

**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

Рудешко І.В., Сідней С.О.

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

щодо виконання контрольної роботи
з дисципліни *«Безпека експлуатації будівель і споруд»*

**«БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК
ТА ПЕРЕВІРКА КЛАСІВ ВОГНЕСТІЙКОСТІ»**

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).

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).

ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2.

Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення.
Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).

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

Черкаси 2024

УДК 624.07

Рудешко І.В., Сідней С.О. *Будівельні конструкції. Конструктивний розрахунок та перевірка класів вогнестійкості*: методичний посібник щодо виконання контрольної роботи / Рудешко І.В., Сідней С.О. – Черкаси: Черкаській інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2024. – 47с.

Даний посібник призначений для першого ознайомлення з основними правилами проектування відповідно до гармонізованих європейських норм розрахунку несучих будівельних конструкцій будівель і споруд у короткому вигляді, а також визначення і перевірка класів 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 «Охорона праці» у галузі знань 26 «Цивільна безпека» у виборі та вивченні навчального матеріалу з дисципліни «Безпека експлуатації будівель і споруд», конструктивний розрахунок сталевих конструкцій за граничними станами 1-ї і 2-ї груп, та визначення і перевірка класів вогнестійкості сталевих і залізобетонних конструкцій за Єврокодом 3 та Єврокодом 2 частина 1-2.

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

Розрахунки будівельних 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. Виконання завдань контрольної роботи.....	
2.1. Перевірка сталевих балок за I та II групами граничних станів.....	
2.2. Підбір двотаврового перерізу для вільно опертої сталевих балки із умови міцності і жорсткості.....	
2.3. Перевірка на відповідність класу вогнестійкості без вогнезахисту і визначення можливості доведення до необхідного класу вогнестійкості колони із вогнезахистом.....	
2.4. Перевірка відповідності класу вогнестійкості залізобетонної плити перекриття.....	
2.5. Перевірка відповідності класу вогнестійкості залізобетонної балки сходової клітини.....	
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 «Безпека експлуатації будівель і споруд» за розділом «Сталеві і залізобетонні конструкції», подальше їх поглиблення, удосконалення навичок розрахунку будівельних конструкцій за граничними станами, перевірки їх несучої здатності, визначення і перевірка класу їх вогнестійкості, підвищення класу вогнестійкості сталевих конструкцій за допомогою сучасних вогнезахисних покриттів.

Згідно навчального плану, у період вивчення предмету «Безпека експлуатації будівель і споруд» здобувач вищої освіти має виконати контрольну роботу за розділом «Сталеві і залізобетонні конструкції», 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:

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

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 E, Па	2·10 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 6м;
- 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 спертої металевої балки виглядає так:

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

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 6м: $[f_u] = \frac{l}{200} = \frac{600}{200} = 3 \text{ см}$

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

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: 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 колону - 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 однакоє закріплення: шарнірне з обох боків;
- клас вогнестійкості без вогнезахисту R15 для усіх варіантів однаковий.

Умова задачі:

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

Вихідні дані:

Конструкція виготовлена зі сталі С520, довжиною $l=3\text{м}$, з двотаврового профілю №30. Постійне навантаження на колону $G_k=600\text{кН}$, змінне навантаження $Q_k=200\text{кН}$.

Геометричні характеристики двутавру №30 обираємо за сортаментом: висота перерізу $h=300\text{мм}$, ширина перерізу $b=135\text{мм}$, товщина стінки $t_w=6,5\text{мм}$, товщина полиці $t_f=10,2\text{мм}$, 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 6.

4. Визначаємо коефіцієнт перерізу A_m/V :

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

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

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 колона 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 2.4: Визначити вогнестійкість залізобетонної ненапруженої вільноспертої плити перекриття паркінгу у 9-ти поверховому багатосекційному житловому будинку за допомогою табличних даних та спрощеного (зонного) методу.

№	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.	Ступінь вогнестійкості будівлі	I			II				III		
2.	Клас бетону	C16/20		C20/25		C25/30		C30/35			
3.	Розміри перерізу, $h \times b$, мм	200 × 2000				200 × 1600				200 × 2500	
4.	Відстань до осі арматури, мм	15		20		25		30		40	
5.	Поздовжнє армування	4Ø16 A400 ($A_s = 804 \text{ мм}^2$)		4Ø22 A500 ($A_s = 1520 \text{ мм}^2$)		3Ø18 A400 ($A_s = 942 \text{ мм}^2$)		3Ø18 A500 ($A_s = 762 \text{ мм}^2$)		2Ø25 A400 ($A_s = 982 \text{ мм}^2$)	
6.	Довжина l прольоту плити, м / F_d , кН/м	6 м / 250 кН/м				8 м / 300 кН/м				9 м / 400кН/м	

2. Обираємо свій варіант. Вхідні дані.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що ступінь вогнестійкості будівлі II;
- друга літера «Я» вказує на клас бетону C 25/30;
- третя літера «Т» вказує на розмір перерізу 200 мм (висота) × 2000 мм (ширина);
- четверта літера «У» вказує на відстань до осі арматури 30 мм (захисний шар бетону);

- п'ята літера «В» вказує на поздовжнє армування, що складається з чотирьох стержнів діаметром 22 мм маркою сталі А500, A_s –площа поперечного перерізу арматури 1520 мм².
- шоста літера «А» вказує на довжину прольоту плити $l=6$ м та дію рівномірно-розподіленого навантаження $F_d = 25$ кН/м.

2. Визначаємо, необхідний нормований клас вогнестійкості плити перекриття паркінгу 9-ти поверхового багатосекційного житлового будинку.

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	Перекриття міжповерхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	Елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні ненесучі	внутрішні ненесучі (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 меж 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.

Враховуючи, що приміщення паркінгу необхідно відокремлювати від житлової частини будинку перекриттям, що за проектом спирається на несучі стіни (R 120) та колони (R 120) у будівлі II ступеня вогнестійкості, нормований клас плити перекриття паркінгу має бути не нижчим за – R 120.

3. Переходимо до табличного методу.

Використовуємо таблицю 5.8 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).

Таблиця 5.8 – Мінімальні розміри та відстані до осі арматури вільно опертих суцільних залізобетонних плит, що працюють в одному та двох напрямках з ненапруженою та попередньо напруженою арматурою

Table 5.8 – Minimum dimensions and axis distances for reinforced and prestressed concrete simply supported one-way and two-way solid slabs

Нормована вогнестійкість Standard fire resistance	Мінімальні розміри, мм Minimum dimensions (mm)			
	Товщина плити h_s , мм Slab thickness h_s (mm)	Відстань до осі арматури a axis-distance a		
		в одному напрямку	в двох напрямках two way:	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10*	10*	10*
REI 60	80	20	10*	15*
REI 90	100	30	15*	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Враховуючи, що задана плита вільно оперта, і працює у одному напрямку використовуємо 3 стовпчик.

За результатами перевірки встановлено, що за табличним методом задана товщина плити, що розглядається – 200 мм перевірку проходить, але відстань до осі арматури 30 мм недостатня, потрібно 40мм.

4. Приступаємо до спрощеного (зонного) методу.

Поперечний переріз плити розглядаємо як такий, що зазнає вогневого впливу з одного боку – знизу. Відстань до осі арматури $a = 30$ мм.

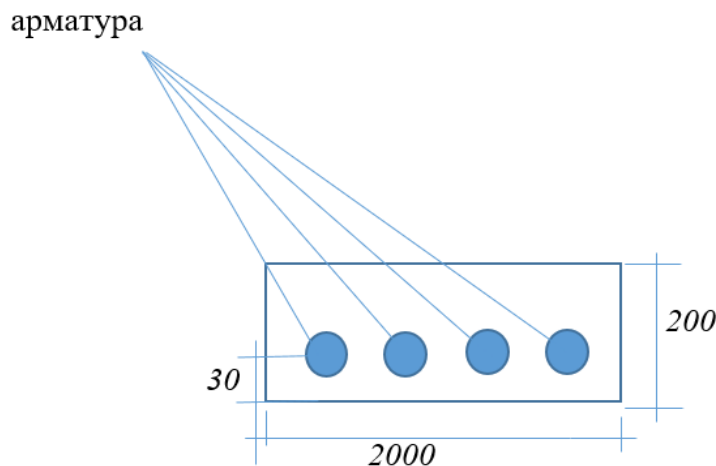


Рисунок 1. Переріз залізобетонної плити перекриття.

Приведення поперечного перерізу базується на визначенні a_z – пошкодженої зони обігрівної поверхні.

Приступаємо до використання рисунку А.2 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).

$\frac{1}{2}$ товщині перерізу плити 100 мм ділимо на 5 однакових паралельних зон (n), тобто на 20 мм кожну.

За рисунком А.2 визначаємо температури для середини кожної зони перерізу та для центру всього перерізу Θ_M , тобто на 100 мм:

$$\Theta_1 (10\text{мм}) = 840^\circ\text{C},$$

$$\Theta_2 (30\text{мм}) = 580^\circ\text{C},$$

$$\Theta_3 (50\text{мм}) = 390^\circ\text{C},$$

$$\Theta_4 (70\text{мм}) = 280^\circ\text{C},$$

$$\Theta_5 (90\text{мм}) = 180^\circ\text{C},$$

$$\Theta_M = 150^\circ\text{C}.$$

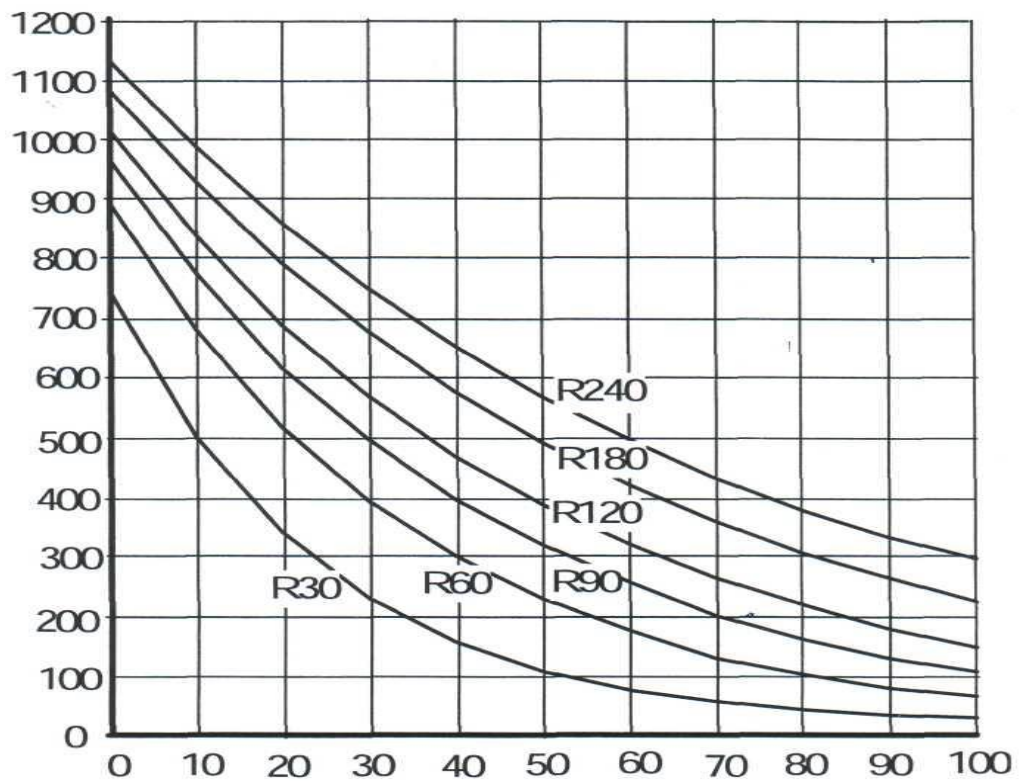


Рисунок А.2 – Температурні криві плит (висота $h = 200$ мм) для R30 – R240.

5. Визначаємо відповідні коефіцієнти зниження міцності бетону на стиск $k_c(\Theta_i)$

Таблиця Б.1 – Значення параметрів діаграми "напруження-деформація" для звичайного бетону за підвищених температур

Температура бетону, θ , °C	Силікатний заповнювач			Карбонатний заповнювач		
	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$
1	2	3	4	5	6	7
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0150	0,0325	0,74	0,0150	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00	–	–	0,00	–	–

$k_c(\theta_1) = 0,122$; $k_c(\theta_2) = 0,48$; $k_c(\theta_3) = 0,76$; $k_c(\theta_4) = 0,87$; $k_c(\theta_5) = 0,96$; $k_c(\theta_M) = 0,975$, враховуючи що за умовами бетон з силікатним заповнювачем.

Визначаємо середній коефіцієнт зниження міцності бетону для визначеної частини, що враховує при розрахунку зміни кожної зони за формулою:

$$k_{c,m} = \frac{(1-0,2/n)}{n} \sum_{i=1}^n k_c(\theta_i) = \frac{(1-0,2/5)}{5} \cdot (0,122 + 0,48 + 0,75 + 0,87 + 0,96) = 0,61$$

Розраховуємо висоту пошкодженої зони плити за формулою:

$$a_z = w \left[1 - \left(\frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right) \right] = 100 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,61}{0,975} \right) \right] = 37,4 \text{ мм}; \text{ приймаємо } 38 \text{ мм}$$

Зменшимо висоту поперечного перерізу плити на величину $a_z = 38$ мм з однієї сторони, що зазнає вогневого впливу.

Розрахункова висота перерізу $h_{fi} = 200 - 38 = 162$ мм, ширина b_{fi} залишається такою ж самою 200 мм.

6. Визначаємо температуру в арматурних стержнях:

$\theta = 580$ °C, $k_s(\theta) (580$ °C) = 0,382, тому $k_v(\theta)$ - середній коефіцієнт зниження міцності арматури = 0,382

$$k_s(\theta) = 1,0$$

$$\text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}$$

$$k_s(\theta) = 0,7 - 0,3(\theta - 400)/300$$

$$\text{для } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}$$

$$k_s(\theta) = 0,57 - 0,13(\theta - 500)/100$$

$$\text{для } 400^\circ\text{C} < \theta \leq 500^\circ\text{C}$$

$$k_s(\theta) = 0,1 - 0,47(\theta - 700)/200$$

$$\text{для } 500^\circ\text{C} < \theta \leq 700^\circ\text{C}$$

$$k_s(\theta) = 0,1(1200 - \theta)/500$$

$$\text{для } 700^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$$

Визначаємо зменшену міцність арматури залежно від температури стержнів.

$$f_{su,fi}(\Theta_M) = 0,87 \times f_{yk} \times k_v(\Theta) = 0,87 \times 500 \times 0,382 = 166,17 \text{ МПа}$$

де f_{yk} – межа текучості арматури (характеристичне значення)

7. Проводимо розрахунок плити перекриття на вогнестійкість. (тобто порівнюємо її несучу здатність і навантаження за умови пожежі).

Спочатку знаходимо висоту стиснутої зони бетону:

$$x = (f_{su,fi} \times A_s) / (0,576 \times f_{ck} \times b \times 0,8) =$$
$$= (166,17 \times 1520) / (0,576 \times 25000000 \times 2,0 \times 0,8) = 10,96 \text{ мм} \approx 11 \text{ мм}$$

де f_{ck} – характеристична міцність бетону на стиск (за маркою бетону С25/30)

$f_{su,fi}$ – зменшена міцність арматури, залежно від температури стержнів (дивиться п.6)

A_s – площа поперечного перерізу арматурних стрижнів

b – ширина перерізу плити (2,0 м)

$$z = d - 0,5x = 132 - 0,5 \times 11 = 126,5 \text{ мм}$$

$$d = h_{fi} - a = 162 - 30 = 132 \text{ мм}$$

a – відстань до вісі арматури (30 мм)

h_{fi} – розрахункова висота перерізу плити (із врахуванням пошкодженої зони)

d – робоча висота перерізу

z – плече внутрішньої пари сил

Визначаємо несучу здатність плити перекриття і навантаження на неї за умови пожежі:

$$M_{Rd,fi} = f_{su,fi}(\Theta_M) \times z \times A_s = 166,17 \times 126,5 \times 1520 = 31,95 \text{ кНм}$$

$$M_{Ed,fi} = F_d l^2 / 8 \times 0,7 = 25000 \times 36 / 8 \times 0,7 = 78,75 \text{ кНм}$$

$$M_{Ed,fi} \geq M_{Rd,fi}$$

Висновок: оскільки навантаження на плиту при пожежі, а саме $M_{Ed,fi}$ *більше* за її несучу здатність при пожежі $M_{Rd,fi}$ залізобетона плита перекриття не відповідає нормованому класу вогнестійкості REI 120.

Завдання 2.5: Визначити вогнестійкість залізобетонної ненапруженої вільноопертої балки за допомогою табличних даних та спрощеним (зонним) методом.

№	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.	Ступінь вогнестійкості будівлі	I			II			III			
2.	Клас бетону	C16/20		C20/25		C25/30		C30/35			
3.	Розміри перерізу, $h \times b$, мм	600 × 300			300 × 160			800 × 500			
4.	Відстань до осі арматури, a мм	24		20		23		21		22	
5.	Поздовжнє армування	4Ø16 A400 ($A_s = 804$ мм ²)		4Ø22 A500 ($A_s = 1520$ мм ²)		3Ø18 A400 ($A_s = 942$ мм ²)		3Ø18 A500 ($A_s = 762$ мм ²)		2Ø25 A400 ($A_s = 982$ мм ²)	
6.	l прольоту балки, м / F_d , кН/м	6 м / 25 кН/м			4 м / 30 кН/м			5 м / 40 кН/м			

1. Обираємо свій варіант.

Прізвище Рятувальник:

- перша літера «Р» нам вказує, що ступінь вогнестійкості будівлі II;
- друга літера «Я» вказує на клас бетону C 25/30;
- третя літера «Т» вказує на розмір перерізу 600 мм × 300 мм;
- четверта літера «У» вказує на відстань до осі арматури 21 мм;
- п'ята літера «В» вказує на поздовжнє армування, що складається з чотирьох стержнів діаметром 22 мм зі сталі марки A500, A_s –площа поперечного перерізу арматури 1520 мм².
- шоста літера «А» вказує на довжину прольоту балки 6 м та дію рівномірно-розподіленого навантаження $F_d = 25$ кН/м.

2. Визначаємо, необхідний нормований клас вогнестійкості балки.

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 ненесучі	внутрішні ненесучі (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.

Нормований клас вогнестійкості балки сходової клітини у будівлі II ступеня вогнестійкості – R 60.

2. Переходимо до табличного методу.

Використовуємо таблицю Д.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 Настанови з проектування залізобетонних балок, розрахунок на вогнестійкість Додаток Д (Табличні дані)

Таблиця Д.1 – Мінімальні розміри і відстані до осі арматури вільно обпертих балок із ненапруженого і попередньо напруженого залізобетону

Нормований клас вогнестійкості	Мінімальні розміри, мм				Товщина стінки балки, b_w
	Можливі сполучення a і b_{min} , де a – середня відстань до осі арматури, b_{min} – ширина балки				
1	2	3	4	5	6
R30	$b_{min} = 80$	120	160	200	80
	$a = 25$	20	15*	15*	
R60	$b_{min} = 120$	160	200	300	100
	$a = 40$	35	30	25	
R90	$b_{min} = 150$	200	300	400	110
	$a = 55$	45	40	35	
R120	$b_{min} = 200$	240	300	500	130
	$a = 65$	60	55	50	
R180	$b_{min} = 240$	300	400	600	150
	$a = 80$	70	65	60	
R240	$b_{min} = 280$	350	500	700	170
	$a = 90$	80	75	70	

$a_{sd} = a + 10$ мм (див. примітку нижче)

Примітка. Для попередньо напружених балок збільшують відстані до осі арматури згідно з 8.2.4. a_{sd} – відстань до сторони балки від осі куткових стрижнів (попередньо напружених арматурних елементів або дроту) балок тільки з одним рядом армування. Для значень b_{min} , що є більшими за наведені в колонці 4, значення a_{sd} не збільшують.

*1) Захисний шар бетону має бути не менше визначеного згідно з ДБН В.2.6-96.

За результатами перевірки встановлено, що за табличним методом задана ширина конструкції 300 мм відповідає класу R60, однак відстань до осі арматури 21 мм не відповідає відповідному класу вогнестійкості (мінімальна відстань повинна бути не менше 25 мм при ширині перерізу балки 300 мм).

2. Приступаємо до спрощеного (зонного) методу.

Поперечний переріз балки розглядаємо як такий, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін. Знизу та з двох боків.

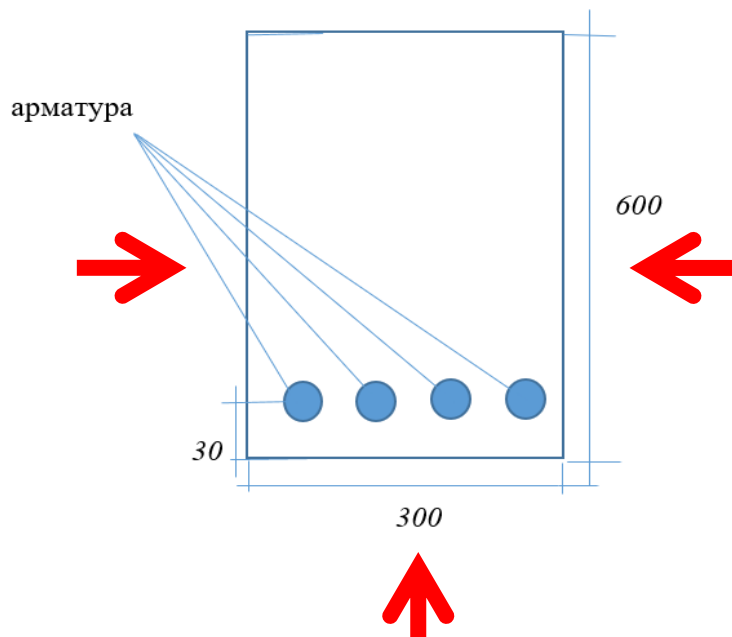


Рисунок 2. Переріз залізобетонної балки.

Приведення поперечного перерізу базується на визначенні a_z – пошкодженої зони поверхні, що обігривається.

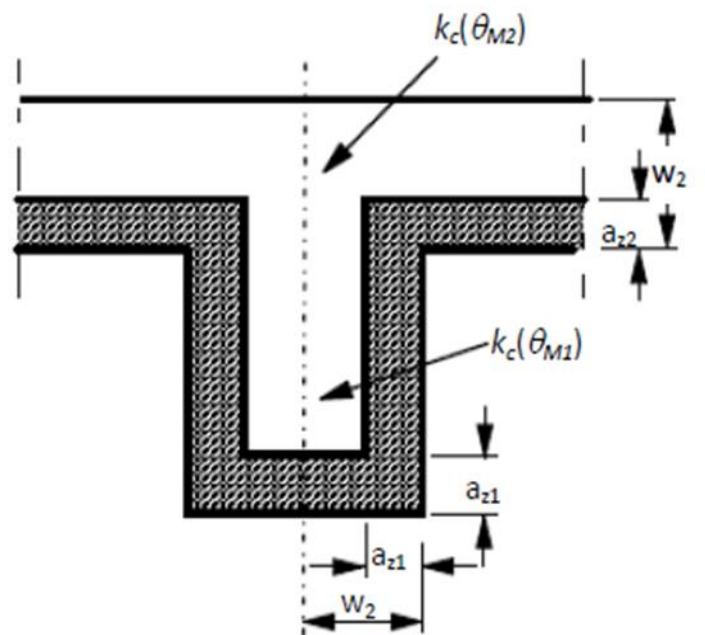


Рисунок 3. Приведений поперечний переріз балки.

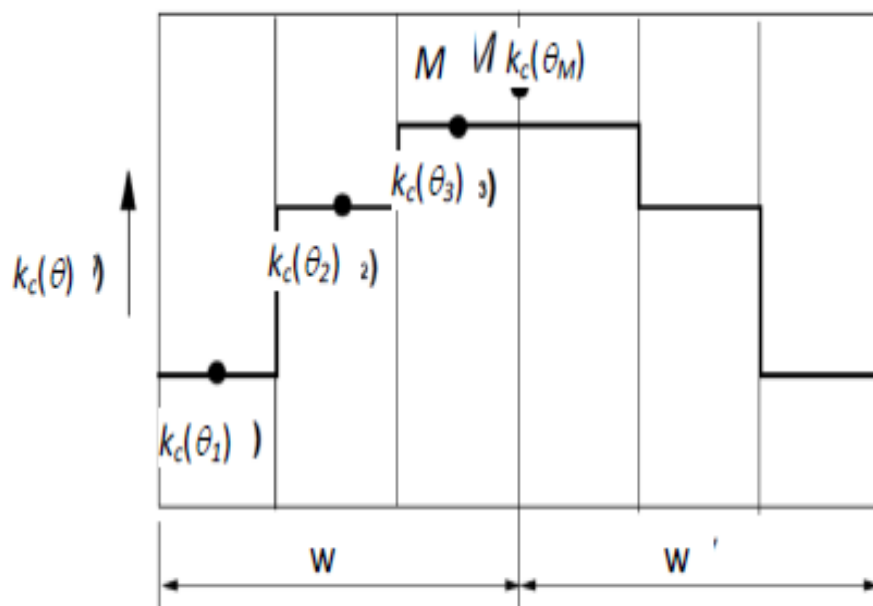


Рисунок 4. Схема розділення перерізу на зони однакової ширини.

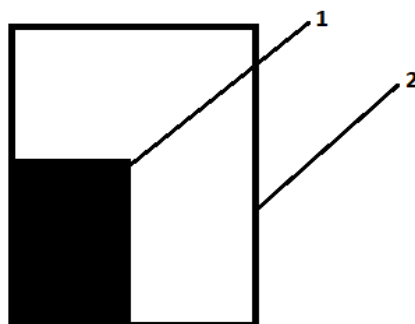


Рисунок 5. Площа поперечного перерізу, для якого наведені температурні криві.

1 – площа з температурними кривими; 2 – площа поперечного перерізу.

2. Приступаємо до використання додатку «А».

Температурні криві ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 Настанови з проектування залізобетонних балок, розрахунок на вогнестійкість.

Враховуючи заданий переріз балки 600 мм × 300 мм підбираємо відповідні температурні криві.

Відповідно рисунку 4 прийнято розділення половини перерізу на 3 зони однакової ширини, тобто по 50 мм кожна. Визначаємо температури для середини кожної зони перерізу та для центру всього перерізу θ_M - тобто на 150 мм: $\theta_1(25\text{мм})=480^\circ\text{C}$; $\theta_2(75\text{мм})=120^\circ\text{C}$; $\theta_3(125\text{мм})=100^\circ\text{C}$, $\theta_M = 100^\circ\text{C}$.

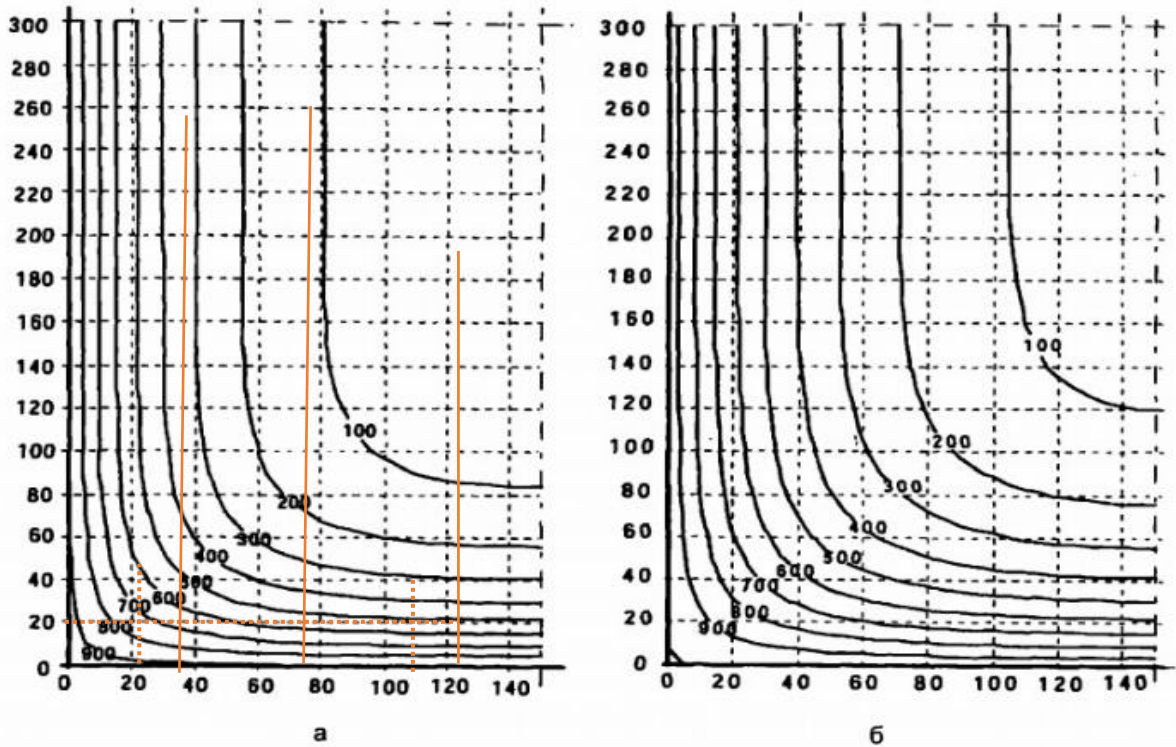


Рисунок 6. Температурні криві балки $h \times b = 600 \text{ мм} \times 300 \text{ мм}$, °C:
 а – R60; б – R90.

6. Визначаємо відповідні коефіцієнти зниження міцності бетону на стиск $k_c(\theta_i)$

Таблиця Б.1 – Значення параметрів діаграми "напруження-деформація" для звичайного бетону за підвищених температур

Температура бетону, θ , °C	Силікатний заповнювач			Карбонатний заповнювач		
	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$
1	2	3	4	5	6	7
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0150	0,0325	0,74	0,0150	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00	–	–	0,00	–	–

$$k_{c1}(\theta_1) = 0,75 - ((0,75 - 0,60)/100) \times (480 - 400) = 0,75 - 0,0015 \times (480 - 400) = 0,75 - 0,12 = 0,63$$

$$k_{c2}(\theta_2) = 1 - ((1 - 0,95)/100) \times (120 - 100) = 1 - 0,01 = 0,99$$

$$k_{c3}(\theta_3) = 0,99$$

$$k_{cM}(\theta_M) = 0,99.$$

Враховуючи, що за умовами завдання у нас бетон із силікатним заповнювачем. $k_c(\Theta_1) = 0,63$; $k_c(\Theta_2) = 0,99$; $k_c(\Theta_3) = 0,99$; $k_c(\Theta_M) = 0,99$.

Визначаємо середній коефіцієнт зниження міцності бетону для визначеної частини, що враховує при розрахунку зміни кожної зони за формулою:

$$k_{c,m} = \frac{(1 - 0,2/n)}{n} \sum_{i=1}^n k_c(\theta_i) = \frac{(1 - 0,2/3)}{3} (0,63 + 0,99 + 0,99) = 0,8$$

Розраховуємо ширину пошкодженої зони балки за формулою:

$$a_z = w \left[1 - \frac{k_{c,m}}{k_c(\Theta_M)} \right] = 150 \times \left[1 - \frac{0,8}{0,99} \right] = 28,8 \text{ мм, приймаємо } 29 \text{ мм}$$

де w – половина ширини перерізу балки

Зменшимо розміри поперечного перерізу балки на величину $a_z = 29$ мм з тих сторін, що зазнають вогневого впливу.

Розрахункові ширина $b_{fi} = 300 - (29 + 29) = 242$ мм та висота перерізу $h_{fi} = 600 - 29 = 571$ мм.

7. Визначаємо температуру в арматурних стержнях:

кутових – $\Theta_1 = 730$ °C, $k_s(\Theta) (600$ °C) = 0,094

середніх – $\Theta_1 = 500$ °C, $k_s(\Theta) (500$ °C) = 0,57

$k_v(\Theta)$ - середній коефіцієнт зниження міцності арматури

$$k_v(\Theta) = (k_{s1}(\Theta) + k_{s2}(\Theta)) \times 2 / 4 = (0,094 + 0,57) \times 2 / 4 = 0,332$$

$$k_s(\Theta) = 1,0$$

для $20^\circ\text{C} \leq \Theta \leq 100^\circ\text{C}$

$$k_s(\Theta) = 0,7 - 0,3(\Theta - 400)/300$$

для $100^\circ\text{C} < \Theta \leq 400^\circ\text{C}$

$$k_s(\Theta) = 0,57 - 0,13(\Theta - 500)/100$$

для $400^\circ\text{C} < \Theta \leq 500^\circ\text{C}$

$$k_s(\Theta) = 0,1 - 0,47(\Theta - 700)/200$$

для $500^\circ\text{C} < \Theta \leq 700^\circ\text{C}$

$$k_s(\Theta) = 0,1(1200 - \Theta)/500$$

для $700^\circ\text{C} < \Theta \leq 1200^\circ\text{C}$

Визначаємо зменшену міцність арматури залежно від температури стержнів.

$$f_{su,fi}(\Theta_M) = 0,87 \times f_{yk} \times k_v(\Theta) = 0,87 \times 500 \text{ МПа} \times 0,332 = 144,42 \text{ МПа}$$

8. Виконуємо розрахунок балки на вогнестійкість, як при нормальних температурах.

$$x = (f_{su,fi} \times A_s) / (0,576 \times f_{ck} \times b_{fi} \times 0,8) = (144,42 \text{ МПа} \times 1520 \text{ мм}^2) / (0,576 \times 25 \times 10^6 \text{ Па} \times 0,242 \text{ м} \times 0,8) = 0,07 \text{ м}$$

$$z = d - 0,5x = 550 - 0,5 \times 70 = 515 \text{ мм}$$

$$d = h_{fi} - a = 571 - 21 = 550 \text{ мм}$$

$$M_{Rd,fi} = f_{su,fi}(\Theta_M) \times A_s \times z = 120,735 \text{ кНм}$$

$$M_{Ed,fi} = F_d l^2 / 8 \times 0,7 = 25000 \times 36 / 8 \times 0,7 = 78,75 \text{ кНм}$$

$$M_{Rd,fi} = 120,735 \text{ кНм} \geq M_{Ed,fi} = 78,75 \text{ кНм}$$

Висновок: залізобетонна балка відповідає нормованому класу вогнестійкості R60.

Температурні криві балки розміром $h \times b = 300 \text{ мм} \times 160 \text{ мм}$, °С для класів вогнестійкості R30 і R60, а також температурні криві балки розміром $h \times b = 800 \text{ мм} \times 500 \text{ мм}$, °С для класів вогнестійкості R90 і R120 надано у додатку 9.

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 плоских з конструкційної сталі з високою межею плинності у загартованому та відпущеному стані (EN 10025-6:2004, IDT);
15. Поздєєв С. В., Березовський А. І., Рудешко І. В., Сідней С. О. Методичний посібник щодо виконання курсової роботи: «Залізобетонні

- конструкції та їх поведінка в умовах пожежі» щодо виконання курсової роботи Частина 2. Перевірка відповідності класів вогнестійкості залізобетонних конструкцій за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2 / – Черкаси: Черкаській інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2023. – 41 с.
16. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDN).
 17. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
 18. ДСТУ Б.В. 1.1 – 13 – 2007. Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість.
 19. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1:2002, IDT);
 20. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT);
 21. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-3:2003, IDT);
 22. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження (EN 1991-4:2005, IDT);
 23. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-7:2006, IDT);
 24. ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003, IDT);
 25. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT);
 26. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. (EN 1994-1-1:2004, IDT);
 27. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT);
 28. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільної оборони.
 29. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).
 30. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України.
 31. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України.

32. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ) ДСТУ 3760:2006. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України.
33. Тищенко О.М., Поздєєв С. В., Рудешко І. В., Березовський А. І., Сидней С. О. «Стійкість будівель і споруд при пожежі», навчальний посібник/ – Черкаси: ЧПБ НУЦЗУ, 2019 – 340с.
34. Микола ІЛЬЧЕНКО, Віктор ГВОЗДЬ, Ірина РУДЕШКО, Олег БАС. Особливості констру-ктивних рішень захисних споруд цивільного захисту: Навчальний посібник – Черкаси, 2022. 130 стр.

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	$\gamma_{Q,iy} \psi_{0,i}$	= 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	$\gamma_{Q,iy} \psi_{0,i}$	= 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**	$\gamma_{Q,iy} \psi_{0,i}$	= 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	$\gamma_{Q,iy} \psi_{0,i}$	= 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».

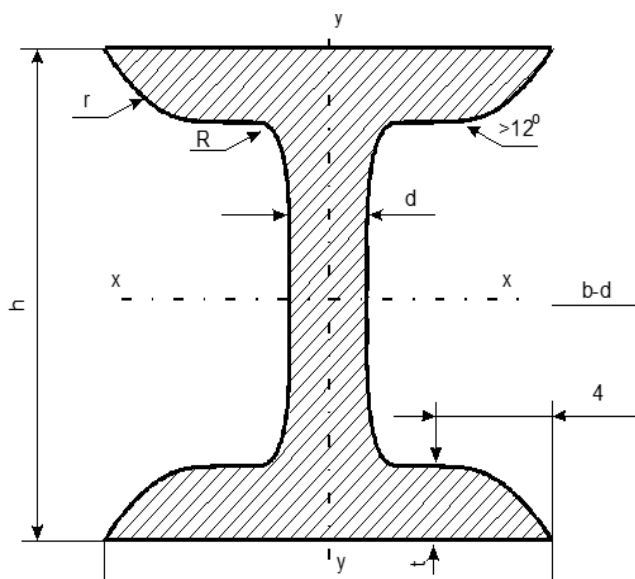
Жирним шрифтом виділено «головні супутні перемінні навантаження».

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

Таблиця 1. Температура сталевих елементів залежно від коефіцієнту перерізу

Коефіцієнт перерізу $[A_m/V]_{sh}$	Температура сталевих елементів, °С				Коефіцієнт перерізу $[A_m/V]_{sh}$	Температура сталевих елементів, °С			
	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°С		
	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

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 $-\mu_0$

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 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 Ат/В, 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, $\lambda_m/V, \text{м}$	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)
«PROMAPAINТ SC3» для сталевих будівельних конструкцій

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

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ, мм	Коефіцієнт перерізу, $\lambda_m/V, \text{м}$	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	2.876	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	4.183	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

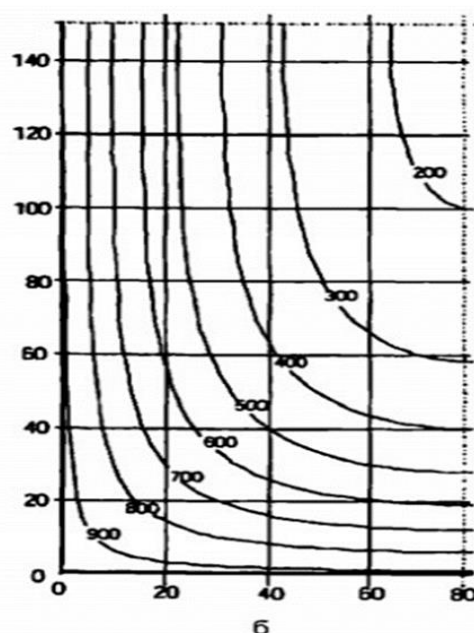
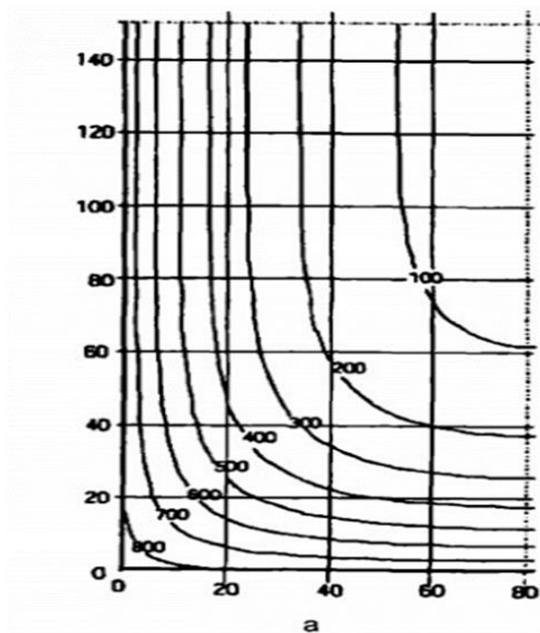
Таблиця 10. Колони. Товщина покриття для класу вогнестійкості R 120

Проектна температура, °С		350	400	450	500	550	600	650	700	750
Зведена товщина, δ, мм	Коефіцієнт перерізу, λ_1 Аг/V, м	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

ДОДАТОК 9.

Температурні криві балки $h \times b = 300 \text{ мм} \times 160 \text{ мм}$, °C:

а – R30; б – R60.



Температурні криві балки $h \times b = 800 \text{ мм} \times 500 \text{ мм}$, °C:

а – R90; б – R120.

