкції до класу вогнестійкості R120 за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ».

Вихідні дані:

Конструкція виготовлена зі сталі С520, довжиною $l=3$ м, з двутаврового профілю №30. Постійне навантаження на колоду $G_k=600$ кН, змінне навантаження $Q_k=200$ кН.

Геометричні характеристики двутавру №30 обираємо за сортаментом: висота перерізу $h=300$ мм, ширина перерізу $b=135$ мм,

товщина стінки $t_w=6,5$ мм, товщина полиці $t_f=10,2$ мм, площа перерізу $A = 46,5 \text{ см}^2$.

Умови обогріву з чотирьох сторін. Шарнірне закріплення з двох боків.

Розв'язання

1. Визначаємо розрахункову довжину колони при пожежі $l_{fi} = l \cdot \mu = 3 \cdot 1 = 3\text{м}$, де μ – умови закріплення колони з двох боків.

2. Визначаємо гнучкість колони $\lambda = \frac{l_{fi}}{i} = \frac{300\text{см}}{12,3\text{см}} = 24,39 \approx 25$, де i – радіус інерції перерізу профілю.

3. Визначаємо коефіцієнт поздовжнього вигину центрально-стиснутих сталевих елементів $\varphi=0,916$ за допомогою таблиці у додатку б.

4. Визначаємо коефіцієнт перерізу A_m/V :

$$A_m/V = \frac{2b + 2(b - t_w) + 4 \times t_f + 2(\square - 2 \times t_f)}{A} =$$
$$= \frac{0,27 + 2(0,135 - 0,0065) + 4 \times 0,0102 + 2(0,3 - 2 \times 0,0102)}{46,5 \times 10^{-4}} \approx 247,7\text{м}^{-1}$$

5. Використовуючи додаток 4 (табл. 1), враховуючи коефіцієнт перерізу A_m/V визначаємо температуру у перерізі сталеві конструкції на 15 хв. дії теплового впливу від пожежі - 700^0 С .

6. Визначаємо несучу здатність колони при нормальних умовах N_{Rd} та при пожежі $N_{Rd,fi}$:

$$N_{Rd} = \varphi \times 0,87 \times f_y \times A_s = 0,916 \times 0,87 \times 520 \times 4650 = 1926,4 \text{ кН},$$

де: f_y – межа текучості сталі;

A_s – площа перерізу конструкції (приймаємо за сортаментом);

0,87 – коефіцієнт надійності за матеріалом.

$$N_{Rd,fi} = N_{Rd} \times k_{y,\theta} = 1926,4 \times 0,230 \approx 443,06 \text{ кН}$$

де: $k_{y,\theta}$ – коефіцієнт зниження межі текучості при впливі високих температур від пожежі, визначається за допомогою таблиці коефіцієнтів зниження вуглецевої сталі за підвищеної температури (додаток 4, таблиця 2).

7. Визначаємо навантаження на конструкцію при нормальних умовах N_{Ed} та при пожежі $N_{Ed,fi}$:

$$N_{Ed} = \gamma_n (G_k + 0,8 \times Q_k) = 0,975 \cdot (600 + 0,8 \times 200) = 741 \text{ кН},$$

де: γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю конструкції (встановили за таблицею 5 ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» – 0,975);

0,8 – коефіцієнт зниження змінного навантаження при пожежі;

$$N_{Ed,fi} = N_{Ed} \times \eta = 741 \times 0,7 = 518,7 \text{ кН},$$

де: η – коефіцієнт зниження розрахункового навантаження при пожежі – 0,7

За умовою міцності в умовах впливу пожежі протягом 15хв. конструкція перевірку не пройшла оскільки:

$$N_{Rd,fi} < N_{Ed,fi}$$

$$443,06 \text{ кН} < 518,7 \text{ кН}$$

Отже, переходимо до другої частини завдання, стосовно визначення можливості доведення конструкції до класу вогнестійкості R120 за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ».

Визначаємо коефіцієнт використання конструкції μ_0 для визначення критичної температури $\Theta_{a,cr}$ відповідно додатку 7.

$$\mu_0 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{741 \text{ кН}}{1926,4 \text{ кН}} \approx 0,38$$

де: N_{Ed} – діюче поздовжнє навантаження при нормальних умовах;

N_{Rd} – несуча здатність колони при нормальних умовах.

$\Theta_{a,cr} = 628^{\circ}\text{C}$, що дозволяє довести колону до необхідного класу вогнестійкості R120 за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ» шаром, завтовшки 4 мм (додаток 8).

Висновок: перевірку на відповідність класу вогнестійкості R15 колони без вогнезахисту не пройшла, оскільки $N_{Rd,fi} < N_{Ed,fi}$. При цьому за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ» передбачається можливим підвищити клас вогнестійкості колони до R120 у разі оброблення її шаром у 4 мм.

Завдання 2.5: Перевірка на відповідність класу вогнестійкості сталевій балки без вогнезахисту і визначення можливості доведення до необхідного класу вогнестійкості із вогнезахистом.

№	Вихідні дані	Літери прізвища									
		А,І,Т Ч	Б,Ї, Х	В,Й, М	Г,К, Ф	Я,Л, С	Е,О, Р	Є,Н, Ш	Ж,У, Щ	З,П, Ю	И,Ц, Д
1.	Марка сталі	С620		С460		С500		С440		С355	
2.	Довжина балки, м	4,0		3,5		6,0		4,5		3,0	
3.	№ двутаврового профілю	20		22		18		24		27	
4.	Розподілене навантаження на балку, F_d , кН/м	20		15		16		10		24	
5.	Потрібний клас вогнестійкості	R60				R45					
6.	Умови обігріву	з 3-х сторін									
7.	Клас вогнестійкості без вогнезахисту	R30									

1. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що балка виготовлена зі сталі С500;
- друга літера «Я» вказує на довжину балки $l = 6,0$ м;
- третя літера «Т» вказує на номер двутаврового профілю, з якого виготовлено балку;
- четверта літера «У» вказує на величину розподіленого навантаження $F_d = 10$ кН/м;
- п'ята літера «В» вказує на потрібний клас вогнестійкості із вогнезахистом: R60;
- шоста «А» вказує на умови обігріву балки– з трьох сторін (для усіх варіантів однаково);
- клас вогнестійкості без вогнезахисту R30 для усіх варіантів однаковий.

Умова задачі:

Перевірити на відповідність класу вогнестійкості R30 сталевій балці з подальшою можливістю доведення до класу вогнестійкості R60, за допомогою вогнезахисної фрби «PROMAPAINT».

Вихідні дані

Конструкція виготовлена зі сталі С500, довжина прольоту $l = 6\text{ м}$ з рівномірно розподіленим навантаженням $F_d = 10\text{ кН/м}$, з двотаврового профілю №20.

Геометричні характеристики двотаврового перерізу №20 обираємо за сортаментом (додаток 3). Висота перерізу $h=200\text{ мм}$, ширина перерізу $b=100\text{ мм}$, товщина стінки $t_w=5,2\text{ мм}$, товщина полиці $t_f=8,4\text{ мм}$, площа перерізу $A = 26,8\text{ см}^2$.

Умови обогріву з трьох боків.

Розв'язання

1. Визначаємо коефіцієнт перерізу A_m/V :

$$\begin{aligned} A_m/V &= \frac{b + 2(b - t_w) + 4 \times t_f + 2(\square - 2 \times t_f)}{A} = \\ &= \frac{0,1 + 2(0,1 - 0,0052) + 4 \times 0,0084 + 2(0,2 - 2 \times 0,0084)}{26,8 \times 10^{-4}} = \\ &\approx 257,3\text{ м}^{-1}. \end{aligned}$$

2. Визначаємо діюче навантаження згинального моменту (M_{Ed}) на конструкцію при нормальних умовах та при пожежі ($M_{Ed,fi}$):

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= \frac{F_d l^2}{8} = \frac{10 \times 6^2}{8} = 45\text{ кНм}; \\ M_{Ed,fi} &= M_{Ed} \times \eta = 45 \times 0,7 = 31,5\text{ кНм}, \end{aligned}$$

де: η коефіцієнт зниження розрахункового навантаження при пожежі – 0,7

3. За додатком 4 (таблиця 1), визначаємо температуру у перерізі сталевій балці через 30 хвилин від початку пожежі, застосовуючи метод інтерполяції.:

$$\begin{aligned} 250\text{ м}^{-1} &- 833^{\circ}\text{C} \\ 300\text{ м}^{-1} &- 835^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{835-833}{300-250} \times (257-250) &= 0,28 \\ 0,28 + 833 &= 833,28^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

4. За додатком 4 (таблиця 2) визначаємо коефіцієнт зниження для f_y за температури $833,28^{\circ}\text{C}$. Використовуючи метод інтерполяції, отримуємо коефіцієнт зниження $k_{y,\theta} = 0,093$.

$$\begin{aligned} 800^{\circ}\text{C} &- 0,110 \\ 900^{\circ}\text{C} &- 0,060 \end{aligned}$$

$$k_{y,\theta} = \frac{0,110 - 0,060}{900 - 800} \times (900 - 833,28) + 0,06 = 0,093$$

5. Визначаємо несучу здатність конструкції при нормальних умовах M_{Rd} та при пожежі $M_{Rd,fi}$:

$$M_{Rd} = f_y \times W_x \times 0,87 = 500 \times 10^6 \times 184 \times 10^{-6} \times 0,87 = 80,04 \text{кНм},$$

де: f_y – межа текучості сталі;

W_x – момент опору конструкції (приймаємо за сортаментом для двутавра №20).

$$M_{Rd,fi} = M_{Rd} \times k_{y,\theta} = 80,04 \times 0,093 \approx 7,44 \text{кНм},$$

де: $k_{y,\theta}$ – коефіцієнт зниження розрахункової межі текучості, визначається за допомогою таблиці коефіцієнтів зниження вуглецевої сталі за підвищеної температури (додаток 4, таблиця 2).

6. Перевіряємо конструкцію за умовою міцності при пожежі. Перевірку конструкція не пройшла.

$$\begin{aligned} M_{Rd,fi} &< M_{Ed,fi} \\ 7,44 \text{кНм} &< 31,5 \text{кНм} \end{aligned}$$

7. Визначаємо коефіцієнт використання конструкції μ_0 для визначення критичної температури $\theta_{a,cr}$ відповідно додатку 7.

$$\mu_0 = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{45}{80,04} \approx 0,56$$

$\theta_{a,cr} = 566$ °С, що дозволяє довести балку до класу вогнестійкості R60 за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ» з товщиною шару ≈ 2 мм (за додатком 8).

Висновок: конструкція не пройшла перевірку на клас вогнестійкості R30, але за допомогою вогнезахисної фарби «PROMAPAINТ» передбачається можливим підвищити клас вогнестійкості балки до R60 із використанням вогнезахисного шару завтовшки ≈ 2 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд.
3. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT);
4. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT);
5. EN 1991 Єврокод1: Дії на конструкції. Ч 1-2 Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2: 2010, IDT);
6. ДСТУ Б В.1.1-17 Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ);
7. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції;
8. ДБН В.1.2-3:2006 Прогини та переміщення;
9. ДСТУ EN 10025-1:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.1 Технічні умови постачання (EN 10025-1:2004, IDT);
10. ДСТУ EN 10025-2:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.2 Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей (EN 10025-2:2004, IDT);
11. ДСТУ EN 10025-3:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.3 Технічні умови постачання зварюваних конструкційних, підданих нормалізації або нормалізувальному прокатуванню (EN 10025-3:2004, IDT);
12. ДСТУ EN 10025-4:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.4 Технічні умови постачання термомеханічнооброблених зварюваних дрібнозернистих сталей (EN 10025-4:2004, IDT);
13. ДСТУ EN 10025-5:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.5 Технічні умови постачання конструкційних сталей з підвищеною тривкістю до атмосферної корозії (із додаванням міді, хрому, нікелю, молібдену), EN 10025-5:2004, IDT;

14. ДСТУ EN 10025-6:2007 Вироби гарячекатані із конструкційної сталі. Ч.6 Технічні умови постачання пласких з конструкційної сталі з високою межею плинності у загартованому та відпущеному стані (EN 10025-6:2004, IDT);
15. ДСТУ EN 10210-1:2009 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Ч.1 Технічні умови постачання (EN 10210-1:2006, IDT);
16. ДСТУ EN 10219-1:2009 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Ч.1 Технічні умови постачання (EN 10219-1:2006, IDT);
17. Гвоздь В.М., Тищенко О.М., Поздєєв С.В., Розрахунок сталевих конструкцій будівель і споруд згідно з Єврокодом 3 та національними додатками України / Навчальний посібник / Гвоздь В.М., Тищенко О.М., Поздєєв С.В., Шналь Т.М., Березовський А.І., Рудешко І.В., Сідней С.О., Черкаси, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021 – 176с.

НАЙЧАСТІШЕ ВИКОРИСТОВУВАНІ ПОЗНАЧЕННЯ

A.1 Розміри

b - ширина поперечного перерізу

h - висота поперечного перерізу

d - товщина плоскої ділянки стінки, номінальний діаметр болта

t_w - товщина стінки

t_f - товщина пояса

t - товщина

d_0 - діаметр отворів під болти

a - розрахункова (ефективна) висота кутового зварного шва

A.2 Властивості матеріалів

f_y - межа текучості

f_u - межа міцності

E - модуль пружності

G - модуль зсуву

ν - коефіцієнт Пуассона у пружній стадії

ε - коефіцієнт, що залежить від f_y

A.3 Геометричні характеристики перерізів

A_{eff} - площа ефективного поперечного перерізу

A_w - площа перерізу стінки

A_f - площа перерізу полицки

I - момент інерції

W_{pl} - момент опору у пластичній стадії

$W_{el,min}$ - мінімальний момент опору у пружній стадії

$W_{eff,min}$ - мінімальний момент опору ефективного перерізу

i - радіус інерції відносно відповідної вісі, визначений для перерізу бруто

A.4 Характеристики елементів

$\bar{\lambda}$ - умовна гнучкість

$\bar{\lambda}_{LT}$ - умовна гнучкість при втраті стійкості плоскої форми згину

χ - коефіцієнт пониження для відповідної кривої втрати стійкості

χ_{LT} - коефіцієнт пониження для втрати стійкості плоскої форми згину

N_{cr} - критичне осьове зусилля в пружній стадії за відповідною формою втрати стійкості для перерізу бруто

M_{cr} - критичний згинальний момент у пружній стадії для втрати стійкості плоскої форми згину

A.5 Навантажувальні ефекти

N_{Ed} - розрахункове осьове зусилля

M_{Ed} - розрахунковий згинальний момент

$M_{y,Ed}$ - розрахунковий згинальний момент відносно осі у-у

$M_{z,Ed}$ - розрахунковий згинальний момент відносно осі z-z

V_{Ed} - розрахункове перерізує зусилля

L_c - відстань між розкріпленнями із площини

A.6 Несуча здатність перерізів, елементів та з'єднань

Позначення для загального випадку несучої здатності поперечних перерізів

$N_{t,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на розтяг

$N_{pl,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на осьове зусилля розтягу для перерізу бруто

$N_{u,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на осьове зусилля розтягу для перерізу нетто з отворами

$N_{c,Rd}$ - розрахункова несуча здатність при осьовому стиску

$M_{c,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на згин відносно однієї головної осі перерізу (відповідно $M_{c,y,Rd}$; $M_{c,z,Rd}$)

$V_{c,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на зріз

$V_{pl,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на зріз у пластичній стадії

Позначення для несучої здатності елементів

$M_{b,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на стійкість при згині

Позначення для несучої здатності одноболтових з'єднань

$F_{b,Rd}$ - розрахункова несуча здатність на зминання основного металу в отворі під болтом

$F_{t,Rd}$ - розрахункова несуча здатність болта на розтяг

$F_{v,Rd}$ - розрахункова несуча здатність болта на зріз

A.7 Коефіцієнти використання

α_{cr} - коефіцієнт запасу надійності за стійкістю, який дорівнює числу, на яке необхідно множити прикладені розрахункові навантаження, щоб досягти загальної втрати стійкості

A.8 Часткові коефіцієнти надійності для несучої здатності

γ_{M0} - частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності за міцністю незалежно від класу перерізу

γ_{M1} - частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності за стійкістю

γ_{M2} - частковий коефіцієнт для визначення несучої здатності за межею міцності

КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ СПОЛУЧЕНЬ НАВАНТАЖЕНЬ

Таблиця В.1. Частинні коефіцієнти надійності, коефіцієнти сполучення навантажень та коефіцієнти пониження для граничних станів за несучою здатністю (перша група граничних станів) EQU, STR та GEO						
Формула	Несприятливі постійні навантаження		Несприятливі перемінні навантаження			
	Власна вага		Корисні навантаження наперекриття		Вітрові або снігові навантаження	
EQU Формула (1.8)	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.10	$\gamma_{Q,1}$	= 1.5	$\gamma_{Q,iv} \psi_{0,i}$	= 1.4 × 0.6 = 0.84
	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.10	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i}$	= 1.4 × 0.7 = 0.98**	$\gamma_{Q,1}$	= 1.5
GEO Формула (1.8)	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.00	$\gamma_{Q,1}$	= 1.3	$\gamma_{Q,iv} \psi_{0,i}$	= 1.3 × 0.6 = 0.78
	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.00	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i}$	= 1.3 × 0.7 = 0.91**	$\gamma_{Q,1}$	= 1.3
STR/GEO Формула (1.9)*	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.35	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1}$	= 1.5 × 0.7 = 1.05**	$\gamma_{Q,iv} \psi_{0,i}$	= 1.5 × 0.6 = 0.9
	$\gamma_{G,i, sup}$	= 1.35	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i}$	= 1.5 × 0.7 = 1.05**	$\gamma_{Q,1y} \psi_{0,1}$	= 1.5 × 0.6 = 0.9
STR/GEO Формула (1.10b)	$\xi \gamma_{G,i, sup}$	= 0.85 × 1.35 = 1.15	$\gamma_{Q,1}$	= 1.5	$\gamma_{Q,iv} \psi_{0,i}$	= 1.5 × 0.6 = 0.9
	$\xi \gamma_{G,i, sup}$	= 0.85 × 1.35 = 1.15	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i}$	= 1.5 × 0.7 = 1.05**	$\gamma_{Q,1}$	= 1.5

Примітки:

Усі вказані значення коефіцієнтів взяті із Національного додатку до ДСТУ-Н Б EN 1990.

Темніші клітинки вказують на «переважаюче перемінне навантаження».

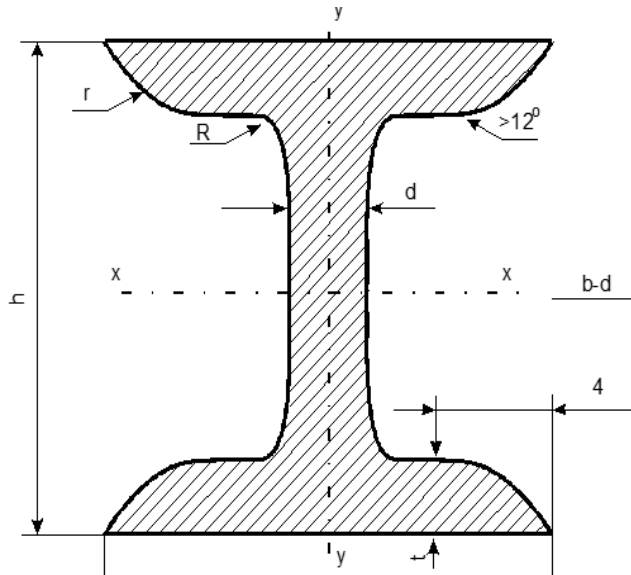
Жирним шрифтом виділено «головні супутні перемінні навантаження».

Решта змінних навантажень належить до «інших супутніх змінних навантажень».

* Для виразу 6.10a обидві його варіації мають однакові значення коефіцієнтів (коли кожне змінне навантаження по черзі приймається за головне супутнє), оскільки Національний ДСТУ-Н Б EN 1990 дає однакові значення для $\gamma_{Q,1}$ та $\gamma_{Q,i}$.

** Крім приміщень категорії E (складські площі), для яких $\psi_0=1.00$, відповідно $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} = 1.5$.

СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЇ СТАЛІ



Балки двотаврові (за ГОСТ 8239-72)

Позначення:

h – висота балки;
 J – момент інерції;
 b – ширина полиці;
 W – момент опору;
 d – товщина стінки;
 i – радіус інерції;
 t – середня товщина полиці;
 S – статичний момент пів перерізу.

№ профілю	Маса $I_{м, кг}$	Розміри, мм				Площа перерізу $A, см^2$	Довідкові величини для осей						
		h	b	d	t		$y-y$				$z-z$		
							$I_{y'},$ $см^4$	$W_{y'},$ $см^3$	$i_{y'},$ $см$	$S_{y'},$ $см^3$	$I_{z'},$ $см^4$	$W_{z'},$ $см^3$	$i_{z'},$ $см$
10	9,46	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	11,5	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	13,7	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	15,0	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	19,9	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12

20	21,0	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	22,7	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	24,0	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	25,8	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	29,4	240	125	5,6	9,8	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	31,5	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	33,9	270	135	6,0	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	39,2	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	42,2	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,76
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	57,0	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	66,5	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101,0	3,00
50	78,5	500	170	10,0	15,2	100,0	39727	1589	19,9	919	1043	123,0	3,23
55	96,2	550	180	11,0	16,5	118,0	55962	2035	21,8	1181	1356	151,0	3,39
60	108,0	600	190	12,0	17,8	138,0	75806	2560	23,6	1491	1725	182,0	3,54

ДОДАТОК 4

Таблиця 1. Температура сталевих елементів залежно від коефіцієнту перерізу

Коефіцієнт перерізу $[A_m/V]_{sh}$	Температура сталевих елементів, °C				Коефіцієнт перерізу $[A_m/V]_{sh}$	Температура сталевих елементів, °C			
	15 хвилин	30 хвилин	45 хвилин	60 хвилин		15 хвилин	30 хвилин	45 хвилин	60 хвилин
10	113	255	406	545	130	620	801	894	940
20	193	428	625	735	140	634	809	895	940
30	264	551	727	831	150	645	814	895	941
40	327	634	759	899	160	655	819	896	941
50	382	689	813	922	170	664	822	896	941
60	430	720	850	931	180	671	825	897	942
70	472	734	870	934	190	677	827	897	942
80	508	741	881	936	200	682	828	897	942
90	538	752	886	937	250	700	833	898	943
100	564	766	890	938	300	708	835	899	943
110	586	780	891	939	350	714	836	900	944
120	604	792	893	939	400	717	837	900	944

Таблиця 2. Таблиця коефіцієнтів зниження показників механічних характеристик вуглецевої сталі за підвищеної температури.

Температура сталі $\theta_a, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнти зниження при температурі сталі θ_a відносно значень f_y и E_a при 20°C		
	Коефіцієнт зниження (відносно f_y) розрахункової границі текучості $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно f_y) межі пружності $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно E_a) для похилої лінійної ділянки області пружних деформацій $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20	1.000	1.000	1.000
100	1.000	1.000	1.000
200	1.000	0.807	0.900
300	1.000	0.613	0.800
400	1.000	0.420	0.700
500	0.780	0.360	0.600
600	0.470	0.180	0.310
700	0.230	0.075	0.130
800	0.110	0.050	0.090
900	0.060	0.0375	0.0675
1000	0.040	0.0250	0.0450
1100	0.020	0.0125	0.0225
1200	0.000	0.0000	0.0000

Примітка. Значення коефіцієнтів для проміжних температур визначається лінійною інтерполяцією

ДОДАТОК 5

Таблиця 1 – Ступінь вогнестійкості будинку та класи вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні значення класів вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні значення груп поширення вогню по них								
	Стіни				Колони	Сходові площадки, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	Перекрыття міжповерхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	Елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
I	REI 150 M0	REI 90 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15, M0 E 30, M1	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	EI 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0
IIIб	REI 60 M1	REI 30 M1	E 15, M0 E 30, M1	EI 15 M1	R 60 M1	R 45 M0	REI 45 M1	RE 15, M0 RE 30, M1	R 45 M1
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	EI 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1	Не нормуються	
IVa	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M2	EI 15 M1	R 15 M0	R 15 M0	REI 15 M0	RE 15 M2	R 15 M0
V	Не нормуються								

Примітка 1. Класи вогнестійкості будівельних конструкцій визначають залежно від нормованих граничних станів та межі вогнестійкості відповідно до ДБН В.1.2-7, ДСТУ Б В.1.1-4, визначених у додатку Г.

Примітка 2. Клас вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються у розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають як для несучих стін.

Примітка 3. Групи поширення вогню будівельними конструкціями визначають за методом, наведеним у додатку Д цих Норм.

Коефіцієнт φ для сталі з межею текучості f_y МПа

λ	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	0,988	0,987	0,985	0,984	0,983	0,982	0,981	0,980	0,979	0,978	0,977	0,977
20	0,967	0,962	0,959	0,955	0,952	0,949	0,946	0,943	0,941	0,938	0,936	0,934
30	0,939	0,931	0,924	0,917	0,911	0,905	0,900	0,895	0,891	0,887	0,883	0,879
40	0,906	0,894	0,883	0,873	0,863	0,854	0,846	0,839	0,832	0,825	0,820	0,814
50	0,869	0,852	0,836	0,822	0,809	0,796	0,785	0,775	0,764	0,746	0,729	0,712
60	0,827	0,805	0,785	0,766	0,749	0,721	0,696	0,672	0,650	0,628	0,608	0,588
70	0,782	0,754	0,724	0,687	0,654	0,623	0,595	0,568	0,542	0,518	0,494	0,470
80	0,734	0,686	0,641	0,602	0,566	0,532	0,501	0,471	0,442	0,414	0,386	0,359
90	0,665	0,612	0,565	0,522	0,483	0,447	0,413	0,380	0,349	0,326	0,305	0,287
100	0,599	0,542	0,493	0,448	0,408	0,369	0,335	0,309	0,286	0,267	0,250	0,235
110	0,537	0,478	0,427	0,381	0,338	0,306	0,280	0,258	0,239	0,223	0,209	0,197
120	0,479	0,419	0,366	0,321	0,287	0,260	0,237	0,219	0,203	0,190	0,178	0,167
130	0,425	0,364	0,313	0,276	0,247	0,223	0,204	0,189	0,175	0,163	0,153	0,145
140	0,376	0,315	0,272	0,240	0,215	0,195	0,178	0,164	0,153	0,143	0,134	0,126
150	0,328	0,276	0,239	0,211	0,189	0,171	0,157	0,145	0,134	0,126	0,118	0,111
160	0,290	0,244	0,212	0,187	0,167	0,152	0,139	0,129	0,120	0,112	0,105	0,099
170	0,259	0,218	0,189	0,167	0,150	0,136	0,125	0,115	0,107	0,100	0,094	0,089
180	0,233	0,196	0,170	0,150	0,135	0,123	0,112	0,104	0,097	0,091	0,085	0,081
190	0,210	0,177	0,154	0,136	0,122	0,111	0,102	0,094	0,088	0,082	0,077	0,073
200	0,191	0,161	0,140	0,124	0,111	0,101	0,093	0,086	0,080	0,075	0,071	0,067
210	0,174	0,147	0,128	0,113	0,102	0,093	0,085	0,079	0,074	0,069	0,065	0,062
220	0,160	0,135	0,118	0,104	0,094	0,086	0,077	0,073	0,068	0,064	0,060	0,057

Таблиця 1. Критична температура $\theta_{a,cr}$ для значень ступеня використання конструкції μ_0

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

Вогнезахисний матеріал (фарба з реактивною властивістю на водній основі)

«PROMAPAINТ SC3» для сталевих будівельних конструкцій

Таблиця 1. Балки. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 15

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ , мм	Коефіцієнт перерізу, A_m/V , м ⁻¹	Клас вогнестійкості R 15								
		Мінімальна товщина покриття, за якої температура нижча від проектної, мм								
15,15	66	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
14,29	70	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
13,33	75	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
12,50	80	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
11,76	85	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
11,11	90	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
10,53	95	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
10,00	100	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
9,52	105	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
9,09	110	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,70	115	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,33	120	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,00	125	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,69	130	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,41	135	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,14	140	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,90	145	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,67	150	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,45	155	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,25	160	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,06	165	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,88	170	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,71	175	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,56	180	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,41	185	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,26	190	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,13	195	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,00	200	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,88	205	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,76	210	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,65	215	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,55	220	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,44	225	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,35	230	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,26	235	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,17	240	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,08	245	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,00	250	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,92	255	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,85	260	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,77	265	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,70	270	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,64	275	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,57	280	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,51	285	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,45	290	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,39	295	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,33	300	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,28	305	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,23	310	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,17	315	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,13	320	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,08	325	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,03	330	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
2,99	335	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
2,94	340	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

Вогнезахисний матеріал (фарба з реактивною властивістю на водній основі)
«PROMAPAINТ SC3» для сталевих будівельних конструкцій

Таблиця 4. Балки. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 60

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ , мм	Коефіцієнт перерізу, λ_1 , м	Клас вогнестійкості R 60								
		Мінімальна товщина покриття, за якої температура нижча від проектної, мм								
15,15	66	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
14,29	70	1,902	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
13,33	75	1,975	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
12,50	80	2,044	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
11,76	85	2,111	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
11,11	90	2,174	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
10,53	95	2,235	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
10,00	100	2,293	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
9,52	105	2,349	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
9,09	110	2,402	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,70	115	2,454	1,871	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,33	120	2,503	1,913	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
8,00	125	2,551	1,953	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,69	130	2,597	1,992	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,41	135	2,641	2,029	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
7,14	140	2,684	2,066	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,90	145	2,725	2,101	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,67	150	2,765	2,135	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,45	155	2,804	2,168	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,25	160	2,841	2,199	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
6,06	165	2,877	2,230	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,88	170	2,911	2,260	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,71	175	2,945	2,289	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,56	180	2,978	2,318	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,41	185	3,009	2,345	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,26	190	3,040	2,372	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,13	195	3,070	2,397	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
5,00	200	3,099	2,423	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,88	205	3,127	2,447	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,76	210	3,154	2,471	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,65	215	3,181	2,494	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,55	220	3,206	2,517	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,44	225	3,231	2,539	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,35	230	3,256	2,560	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,26	235	3,280	2,581	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,17	240	3,303	2,601	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,08	245	3,325	2,621	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
4,00	250	3,347	2,641	1,851	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,92	255	3,369	2,660	1,866	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,85	260	3,389	2,678	1,881	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,77	265	3,410	2,696	1,895	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,70	270	3,430	2,714	1,909	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,64	275	3,449	2,731	1,922	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,57	280	3,468	2,748	1,936	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,51	285	3,486	2,764	1,949	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,45	290	3,504	2,780	1,962	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,39	295	3,522	2,796	1,974	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,33	300	3,539	2,811	1,987	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,28	305	3,556	2,826	1,999	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,23	310	3,573	2,841	2,010	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,17	315	3,589	2,856	2,022	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,13	320	3,604	2,870	2,033	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,08	325	3,620	2,884	2,044	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
3,03	330	3,635	2,897	2,055	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
2,99	335	3,650	2,910	2,066	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
2,94	340	3,664	2,923	2,076	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845
2,92	342	3,669	2,928	2,080	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845	1,845

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

Вогнезахисний матеріал (фарба з реактивною властивістю на водній основі)
 «PROMAPAINТ SC3» для сталевих будівельних конструкцій

Таблиця 8. Колони. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 60

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ , мм	Коефіцієнт перерізу, $\frac{A_1}{V}$, м	Клас вогнестійкості R 60								
		Мінімальна товщина покриття, за якої температура нижча від проектної, мм								
14,08	71	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
13,33	75	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
12,50	80	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
11,76	85	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
11,11	90	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
10,53	95	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
10,00	100	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
9,52	105	2.005	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
9,09	110	2.103	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,70	115	2.195	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,33	120	2.281	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,00	125	2.363	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,69	130	2.440	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,41	135	2.513	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,14	140	2.582	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,90	145	2.648	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,67	150	2.711	1.979	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,45	155	2.770	2.038	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,25	160	2.827	2.094	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,06	165	2.881	2.147	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,88	170	2.933	2.199	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,71	175	2.982	2.248	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,56	180	3.030	2.295	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,41	185	3.075	2.340	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,26	190	3.119	2.334	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,13	195	3.160	2.426	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
5,00	200	3.200	2.466	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,88	205	3.239	2.505	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,76	210	3.276	2.543	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,65	215	3.312	2.579	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,55	220	3.346	2.614	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,44	225	3.379	2.647	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,35	230	3.411	2.680	1.970	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,26	235	3.442	2.711	2.001	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,17	240	3.472	2.742	2.031	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,08	245	3.501	2.771	2.060	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
4,00	250	3.529	2.800	2.088	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,92	255	3.556	2.828	2.116	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,85	260	3.582	2.854	2.142	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,77	265	3.607	2.880	2.168	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,70	270	3.632	2.906	2.193	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,64	275	3.656	2.930	2.218	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,57	280	3.679	2.954	2.241	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,51	285	3.701	2.977	2.265	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,45	290	3.723	3.000	2.287	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,39	295	3.744	3.022	2.309	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,33	300	3.764	3.043	2.330	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,28	305	3.784	3.063	2.351	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,23	310	3.804	3.034	2.371	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,17	315	3.823	3.103	2.391	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,13	320	3.341	3.122	2.410	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,08	325	3.359	3.141	2.429	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
3,03	330	3.376	3.159	2.447	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
2,99	335	3.393	3.177	2.465	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
2,94	340	3.910	3.194	2.482	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
2,92	345	3.926	3.211	2.499	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
2,89	346	3.930	3.216	2.504	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

Вогнезахисний матеріал (фарба з реактивною властивістю на водній основі)
 «PROMAPAINT SC3» для сталевих будівельних конструкцій

Таблиця 9. Колони. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 90

Проектна температура, °C		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ , мм	Коефіцієнт перерізу, $\frac{A_1}{V_1}$, м	Клас вогнестійкості R 90								
		Мінімальна товщина покриття, за якої температура нижча від проектної, мм								
14,08	71	2.773	2.029	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
13,33	75	2.953	2.200	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
12,50	80	3.146	2.383	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
11,76	85	3.324	2.555	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
11,11	90	3.491	2.715	2.027	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
10,53	95	3.646	2.866	2.170	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
10,00	100	3.790	3.008	2.305	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
9,52	105	3.926	3.141	2.433	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
9,09	110	4.054	3.267	2.554	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,70	115	4.174	3.336	2.670	2.012	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,33	120	4.287	3.499	2.779	2.116	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
8,00	125	4.393	3.605	2.883	2.216	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,69	130	4.494	3.707	2.983	2.311	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,41	135	4.589	3.803	3.077	2.402	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
7,14	140	4.680	3.895	3.163	2.489	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,90	145	4.766	3.932	3.255	2.573	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
6,67	150	4.848	4.066	3.337	2.653	2.016	1.951	1.951	1.951	1.951
6,45	155	4.926	4.145	3.417	2.730	2.090	1.951	1.951	1.951	1.951
6,25	160	5.000	4.222	3.493	2.805	2.161	1.951	1.951	1.951	1.951
6,06	165	5.071	4.294	3.566	2.376	2.229	1.951	1.951	1.951	1.951
5,88	170	5.138	4.364	3.636	2.945	2.295	1.951	1.951	1.951	1.951
5,71	175	5.203	4.431	3.703	3.011	2.359	1.951	1.951	1.951	1.951
5,56	180	5.265	4.495	3.763	3.075	2.421	1.951	1.951	1.951	1.951
5,41	185	5.324	4.557	3.830	3.137	2.430	1.951	1.951	1.951	1.951
5,26	190	5.331	4.616	3.891	3.196	2.538	1.951	1.951	1.951	1.951
5,13	195	5.435	4.673	3.949	3.254	2.594	1.951	1.951	1.951	1.951
5,00	200	5.488	4.723	4.004	3.309	2.643	2.000	1.951	1.951	1.951
4,88	205	5.538	4.781	4.058	3.363	2.700	2.050	1.951	1.951	1.951
4,76	210	5.587	4.832	4.110	3.415	2.751	2.098	1.951	1.951	1.951
4,65	215	5.633	4.881	4.161	3.465	2.800	2.146	1.951	1.951	1.951
4,55	220	5.678	4.929	4.210	3.514	2.848	2.191	1.951	1.951	1.951
4,44	225	5.722	4.974	4.257	3.561	2.894	2.236	1.951	1.951	1.951
4,35	230	5.763	5.019	4.302	3.607	2.939	2.279	1.951	1.951	1.951
4,26	235	5.804	5.062	4.346	3.651	2.983	2.321	1.951	1.951	1.951
4,17	240	5.843	5.103	4.389	3.695	3.026	2.362	1.951	1.951	1.951
4,08	245	5.881	5.143	4.431	3.737	3.067	2.402	1.951	1.951	1.951
4,00	250	5.917	5.182	4.471	3.777	3.107	2.441	1.951	1.951	1.951
3,92	255	5.952	5.219	4.510	3.817	3.146	2.479	1.951	1.951	1.951
3,85	260	5.986	5.256	4.548	3.855	3.185	2.516	1.951	1.951	1.951
3,77	265	6.019	5.291	4.585	3.893	3.222	2.552	1.951	1.951	1.951
3,70	270	6.051	5.326	4.620	3.929	3.258	2.587	1.951	1.951	1.951
3,64	275	6.083	5.359	4.655	3.964	3.293	2.621	1.951	1.951	1.951
3,57	280	6.113	5.391	4.689	3.999	3.328	2.654	1.951	1.951	1.951
3,51	285	6.142	5.423	4.722	4.032	3.361	2.687	1.968	1.951	1.951
3,45	290	6.170	5.453	4.754	4.065	3.394	2.719	1.998	1.951	1.951
3,39	295	6.198	5.483	4.785	4.097	3.426	2.750	2.028	1.951	1.951
3,33	300	6.225	5.512	4.815	4.123	3.457	2.701	2.057	1.951	1.951
3,28	305	6.251	5.540	4.845	4.153	3.437	2.310	2.035	1.951	1.951
3,23	310	6.276	5.568	4.874	4.133	3.517	2.340	2.112	1.951	1.951
3,17	315	6.301	5.594	4.902	4.217	3.546	2.363	2.139	1.951	1.951
3,13	320	6.325	5.622	4.929	4.245	3.574	2.396	2.166	1.951	1.951
3,08	325	6.348	5.646	4.956	4.272	3.602	2.923	2.191	1.951	1.951
3,03	330	6.371	5.670	4.982	4.299	3.629	2.950	2.217	1.951	1.951
2,99	335	6.393	5.694	5.003	4.325	3.656	2.976	2.241	1.951	1.951
2,94	340	6.415	5.718	5.032	4.351	3.681	3.001	2.266	1.951	1.951
2,92	345	6.436	5.741	5.057	4.376	3.707	3.026	2.290	1.951	1.951
2,89	346	6.441	5.747	5.063	4.383	3.714	3.033	2.296	1.951	1.951

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ

Вогнезахисний матеріал (фарба з реактивною властивістю на водній основі)
«PROMAPAINТ SC3» для сталевих будівельних конструкцій

Таблиця 10. Колони. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 120

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ , мм	Коефіцієнт перерізу, $\frac{Am}{V}$, м ⁻¹	Клас вогнестійкості R 120								
		Мінімальна товщина покриття, за якої температура нижча від проектної, мм								
14,08	71	4.423	3.577	2.846	2.207	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
13,33	75	4.646	3.793	3.052	2.399	1.951	1.951	1.951	1.951	1.951
12,50	80	4.884	4.025	3.274	2.609	2.024	1.951	1.951	1.951	1.951
11,76	85	5.104	4.241	3.483	2.807	2.210	1.951	1.951	1.951	1.951
11,11	90	5.309	4.444	3.680	2.995	2.387	1.951	1.951	1.951	1.951
10,53	95	5.501	4.635	3.865	3.173	2.555	1.985	1.951	1.951	1.951
10,00	100	5.680	4.814	4.041	3.342	2.716	2.136	1.951	1.951	1.951
9,52	105	5.847	4.933	4.207	3.503	2.370	2.231	1.951	1.951	1.951
9,09	110	6.005	5.142	4.365	3.656	3.017	2.420	1.951	1.951	1.951
8,70	115	6.153	5.293	4.514	3.302	3.157	2.553	1.951	1.951	1.951
8,33	120	6.292	5.435	4.657	3.942	3.292	2.681	2.063	1.951	1.951
8,00	125	6.424	5.570	4.792	4.075	3.421	2.804	2.133	1.951	1.951
7,69	130	6.548	5.698	4.921	4.202	3.545	2.923	2.294	1.951	1.951
7,41	135	6.666	5.820	5.044	4.324	3.664	3.037	2.402	1.951	1.951
7,14	140	6.778	5.936	5.162	4.441	3.778	3.147	2.505	1.951	1.951
6,90	145	-	6.047	5.274	4.553	3.888	3.254	2.606	1.951	1.951
6,67	150	-	6.152	5.382	4.661	3.994	3.356	2.703	2.020	1.951
6,45	155	-	6.253	5.485	4.764	4.096	3.455	2.797	2.106	1.951
6,25	160	-	6.349	5.583	4.863	4.194	3.551	2.888	2.191	1.951
6,06	165	-	6.442	5.678	4.959	4.289	3.643	2.976	2.272	1.951
5,88	170	-	6.530	5.769	5.051	4.381	3.733	3.062	2.351	1.951
5,71	175	-	6.614	5.357	5.140	4.469	3.320	3.145	2.429	1.951
5,56	180	-	6.696	5.941	5.225	4.555	3.904	3.225	2.504	1.951
5,41	185	-	6.774	6.022	5.305	4.637	3.935	3.303	2.577	1.951
5,26	190	-	6.849	6.100	5.387	4.717	4.064	3.379	2.648	1.975
5,13	195	-	-	6.175	5.464	4.794	4.140	3.453	2.717	2.033
5,00	200	-	-	6.248	5.538	4.869	4.215	3.525	2.784	2.101
4,88	205	-	-	6.318	5.610	4.942	4.287	3.595	2.850	2.162
4,76	210	-	-	6.385	5.680	5.012	4.357	3.663	2.914	2.221
4,65	215	-	-	6.451	5.747	5.081	4.425	3.729	2.976	2.279
4,55	220	-	-	6.514	5.812	5.147	4.491	3.793	3.037	2.336
4,44	225	-	-	6.575	5.876	5.211	4.555	3.856	3.097	2.391
4,35	230	-	-	6.634	5.937	5.274	4.618	3.917	3.155	2.445
4,26	235	-	-	6.692	5.997	5.334	4.679	3.977	3.211	2.498
4,17	240	-	-	6.747	6.054	5.393	4.733	4.035	3.266	2.550
4,08	245	-	-	6.801	6.110	5.451	4.796	4.092	3.320	2.602
4,00	250	-	-	6.853	6.165	5.507	4.352	4.147	3.373	2.650
3,92	255	-	-	-	6.218	5.561	4.907	4.201	3.425	2.693
3,85	260	-	-	-	6.269	5.614	4.960	4.253	3.475	2.746
3,77	265	-	-	-	6.319	5.665	5.012	4.305	3.524	2.792
3,70	270	-	-	-	6.368	5.715	5.063	4.355	3.572	2.838
3,64	275	-	-	-	6.415	5.764	5.113	4.404	3.619	2.882
3,57	280	-	-	-	6.461	5.812	5.161	4.452	3.666	2.926
3,51	285	-	-	-	6.506	5.858	5.208	4.499	3.711	2.969
3,45	290	-	-	-	6.550	5.904	5.254	4.545	3.755	3.011
3,39	295	-	-	-	6.593	5.948	5.299	4.590	3.793	3.052
3,33	300	-	-	-	6.634	5.991	5.343	4.634	3.840	3.092
3,28	305	-	-	-	6.675	6.033	5.337	4.676	3.332	3.131
3,23	310	-	-	-	6.714	6.075	5.429	4.719	3.923	3.170
3,17	315	-	-	-	6.753	6.115	5.470	4.760	3.962	3.203
3,13	320	-	-	-	6.791	6.154	5.510	4.300	4.001	3.246
3,08	325	-	-	-	6.827	6.192	5.549	4.839	4.040	3.282
3,03	330	-	-	-	-	6.230	5.588	4.878	4.077	3.318
2,99	335	-	-	-	-	6.267	5.626	4.916	4.114	3.353
2,94	340	-	-	-	-	6.303	5.663	4.953	4.150	3.388
2,92	345	-	-	-	-	6.338	5.699	4.989	4.186	3.422
2,89	346	-	-	-	-	6.347	5.709	4.999	4.195	3.431

