



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

**НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК  
РОЗРАХУНОК НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ**

**ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014**

Мінрегіон України  
Київ 2015

## ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", ТК 304 "Захист будівель і споруд", ПК 2 "Вогнестійкість будівельних конструкцій"

РОЗРОБНИКИ: **П. Бакін; Х. Коник; Т. Мірошник; Ю. Немчинов**, д-р техн. наук;  
**В. Поклонський**, канд. техн. наук (науковий керівник); **Р. Расюк; В. Тарасюк**, канд. техн. наук;  
**О. Фесенко**

За участю:

Харківський національний університет будівництва і архітектури (**С. Фомін**, д-р техн. наук;  
**П. Резник**)

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту МНС України (УкрНДІЦЗ)  
(**Л. Нефедченко; С. Новак**, канд. техн. наук)

Державна служба України з надзвичайних ситуацій (**О. Гладишко; В. Сокол**)

Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля МНС України (**С. Поздєєв**, канд. техн. наук)

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України (**П. Круковський**, д-р техн. наук)

Національний університет "Львівська політехніка" (**Б. Демчина**, д-р техн. наук; **Т. Шналь**, канд. техн. наук)

Донецька національна академія будівництва і архітектури (**В. Корсун**, д-р техн. наук)

Вармінсько-Мазурський університет (Польща) (**С. Клованіч**, д-р техн. наук)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказ Міністерства України від 15.09.2014 р. № 253, чинний з 2015-07-01

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей національний стандарт належить державі.  
Забороняється повністю чи частково видавати, відтворювати з метою  
розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання цей національний  
стандарт або його частину на будь-яких носіях інформації без дозволу  
Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального  
господарства України**

Мінрегіон України, 2015

Видавець нормативних документів у галузі будівництва  
і промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України  
**Державне підприємство "Укрархбудінформ"**

## ЗМІСТ

	С.
Вступ . . . . .	IV
1 Сфера застосування . . . . .	1
2 Нормативні посилання . . . . .	1
3 Терміни та визначення понять . . . . .	2
4 Позначки та скорочення . . . . .	4
5 Основи проектування . . . . .	5
5.1 Вимоги . . . . .	5
5.2 Впливи . . . . .	5
5.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів . . . . .	5
5.4 Методи перевірки . . . . .	6
6 Властивості матеріалів . . . . .	7
6.1 Загальні положення . . . . .	7
6.2 Міцність і деформативність матеріалів за підвищених температур . . . . .	7
6.3 Теплофізичні властивості бетону на силікатному і карбонатному заповнювачах . . . . .	11
6.4 Теплофізичні властивості ненапруженої і попередньо напруженої арматури . . . . .	13
7 Методика розрахунку . . . . .	15
7.1 Загальні положення . . . . .	15
7.2 Спрощений метод розрахунку . . . . .	16
7.3 Уточнені методи розрахунку . . . . .	19
7.4 Крихке руйнування . . . . .	20
7.5 З'єднання . . . . .	21
7.6 Вогнезахисні покриття . . . . .	21
8 Табличні дані . . . . .	21
8.1 Сфера застосування . . . . .	21
8.2 Загальні правила розрахунку . . . . .	21
8.3 Балки . . . . .	24
Додаток А	
Температурні криві . . . . .	28
Додаток Б	
Властивості матеріалів . . . . .	33
Додаток В	
Спрощені методи розрахунку . . . . .	35
Додаток Д	
Табличні дані . . . . .	40

## ВСТУП

Цей стандарт визначає основні положення і правила проектування залізобетонних балок на випадок вогневого впливу в умовах пожежі, і розроблений у розвиток основних вимог Технічного регламенту будівельних виробів, будинків і споруд, ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-14 і ДБН В.2.6-98 стосовно захисту від пожежі, обмеження ризику небезпеки для людини й суспільства, майна і навколишнього середовища, яке безпосередньо зазнає вогневого впливу під час пожежі.

Відповідальним за цей стандарт є Технічний комітет (ТК) 304 "Захист будівель і споруд".

---

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

**НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК  
РОЗРАХУНОК НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ****РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК  
РАСЧЕТ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ****GUIDANCE TO DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BEAMS  
STRUCTURAL FIRE DESIGN**

---

Чинний від **2015-07-01****1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

**1.1** Цей стандарт поширюється на проектування залізобетонних балок, що зазнають вогневого впливу, та використовується разом з ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7, ДБН В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.6-156, ДСТУ 3760 і ГОСТ 10884. Стандарт визначає відмінності або доповнює вимоги до проектування балок за нормальної температури.

**1.2** Стандарт не розглядає активних засобів вогнезахисту.

**1.3** Дія цього стандарту поширюється на залізобетонні балки з метою збереження їх несучої здатності у разі пожежі протягом визначеного часу.

**1.4** Методи, що наведені у цьому стандарті, застосовують для важкого бетону класу міцності від C8/10 до C50/60 включно згідно з ДБН В.2.6-98.

**2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

У цьому стандарті є посилання на такі нормативно-правові і нормативні документи:

"Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд", що затверджений постановою КМУ від 20 грудня 2006 р. № 1764

ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва

ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування

ДБН В.1.2-7:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека

ДБН В.1.2-14-2009 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення

ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ)

ДСТУ Б В.1.1-13:2007 Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ)

ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ)

---

ДСТУ-Н Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування

ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия (Сталь арматурна термомеханічно зміцнена для залізобетонних конструкцій. Технічні умови)

ГОСТ 13840-68 Канаты стальные арматурные 1×7. Технические условия (Канати сталеві арматурні 1×7. Технічні умови)

ГОСТ 7348-81 (СТ СЭВ 5728-86) Проволока из углеродистой стали для арматурных предварительно напряженных железобетонных конструкций. Технические условия (Дріт із вуглецевої сталі для армування попередньо напружених залізобетонних конструкцій. Технічні умови)

### **3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ**

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять:

#### **3.1 будівельний матеріал**

Матеріал, який використовується в будівництві, наприклад, бетон, сталь, деревина, кам'яна кладка тощо

#### **3.2 конструкція**

Розроблена комбінація поєднаних між собою елементів, запроектована, щоб сприймати розрахункові навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість

#### **3.3 розрахунковий критерій**

Кількісні показники, що описують для кожного граничного стану умови, які повинні бути виконані

#### **3.4 сполучення навантажень**

Погоджені схеми навантажень, сукупностей деформацій та дефектів, заданих змінних (тимчасових) та постійних дій, що одночасно розглядаються при конкретній перевірці

#### **3.5 граничні стани за несучою здатністю**

Граничні стани, пов'язані з руйнуванням або іншими схожими формами відмови конструкції

#### **3.6 міцність**

Механічна властивість матеріалу, що відображає його здатність опиратися діям, яка, зазвичай, вимірюється в одиницях напруження

#### **3.7 надійність**

Здатність конструкції або конструкційного елемента задовольняти встановлені вимоги, включаючи проектний строк експлуатації, для якого вони були запроектовані. Надійність, як правило, виражається в імовірнісних термінах

#### **3.8 характеристичне значення $X_k$ або $R_k$**

Значення властивості матеріалу або виробу, що має задану вірогідність його недосягнення у гіпотетично необмеженій серії випробувань. Це значення загалом відповідає визначеному квантилю допустимого статистичного розподілення відповідної властивості матеріалу або виробу. В деяких обставинах номінальне значення використовується як характеристичне значення

#### **3.9 розрахункове значення властивості матеріалу або виробу $X_d$ або $R_d$**

Значення, що отримане шляхом ділення характеристичного значення на частковий коефіцієнт надійності  $\gamma_m$  або  $\gamma_M$ , чи, за особливих обставин, задане безпосередньо

#### **3.10 вогнестійкість**

Здатність конструктивної системи, частини конструктивної системи або окремої конструкції відповідати обов'язковим вимогам (несуча здатність та/або огорожувальна здатність) для визначеного рівня навантаження, визначеного вогневого впливу та визначеного проміжку часу

**3.11 загальний розрахунок конструктивної системи (у разі пожежі)**

Розрахунок цілої конструктивної системи, якщо вся система або лише її частина зазнають вогневого впливу. Непрямі вогневі впливи розглядаються по всій будівлі

**3.12 окрема конструкція**

Основна складова конструктивної системи (така як балка, колона, а також розпірна стіна, ферма тощо), яка розглядається окремо, з відповідними граничними умовами та умовами спирання

**3.13 непрямі вогневі впливи**

Внутрішні сили або моменти, що спричинені тепловим розширенням

**3.14 несуча здатність  $R$** 

Здатність конструктивної системи або окремої конструкції витримувати встановлені навантаження протягом відповідної пожежі відповідно до визначеного критерію

**3.15 розрахунок конструкції (у разі пожежі)**

Теплотехнічний та механічний розрахунок конструкційного елемента, що зазнає впливу вогню, для якого елемент розглядається окремо з відповідними умовами спирання та граничними умовами. Непрямі дії пожежі не розглядаються, окрім тих, що виникають від температурних градієнтів

**3.16 нормована вогнестійкість**

Здатність конструктивної системи або її частини (зазвичай лише конструкції) виконувати необхідні функції (несуча та/або огорожувальна здатність) у разі нагрівання за стандартним температурним режимом для встановленого сполучення навантажень та призначеного проміжку часу

**3.17 стандартний температурний режим**

Номінальний температурний режим, що визначений для представлення моделі повністю розвинутої пожежі у протипожежному відсіку

**3.18 уточнена модель пожежі**

Температурний режим пожежі, що ґрунтується на підходах збереження маси та енергії

**3.19 теплові впливи**

Впливи на конструкцію, які визначаються поглинутим тепловим потоком в окремих конструкціях

**3.20 критична температура нагрівання арматури**

Температура арматури, за якої очікується руйнування конструкції під час пожежі, що відбувається за даного рівня напруження арматури

**3.21 максимальний рівень напруження**

Рівень напруження для заданої температури, за якого на діаграмі "напруження-деформація" для сталі відбувається перехід у пластичну стадію

**3.22 частина конструктивної системи**

Окрема частина всієї конструктивної системи з відповідними граничними умовами та умовами спирання

**3.23 вогнезахисні покриття**

Матеріали або сполуки, що нанесені на конструкцію для підвищення вогнестійкості

**3.24 приведений поперечний переріз**

Поперечний переріз конструкції для розрахунку на вогнестійкість, що застосовується при використанні методу приведення поперечного перерізу. Приведений поперечний переріз отримують шляхом виключення частин, міцність та жорсткість яких дорівнюють нулю

#### 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті використані такі позначки:

##### Великі латинські літери

$E_{d,fi}$	розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі
$E_d$	розрахунковий навантажувальний ефект за нормальної температури
$R_{d,fi}$	розрахункова несуча здатність під час пожежі; $R_{d,fi}(t)$ для часу $t$
R30 або R60,...	клас вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності протягом 30 хв або 60 хв за стандартного температурного режиму
$T$	температура К (прирівнюється до температури $\theta$ , °C)
$X_k$	характеристичне значення міцності або деформативності за нормальних температур
$X_{d,fi}$	розрахункове значення міцності або деформативності під час пожежі

##### Малі латинські літери

$a$	відстань від найближчої обігріваної поверхні до осі ненапруженої або попередньо напруженої арматури (надалі – відстань до осі арматури)
$c_c$	теплоємність бетону, Дж/(кг · К)
$f_{ck}(\theta)$	характеристичне значення міцності бетону на стиск за температури $\theta$ для заданої деформації
$f_{ck,t}(\theta)$	характеристичне значення міцності бетону на розтяг за температури $\theta$ для заданої деформації
$f_{pk}(\theta)$	характеристичне значення міцності попередньо напруженої арматури за температури $\theta$ для температурної деформації
$f_{sk}(\theta)$	характеристичне значення міцності ненапруженої арматури за температури $\theta$ для температурної деформації
$k(\theta)$	коефіцієнт зниження для міцності або деформативності за температури $\theta$
$t$	тривалість вогневого впливу, хв

##### Малі грецькі літери

$\gamma_{M,fi}$	коефіцієнт надійності матеріалу під час пожежі
$\eta_{fi}$	коефіцієнт зниження, що визначає рівень навантаження під час пожежі
$\mu_{fi}$	коефіцієнт використання під час пожежі
$\varepsilon_c(\theta)$	теплова деформація бетону
$\varepsilon_p(\theta)$	температурна деформація попередньо напруженої арматури
$\varepsilon_s(\theta)$	температурна деформація ненапруженої арматури
$\varepsilon_{s,fi}(\theta)$	деформація ненапруженої і попередньо напруженої арматури за температури $\theta$
$\lambda_c$	теплопровідність бетону, Вт/(мК)
$\sigma_{c,fi}$	напруження стиску в бетоні під час пожежі
$\sigma_{s,fi}$	напруження арматури під час пожежі
$\theta$	температура, °C
$\theta_{cr}$	критична температура, °C

##### Нижні індекси:

$fi$	значення під час пожежі
$t$	залежність від часу
$\theta$	залежність від температури



## 5 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 5.1 Вимоги

#### 5.1.1 Загальні положення

**5.1.1.1** Залізобетонні балки проектують і конструюють так, щоб у разі пожежі вони зберігали несучу здатність протягом визначеного часу вогневого впливу.

**5.1.1.2** Критерій деформації застосовують, якщо засоби вогнезахисту потребують врахування деформацій несучих конструкцій.

**5.1.1.3** Для оцінки ефективності вогнезахисних покриттів і облицювань (див. 7.6) деформації балок не враховують.

#### 5.1.2 Номінальний вогневий вплив

**5.1.2.1** За стандартним температурним режимом балки відповідають граничному стану з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності  $R$ .

**5.1.2.2** Граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності  $R$  вважається забезпеченим, якщо забезпечена несуча здатність протягом визначеного часу під час вогневого впливу.

**5.1.2.3** Для температурного режиму зовнішньої пожежі (ДБН В.1.2-7-2008) також застосовують граничний стан з вогнестійкості  $R$ , але посилання на нього позначають  $R_{ef}$ .

**5.1.2.4** Для температурного режиму вуглеводневої пожежі (ДБН В.1.2-7-2008) також застосовують граничний стан з вогнестійкості  $R$ , але посилання на цю криву позначають літерами  $R_{HC}$ .

#### 5.1.3 Параметричний вогневий вплив

Несучу здатність забезпечують протягом всієї пожежі, включаючи фазу затухання, або протягом визначеного проміжку часу.

### 5.2 Впливи

**5.2.1** Теплові і механічні впливи приймають відповідно до вимог ДБН В.1.1-7 (додаток В), ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-2.

**5.2.2** Розрахунок на вогнестійкість базується на проектних сценаріях пожежі (див. ДБН В.1.2-7-2008) і враховує моделі зростання температури в межах конструкції та моделі механічної роботи конструкції за підвищеної температури.

Якщо це допустимо, для визначених матеріалів та методів оцінки:

– теплові моделі можуть базуватись на припущенні, що в межах поперечного перерізу та вздовж окремих конструкцій температура або однорідна, або неоднорідна;

– конструктивні моделі можуть бути обмежені розрахунком окремих конструкцій або можуть враховувати взаємодію між окремими конструкціями у разі виникнення пожежі.

Моделі механічної роботи балок за підвищених температур мають бути нелінійними.

**5.2.3** Значення ступеня чорноти бетонної поверхні рекомендовано приймати 0,7.

### 5.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів

**5.3.1** Розрахункові значення механічних властивостей матеріалів (міцність та деформативність)  $X_{d,\theta}$  визначають за формулою:

$$X_{d,\theta} = k_{\theta} X_k / \gamma_{M,\theta}, \quad (5.1)$$

де  $X_k$  – характеристичне значення міцності або деформативності (зазвичай  $f_k$  або  $E_k$ ) для розрахунку за нормальних температур згідно з ДБН В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.6-156 та ДСТУ 3760;

$k_{\theta}$  – коефіцієнт зниження міцності або деформативності ( $X_{k,\theta}/X_k$ ) залежно від температури матеріалу (6.2);

$\gamma_{M,\theta}$  – коефіцієнт надійності для відповідних властивостей матеріалу під час пожежі.

**5.3.2** Розрахункові значення теплофізичних властивостей матеріалу  $X_{d,fi}$  визначають так:

– якщо збільшення значень властивостей сприятливе для безпеки:

$$X_{d,fi} = X_{k,0} / \gamma_{M,fi}; \quad (5.2 \text{ а})$$

– зменшення значень властивостей несприятливе для безпеки:

$$X_{d,fi} = \gamma_{M,fi} X_{k,0}, \quad (5.2 \text{ б})$$

де  $X_{k,0}$  – значення залежних від температури властивостей матеріалу для розрахунку на вогнестійкість (розділ 6);

$\gamma_{M,fi}$  – коефіцієнт надійності для відповідних властивостей матеріалу під час пожежі.

**Примітка 1.** Рекомендовані значення  $\gamma_{M,fi}$ :

– для теплофізичних властивостей бетону, ненапруженої та попередньо напруженої арматури  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ ;

– для механічних властивостей бетону, ненапруженої та попередньо напруженої арматури  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

**Примітка 2.** Якщо рекомендовані значення змінюються, відповідні табличні дані потребують зміни.

## 5.4 Методи перевірки

### 5.4.1 Загальні положення

**5.4.1.1** Модель конструктивної системи, що прийнята для розрахунку за цим стандартом, відображає очікувану роботу конструкцій під час пожежі.

**5.4.1.2** Вплив пожежі тривалістю  $t$  перевіряють за такою умовою:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,t,fi}, \quad (5.3)$$

де  $E_{d,fi}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, що визначається згідно з положеннями ДБН В.1.1-7 (додаток В), ДБН В.1.2-2 і враховує ефект теплового розширення та деформації;

$R_{d,t,fi}$  – розрахункова несуча здатність конструкції під час пожежі.

**5.4.1.3** Розрахунок конструкцій під час пожежі базується на розрахункових сценаріях пожежі і розглядає моделі зростання температури в межах конструкції, так само як і моделі механічної роботи конструкції за підвищених температур.

**Примітка.** Для перевірки відповідності вимогам нормованої вогнестійкості достатньо провести аналіз окремої конструкції.

**5.4.1.4** Табличні дані, що наведені в додатку Д, базуються на стандартному температурному режимі.

**5.4.1.5** Як альтернатива проектуванню згідно з розрахунком оцінка вогнестійкості може базуватися на результатах вогневих випробувань (ДСТУ Б В.1.1-13) або на поєднанні результатів вогневих випробувань і розрахунків.

### 5.4.2 Аналіз конструкції

**5.4.2.1** Навантаження на конструкцію приймають як для розрахунку за нормальних температур, якщо є ймовірність їх дії під час пожежі. Навантаження на конструкцію під час пожежі визначають з ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-14 і ДБН В.1.1-7.

**5.4.2.2** Коефіцієнт зниження, що визначає рівень навантаження під час пожежі, визначають за формулою:

$$\eta_{fi} = E_{d,fi} / E_d, \quad (5.4)$$

де  $E_d$  – розрахунковий навантажувальний ефект за нормальних температур;

$E_{d,fi}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі.

**5.4.2.3** Враховують лише вплив теплових деформацій, що виникають в результаті температурних градієнтів поперечного перерізу.

**5.4.2.4** Граничні умови на опорах і кінцях конструкції в момент часу  $t = 0$  вважають незмінними протягом пожежі.

**5.4.2.5** Табличні дані, спрощені або уточнені методи розрахунку, що наведені у розділі 8, 7.2 та 7.3 цього стандарту відповідно, застосовують для перевірки окремих конструкцій (колон) під час пожежі.

### **5.4.3 Аналіз частини конструктивної системи**

**5.4.3.1** Застосовують вимогу 5.4.2.1.

**5.4.3.2** Як альтернатива загальному розрахунку конструкцій під час пожежі в момент часу  $t = 0$  опорні реакції, внутрішні зусилля і моменти на межі частини конструктивної системи можна отримати з розрахунку конструкцій за нормальних температур, як наведено в 5.4.2.

**5.4.3.3** Частину конструктивної системи, що розраховується, визначають на основі ймовірного розповсюдження тепла і температурних деформацій так, щоб її взаємодія з іншими частинами конструктивної системи протягом вогневого впливу була представлена незалежними від часу опорними та граничними умовами.

**5.4.3.4** В межах розрахованої частини конструктивної системи враховують характерний вид руйнування внаслідок пожежі, залежні від температури властивості матеріалу та жорсткості конструкцій, вплив температурних розширень і деформацій (непрямий вплив пожежі).

**5.4.3.5** Граничні умови на опорах, зусилля і моменти на межі частини конструктивної системи у момент часу  $t = 0$  вважають незмінними протягом пожежі.

### **5.4.4 Загальний розрахунок конструктивної системи**

Загальний розрахунок конструктивної системи враховує характерний вид руйнування внаслідок пожежі, залежні від температури властивості матеріалу та жорсткості конструкцій, вплив температурних розширень і деформацій (непрямий вплив пожежі).

## **6 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ**

### **6.1 Загальні положення**

**6.1.1** Значення властивостей матеріалів, що наведені в цьому розділі, приймають як характеристичні (див. 5.3.1).

**6.1.2** Ці значення використовують у спрощеному (див. 7.2) й уточненому методах розрахунку (див. 7.3).

Можна застосовувати альтернативні закони зміни властивостей матеріалу, якщо вони не суперечать експериментальним даним.

**6.1.3** Механічні властивості бетону, ненапруженої і попередньо напруженої арматури за нормальної температури (20 °C) приймають згідно з ДБН В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.6-156, ДСТУ 3760, ГОСТ 10884, ГОСТ 13840 і ГОСТ 7348.

**6.1.4** Значення властивостей матеріалів, що наведені у цьому розділі, рекомендовано використовувати за достатнього обґрунтування або після їх експериментального підтвердження. Звіт за результатами обґрунтування властивостей матеріалів або протоколи випробувань передають до профільних базових організацій з науково-технічної діяльності у сферах будівництва, промисловості будівельних матеріалів, архітектури і містобудування для можливості формування національного банку даних. Перевірка властивостей матеріалів можлива також на стадії виготовлення продукції.

### **6.2 Міцність і деформативність матеріалів за підвищених температур**

#### **6.2.1 Загальні положення**

Числові значення характеристик міцності та деформативності, що наведені в цьому розділі, базуються як на стаціонарному, так і на нестаціонарному режимах випробувань матеріалів або на поєднанні обох режимів. Оскільки ефект повзучості не враховують, моделі матеріалів застосовують для швидкості нагрівання від 2 К/хв до 50 К/хв. Надійність прийнятих значень міцності й деформативності матеріалів для швидкостей нагрівання поза визначеними межами має бути однозначно доведена.

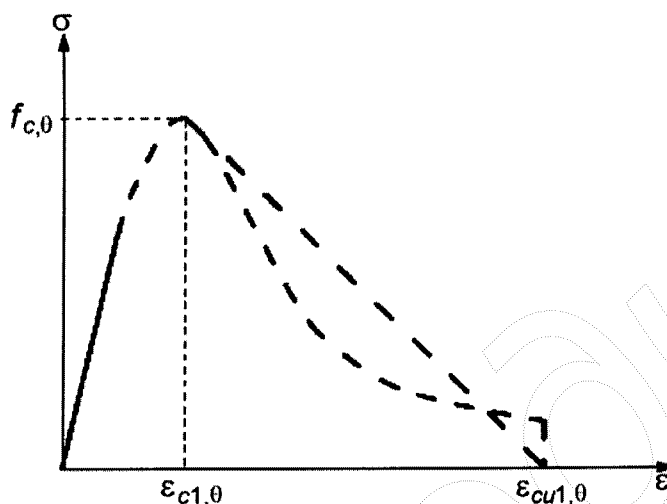
## 6.2.2 Бетон

### 6.2.2.1 Міцність бетону на стиск

6.2.2.1.1 Міцність та деформативність для одновісно стиснутого бетону за підвищених температур визначають за діаграмою "напруження-деформація", яка представлена на рисунку 6.1.

6.2.2.1.2 Діаграма "напруження-деформація", що представлена на рисунку 6.1, визначається двома параметрами:

- міцність на стиск  $f_{c,\theta}$ ;
- деформація  $\varepsilon_{c1,\theta}$ , що відповідає  $f_{c,\theta}$ .



Діапазон	Напруження $\sigma(\theta)$
$\varepsilon \leq \varepsilon_{c1,\theta}$	$\frac{3\varepsilon f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta} \left( 2 + \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,\theta}} \right)^3 \right)}$
$\varepsilon_{c1,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{cu1,\theta}$	Для обчислення приймається низхідна ділянка графіка. Використовують лінійні або нелінійні моделі

**Рисунок 6.1** – Математична модель діаграми "напруження-деформація" стиснутого бетону за підвищених температур

6.2.2.1.3 Значення цих параметрів наведені в таблиці Б.1 (додаток Б) залежно від температури бетону. Для проміжних значень застосовують лінійну інтерполяцію.

6.2.2.1.4 Значення параметрів діаграми "напруження-деформація" для звичайного бетону на силікатному (граніти, сієніти, діорити) та карбонатному (вапняки, що містять не менше ніж 80 % від маси бетону карбонатної складової) заповнювачах залежно від температури нагрівання наведені в таблиці Б.1.

6.2.2.1.5 Значення  $\varepsilon_{cu1,\theta}$  на низхідній гілці діаграми наведено в таблиці Б.1 (додаток Б) для бетону на силікатному заповнювачі (колонка 4) і бетону на карбонатному заповнювачі (колонка 7).

6.2.2.1.6 Для теплових впливів згідно з 5.2 ДБН В.1.2-7 (моделювання реальної пожежі), особливо якщо враховано низхідну ділянку цього режиму, математична модель діаграми "напруження-деформація" бетону, що визначена на рисунку 6.1, має бути змінена.

6.2.2.1.7 Збільшення міцності бетону на стадії охолодження не враховують.

### 6.2.2.2 Міцність бетону на розтяг

6.2.2.2.1 Міцність бетону на розтяг зазвичай не враховують. За необхідності, міцність бетону на розтяг враховують для спрощеного або уточненого методів розрахунку.

6.2.2.2.2 Зниження характеристичного значення міцності бетону на розтяг враховують коефіцієнтом  $k_{c,t}(\theta)$ , що наведений у формулі:

$$f_{ck,t}(\theta) = k_{c,t}(\theta) f_{ck,t} \quad (6.1)$$

6.2.2.2.3 За відсутності точних даних використовують такі значення  $k_{c,t}(\theta)$  (рисунок 6.2):

$$\begin{aligned} k_{c,t}(\theta) &= 1,0 && \text{для } 20\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}; \\ k_{c,t}(\theta) &= 1,0 - 1,0(\theta - 100)/500 && \text{для } 100\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 600\text{ }^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

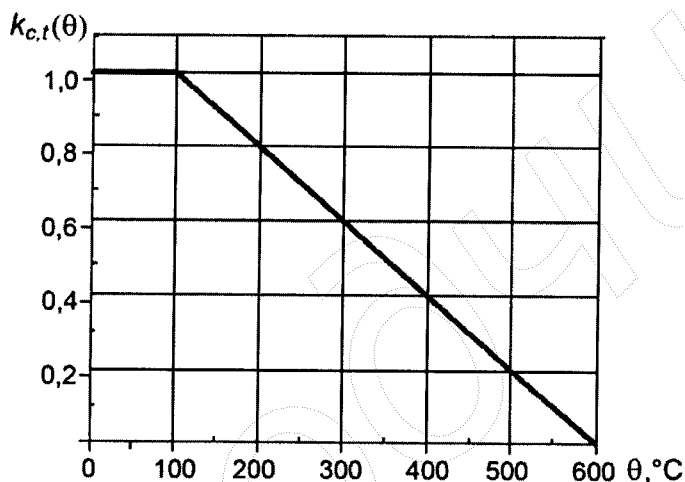


Рисунок 6.2 – Графік залежності коефіцієнта  $k_{c,t}(\theta)$  зниження міцності бетону на розтяг  $f_{ck,t}$  від підвищених температур

### 6.2.3 Арматура

6.2.3.1 Міцність і деформативність арматури за підвищених температур визначають за діаграмою "напруження-деформація" (рисунок 6.3) та згідно з таблицею Б.2.

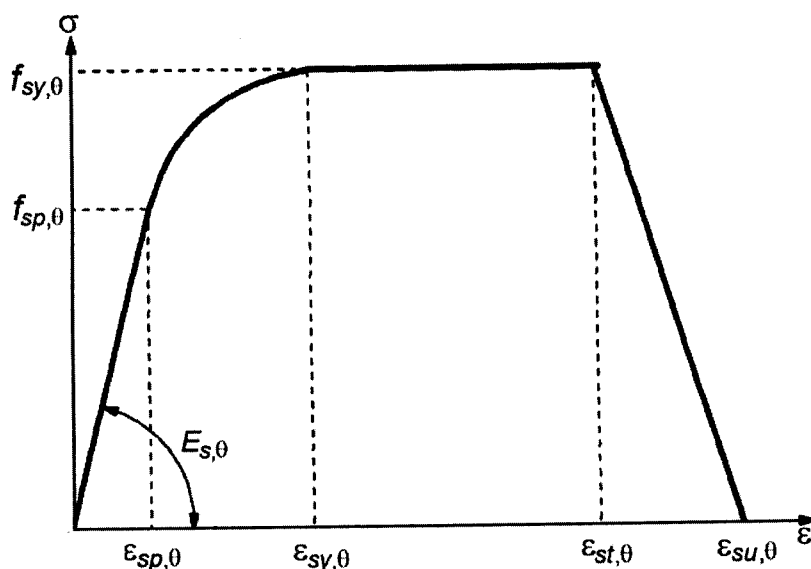
6.2.3.2 Діаграма "напруження-деформація", що представлена на рисунку 6.3, визначається такими параметрами:

- нахил лінійної пружної зони  $E_{s,\theta}$ ;
- межа пропорційності  $f_{sp,\theta}$ ;
- максимальний рівень напружень  $f_{sy,\theta}$ .

6.2.3.3 Значення параметрів, що визначені в 6.2.3.2 для гарячекатаної і холоднодеформованої арматури за підвищених температур, наведені в таблиці Б.2. Для проміжних значень температури застосовується лінійна інтерполяція.

6.2.3.4 Це співвідношення "напруження-деформація" можна застосовувати для стиснутої арматури.

6.2.3.5 Для теплових впливів згідно з 5.2 ДБН В.1.2-7 (моделювання реальної пожежі), особливо якщо враховують низхідну температурну ділянку графіка, можна застосовувати значення, що наведені в таблиці Б.2 для діаграми "напруження-деформація" арматури, як досить точні.



Діапазон	Напруження $\sigma(\theta)$	Модуль пружності
$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\varepsilon_{sp,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{sy,\theta}$	$f_{sp,\theta} - c + (b/a) \left[ a^2 - (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)^2 \right]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)}{a \left[ a^2 - (\varepsilon - \varepsilon_{sy,\theta})^2 \right]^{0,5}}$
$\varepsilon_{sy,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\varepsilon_{st,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} \left[ 1 - (\varepsilon - \varepsilon_{st,\theta}) / (\varepsilon_{su,\theta} - \varepsilon_{st,\theta}) \right]$	—
$\varepsilon = \varepsilon_{su,\theta}$	0,00	—
Параметр*)	$\varepsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta}$ $\varepsilon_{sy,\theta} = 0,02$ $\varepsilon_{st,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,20$ Клас А армування: $\varepsilon_{st,\theta} = 0,05$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,10$	
Функції	$a^2 = (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta} + c/E_{s,\theta})$ , $c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} - 2(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$ $b^2 = c(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} + c^2$	
*) Значення параметрів $\varepsilon_{pt,\theta}$ та $\varepsilon_{pu,\theta}$ для попередньо напруженої арматури приймають з таблиці Б.3. Клас А армування наведено в ДБН В.2.6-98.		

**Рисунок 6.3** – Математична модель діаграми "напруження-деформація" для ненапруженої та попередньо напруженої арматури за підвищених температур (позначка для попередньо напруженої арматури "р" замість "s")

#### 6.2.4 Попередньо напружена арматура

**6.2.4.1** Міцність і деформативність попередньо напруженої арматури за підвищених температур визначають за допомогою математичних моделей, що зазначені в 6.2.3 для ненапруженої арматури.

**6.2.4.2** Значення параметрів для холоднодеформованої (дріт і канати) та термомеханічно зміцненої попередньо напруженої (стрижні) арматури за підвищених температур виражені як  $f_{py,\theta}/(\beta f_{pk})$ ,  $f_{pp,\theta}/(\beta f_{pk})$ ,  $E_{p,\theta}/E_p$ ,  $\varepsilon_{pt,\theta}$ ,  $\varepsilon_{pu,\theta}$ . Значення коефіцієнта  $\beta$  наведені на вибір між класами А і В.

Для класу А коефіцієнт  $\beta$  визначають за формулою (див. таблицю Б.3):

$$\beta = \left[ \frac{\varepsilon_{ud} - f_{p0,1k}/E_p}{\varepsilon_{uk} - f_{p0,1k}/E_p} \right] \cdot \left( \frac{f_{pk} - f_{p0,1k}}{f_{pk}} \right) + \frac{f_{p0,1k}}{f_{pk}}, \quad (6.2)$$

Визначення і значення для  $\varepsilon_{uk}$ ,  $f_{p0,1k}$ ,  $f_{pk}$  та  $E_p$  за нормальних температур наведені в розділі 3 ДСТУ Б В.2.6-156.

Для класу В коефіцієнт  $\beta$  дорівнює 0,9 (див. таблицю Б.3).

**6.2.4.3** Для теплових впливів згідно з 5.2 ДБН В.1.2-7 (моделювання реальної пожежі), особливо якщо враховують низхідну температурну ділянку графіка, як досить точні використовують значення діаграми "напруження-деформація" для попередньо напруженої арматури, що визначені в 6.2.4.2.

### 6.3 Теплофізичні властивості бетону на силікатному і карбонатному заповнювачах

#### 6.3.1 Температурне видовження

**6.3.1.1** Температурну деформацію  $\varepsilon_c(\theta)$  бетону визначають за формулами:

бетон на силікатному заповнювачі:

$$\varepsilon_c(\theta) = -1,8 \times 10^{-4} + 9 \times 10^{-6} \theta + 2,3 \times 10^{-11} \theta^3$$

для  $20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 700^\circ\text{C}$ ;

$$\varepsilon_c(\theta) = 14 \times 10^{-3}$$

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

бетон на карбонатному заповнювачі:

$$\varepsilon_c(\theta) = -1,2 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-6} \theta + 1,4 \times 10^{-11} \theta^3$$

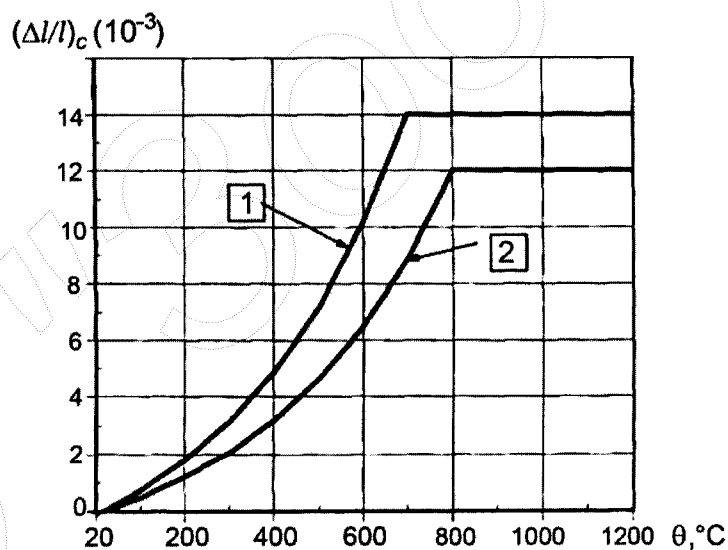
для  $20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 805^\circ\text{C}$ ;

$$\varepsilon_c(\theta) = 12 \times 10^{-3}$$

для  $805^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$ ,

де  $\theta$  – температура бетону,  $^\circ\text{C}$ .

**6.3.1.2** Графік залежності видовження від температури наведено на рисунку 6.4.



1 – силікатний заповнювач; 2 – карбонатний заповнювач

**Рисунок 6.4** – Повне теплове видовження бетону

#### 6.3.2 Питома теплоємність

**6.3.2.1** Питому теплоємність  $c_p(\theta)$  бетону в сухому стані ( $u = 0\%$ ) визначають за формулами:

$$c_p(\theta) = 900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

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

$$c_p(\theta) = 900 + (\theta - 100) \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

$100^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C}$ ;

$$c_p(\theta) = 1000 + (\theta - 200)/2 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

$200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}$ ;

$$c_p(\theta) = 1100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

$400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$ ,

де  $\theta$  – температура бетону,  $^\circ\text{C}$ ;

$c_p(\theta)$ ,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$  – відображена на рисунку 6.5а.

**6.3.2.2** Якщо метод розрахунку не враховує вологість, залежність питомої теплоємності для силікатного і карбонатного заповнювачів моделюють сталим значенням  $c_{p,peak}$  для температурного інтервалу від 100 °С до 115 °С з лінійним зменшенням за температури від 115 °С до 200 °С:

$c_{p,peak} = 900$  Дж/(кг·К) для вологості більше 0 %;

$c_{p,peak} = 1470$  Дж/(кг·К) для вологості більше 1,5 %;

$c_{p,peak} = 2020$  Дж/(кг·К) для вологості більше 3 %.

Під час подальшого нагріву встановлюють лінійну залежність між (115 °С,  $c_{p,peak}$ ) та (200 °С, 1000 Дж/(кг·К)). Для іншого значення вологості прийнятна лінійна інтерполяція. Максимальні значення питомої теплоємності наведені на рисунку 6.5 а.

**6.3.2.3** Зміна густини зі зростанням температури залежить від втрати води та визначається:

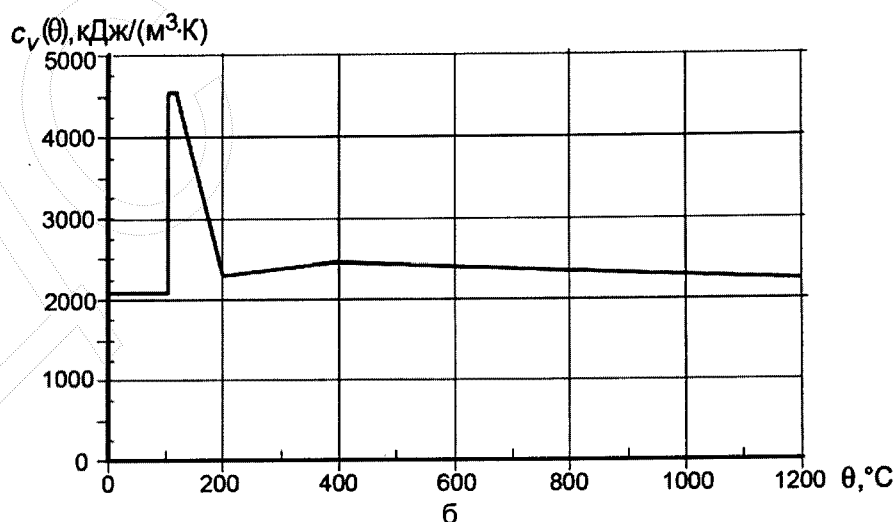
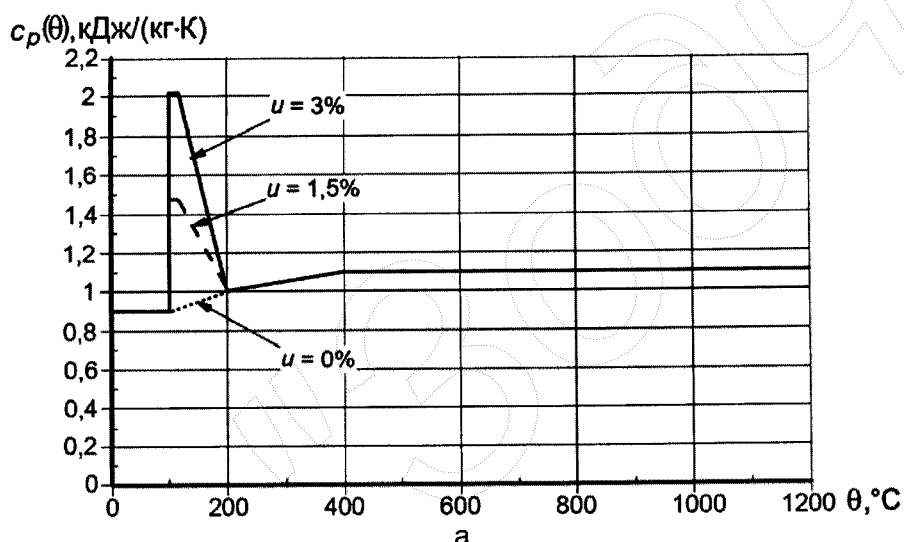
$\rho(\theta) = \rho(20\text{ °С})$  для  $20\text{ °С} \leq \theta \leq 115\text{ °С}$ ;

$\rho(\theta) = \rho(20\text{ °С}) \times (1 - 0,02(\theta - 115)/85)$  для  $115\text{ °С} < \theta \leq 200\text{ °С}$ ;

$\rho(\theta) = \rho(20\text{ °С}) \times (0,98 - 0,03(\theta - 200)/200)$  для  $200\text{ °С} < \theta \leq 400\text{ °С}$ ;

$\rho(\theta) = \rho(20\text{ °С}) \times (0,95 - 0,07(\theta - 400)/800)$  для  $200\text{ °С} < \theta \leq 400\text{ °С}$ .

**6.3.2.4** Зміна об'ємної теплоємності  $c_v(\theta)$  (добуток  $\rho(\theta)$  та  $c_p(\theta)$ ) відображена на рисунку 6.5б для бетону з вологістю 3 % та густиною 2300 кг/м<sup>3</sup>.



а – залежність питомої теплоємності  $c_p(\theta)$  бетону на силікатному заповнювачі із вологістю  $u$  0, 1,5 та 3 % від температури; б – залежність об'ємної теплоємності  $c_v(\theta)$  бетону на силікатному заповнювачі із вологістю  $u = 3\%$  та густиною більше 2300 кг/м<sup>3</sup> від температури

**Рисунок 6.5** – Питома теплоємність та об'ємна теплоємність



### 6.3.3 Теплопровідність

**6.3.3.1** Теплопровідність  $\lambda_c$  бетону визначають з інтервалу між нижнім та верхнім граничними значеннями, що наведені в 6.3.3.2.

**Примітка 1.** Значення теплопровідності встановлюють в діапазоні, визначеному нижньою та верхньою межами.

**Примітка 2.** Додаток А застосовують для нижньої межі. Решта пунктів цього стандарту не залежать від вибору теплопровідності.

**6.3.3.2** Верхню межу теплопровідності  $\lambda_c$  бетону визначають:

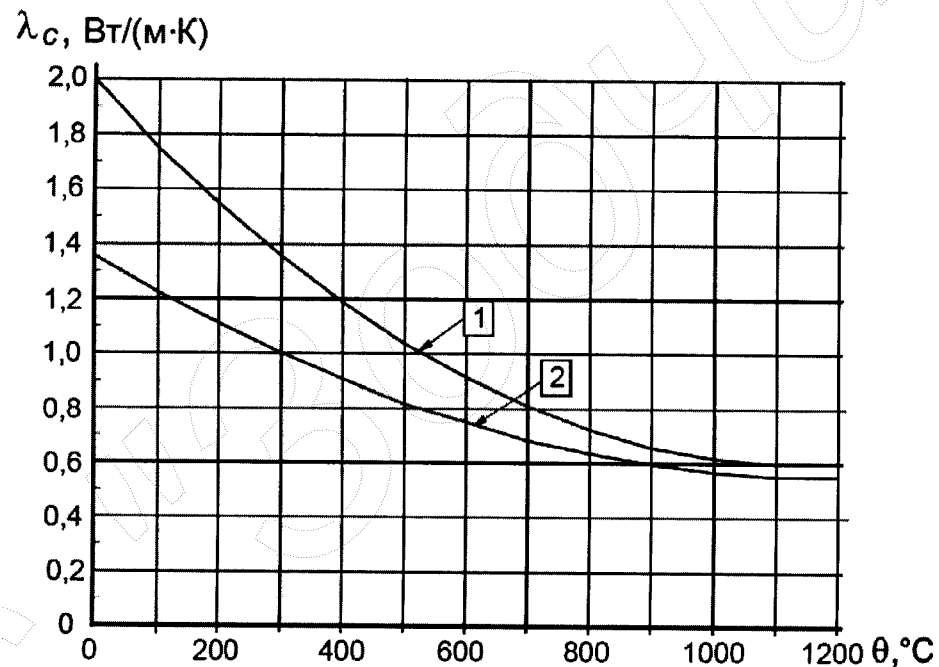
$$\lambda_c = 2 - 0,2451 (\theta/100) + 0,0107 (\theta/100)^2, \text{ Вт/(м·К)} \quad \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1200^\circ\text{C},$$

Нижню межу теплопровідності  $\lambda_c$  бетону визначають:

$$\lambda_c = 1,36 - 0,136 (\theta/100) + 0,0057 (\theta/100)^2, \text{ Вт/(м·К)} \quad \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1200^\circ\text{C},$$

де  $\theta$  – температура бетону.

**6.3.3.3** Графік залежності верхньої та нижньої межі теплопровідності від температури наведено на рисунку 6.6.



1 – верхня межа; 2 – нижня межа

**Рисунок 6.6** – Теплопровідність бетону

### 6.4 Теплофізичні властивості ненапруженої і попередньо напруженої арматури

**6.4.1** Температурне видовження сталі  $\Delta l/l$  для всіх видів конструкційної та арматурної сталі визначають так:

$$\Delta l/l = -2,416 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_a + 0,4 \cdot 10^{-8} \cdot \theta_a^2 \quad \text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 750^\circ\text{C},$$

$$\Delta l/l = 11 \cdot 10^{-3} \quad \text{для } 750^\circ\text{C} < \theta_a \leq 860^\circ\text{C},$$

$$\Delta l/l = -6,2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_a \quad \text{для } 860^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},$$

де  $l$  – довжина сталевго елемента за температури  $20^\circ\text{C}$ ;

$\Delta l/l$  – температурне видовження сталевго елемента;

$\theta_a$  – температура сталі.

6.4.2 Графік залежності видовження від температури наведено на рисунку 6.7.

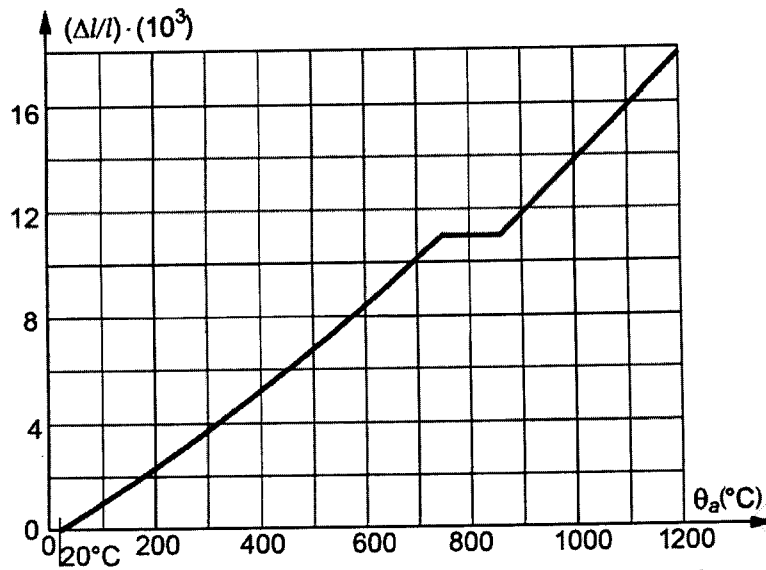


Рисунок 6.7 – Залежність температурного видовження сталі від температури

6.4.3 У спрощених розрахункових моделях (див. 7.2) залежність температурного видовження від температури сталі може вважатися лінійною. У цьому випадку видовження сталі визначають за формулою:

$$\Delta l/l = 14 \cdot 10^{-6} (\theta_a - 20). \quad (6.3)$$

6.4.4 Питома теплоємність сталі  $c_a$ , для всіх видів конструкційної та арматурної сталі визначають за формулою:

$$c_a = 425 + 7,73 \cdot 10^{-1} \cdot \theta_a - 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot \theta_a^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \cdot \theta_a^3, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 600^\circ\text{C},$$

$$c_a = 666 - \left( \frac{13002}{\theta_a - 738} \right), \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 600^\circ\text{C} < \theta_a \leq 735^\circ\text{C},$$

$$c_a = 545 + \left( \frac{17820}{\theta_a - 731} \right), \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 735^\circ\text{C} < \theta_a \leq 900^\circ\text{C},$$

$$c_a = 650, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 900^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},$$

де  $\theta_a$  – температура сталі.

6.4.5 Графік залежності питомої теплоємності від температури показано на рисунку 6.8.

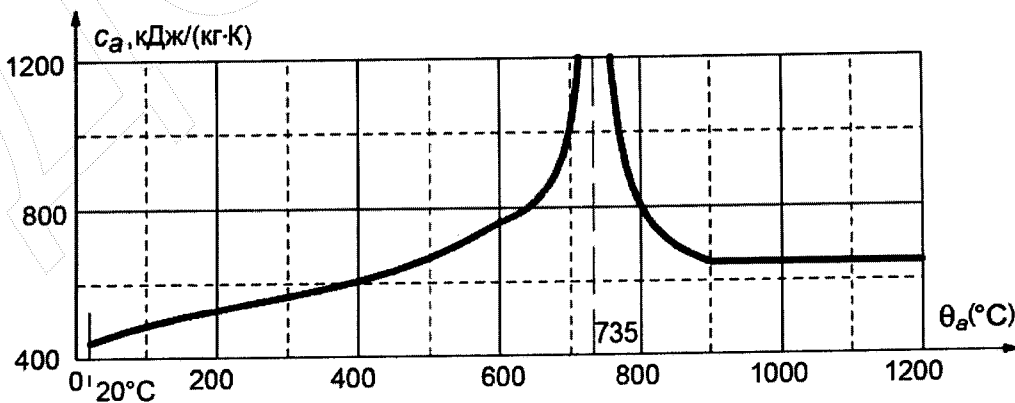


Рисунок 6.8 – Залежність питомої теплоємності сталі від температури

**6.4.6** У спрощених розрахункових моделях (див. 7.2) питома теплоємність може вважатися незалежною від температури сталі. У цьому випадку треба брати таке середнє значення:

$$c_a = 600, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

**6.4.7** Питома теплопровідність сталі  $\lambda_a$ , що дійсна для всіх видів конструкційної та арматурної сталі, може бути визначена так:

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \cdot 10^{-2} \theta_a, \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$$

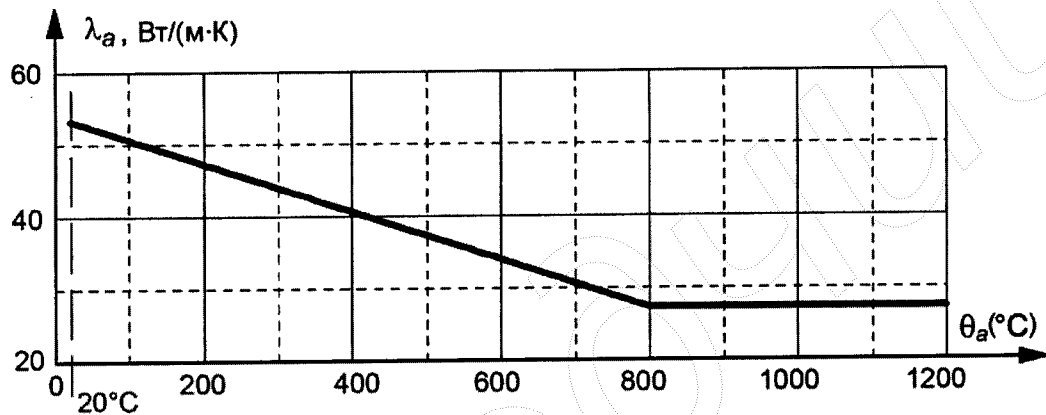
$$\text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 800^\circ\text{C},$$

$$\lambda_a = 27,3, \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$$

$$\text{для } 800^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},$$

де  $\theta_a$  – температура сталі.

**6.4.8** Графік залежності питомої теплопровідності від температури показано на рисунку 6.9.



**Рисунок 6.9** – Залежність теплопровідності сталі від температури

**6.4.9** Для спрощених розрахункових моделей (див. 7.2) питома теплопровідність може вважатися незалежною від температури сталі. У цьому випадку треба брати таке середнє значення:

$$\lambda_a = 45, \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}.$$

## 7 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

### 7.1 Загальні положення

**7.1.1** За умови виконання 5.4.1.2 використовують такі методи розрахунку:

- конструювання згідно з визнаними проектними рішеннями (табличні дані та результати випробувань, розділ 8);
- спрощені методи розрахунку для визначених типів конструкцій (див. 7.2);
- уточнені методи розрахунку для моделювання роботи окремих конструкцій, частин або цілої конструктивної системи (див. 7.3).

**Примітка.** Рішення щодо використання уточнених методів розрахунку приймає проектувальник.

**7.1.2** Крихкому руйнуванню запобігають за допомогою відповідних заходів або враховують його вплив на характеристики  $R$  (див. 7.5).

**7.1.3** Раптове руйнування, що спричинене надмірним видовженням арматури внаслідок нагрівання, попередньо напружених конструкцій, без зчеплення з бетоном не допускається.

**7.1.4** Спрощені методи застосовують для отримання уточнених значень відстані до осі арматури балок з мінімальними розмірами, що наведені в таблицях Д.1 – Д.3, залежно від класу вогнестійкості.

**7.1.5** Результати розрахунків за спрощеними або уточненими методами не можуть перевищувати значення, що наведені в таблицях додатка Д. Якщо мінімальні розміри перерізів, що визначені за результатами розрахунків, виходять за межі табличних даних, приймають менше найближче табличне значення класу вогнестійкості.

**7.1.6** Для уточнених методів розрахунку, що використовують температурні режими пожежі, що відмінні від стандартного температурного режиму, розробляють методики розрахунку, які узгоджують відповідно до вимог 2.10.2 ДБН В.1.1-7.

## **7.2 Спрощений метод розрахунку**

### **7.2.1 Загальні положення**

**7.2.1.1** Спрощені методи розрахунку поперечного перерізу використовують для визначення несучої здатності нагрітого поперечного перерізу та порівняння зі значенням навантаження для відповідного сполучення впливів (див. 5.4.2).

**Примітка.** У додатку В наведено "зональний метод" для розрахунку несучої здатності. Цей метод враховує впливи другого порядку. Зональний метод використовують для малих перерізів та стандартного температурного режиму.

**7.2.1.2** Застосовують спрощені методи розрахунку для балок, що завантажені рівномірно розподіленим навантаженням, а розрахунок за нормальних температур базується на лінійному аналізі.

**Примітка.** У додатку В наведено спрощений метод розрахунку балок.

### **7.2.2 Температурні криві**

Температуру в залізобетонних конструкціях, що зазнають вогневого впливу, визначають за результатами випробувань або розрахунків.

**Примітка.** Температурні криві, що наведені в додатку А, застосовують для визначення температур поперечних перерізів з силікатним заповнювачем за стандартного температурного режиму до досягнення максимальної температури у приміщенні. Ці криві є консервативними для більшості інших заповнювачів.

### **7.2.3 Приведений поперечний переріз**

Застосовують спрощені методи, що використовують приведений поперечний переріз (див. додаток В).

### **7.2.4 Зниження міцності**

#### **7.2.4.1 Загальні положення**

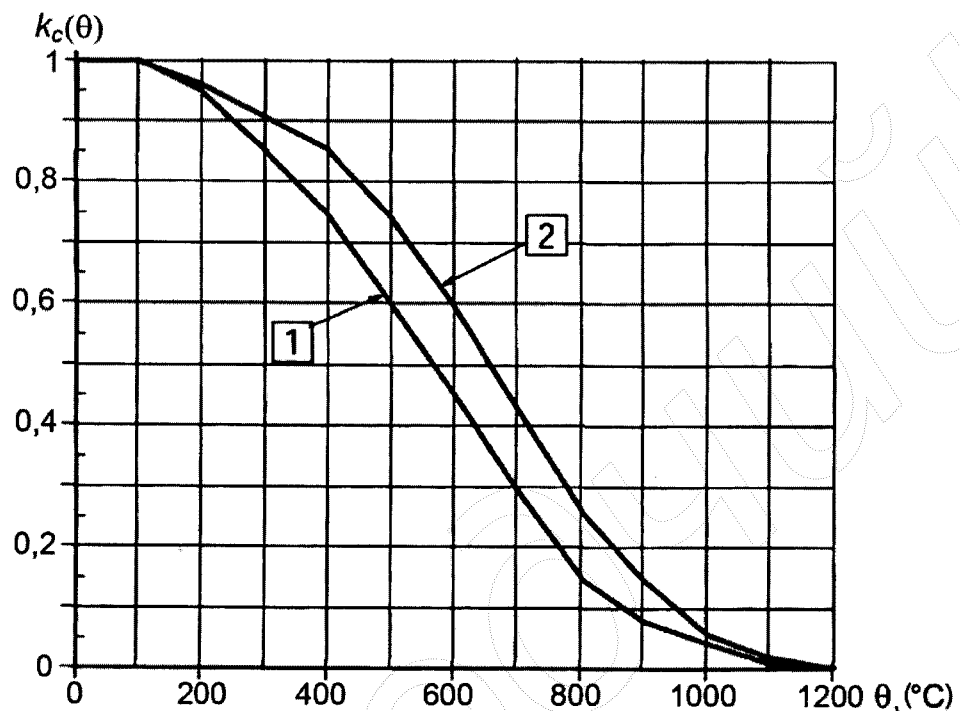
**7.2.4.1.1** У цьому розділі наведені значення для зниження характеристичної міцності бетону на стиск, характеристичної міцності на розтяг ненапруженої та попередньо напруженої арматури. Ці значення використовують у спрощених методах розрахунку поперечного перерізу, що наведені у 7.2.3.

**7.2.4.1.2** Значення для зниження міцності, що наведені нижче в 7.2.4.2 та 7.2.4.3, застосовують за температурних режимів, подібних до стандартного температурного режиму, до досягнення максимальної температури у приміщенні. Значення для зниження міцності, що наведені у цьому розділі, рекомендовано використовувати за достатнього обґрунтування або після їх експериментального підтвердження. Звіт за результатами обґрунтування властивостей матеріалів або протоколи випробувань надають профільним базовим організаціям з науково-технічної діяльності у сферах будівництва, промисловості будівельних матеріалів, архітектури і містобудування для можливості формування національного банку даних. Перевірка значень для зниження міцності можлива також на стадії виготовлення продукції.

**7.2.4.1.3** Альтернативні формулювання для закономірностей зниження характеристичного значення міцності матеріалів використовують, якщо їх значення знаходяться у межах експериментальних даних.

### 7.2.4.2 Бетон

Зниження характеристичного значення міцності бетону на стиск залежно від температури  $\theta$  приймають з таблиці Б.1: для силікатних заповнювачів – колонка 2 та карбонатних заповнювачів – колонка 5 (рисунок 7.1).



1 – бетон на силікатному заповнювачі; 2 – бетон на карбонатному заповнювачі

Рисунок 7.1 – Коефіцієнт  $k_c(\theta)$  зниження характеристичної міцності бетону  $f_{ck}$

### 7.2.4.3 Сталь

**7.2.4.3.1** Для розтягнутої арматури зниження характеристичного значення міцності залежно від температури  $\theta$  наведено в таблиці Б.2. Для розтягнутої арматури балок, якщо  $\varepsilon_{s,fl} \geq 2\%$ , зниження міцності для армування наведені в таблиці Б.2, колонка 2 для гарячекатаної та колонка 3 для холоднодеформованої арматури (рисунок 7.2, криві 1 та 2).

Для арматури стиснутих зон балок значення зниження міцності арматури за умовної межі текучості 0,2 % визначають, як наведено нижче. Це зниження міцності також застосовується для розтягнутої арматури, якщо  $\varepsilon_{s,fl} < 2\%$ , та використовують спрощені методи розрахунку перерізів (рисунок 7.2, крива 3):

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

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

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

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

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

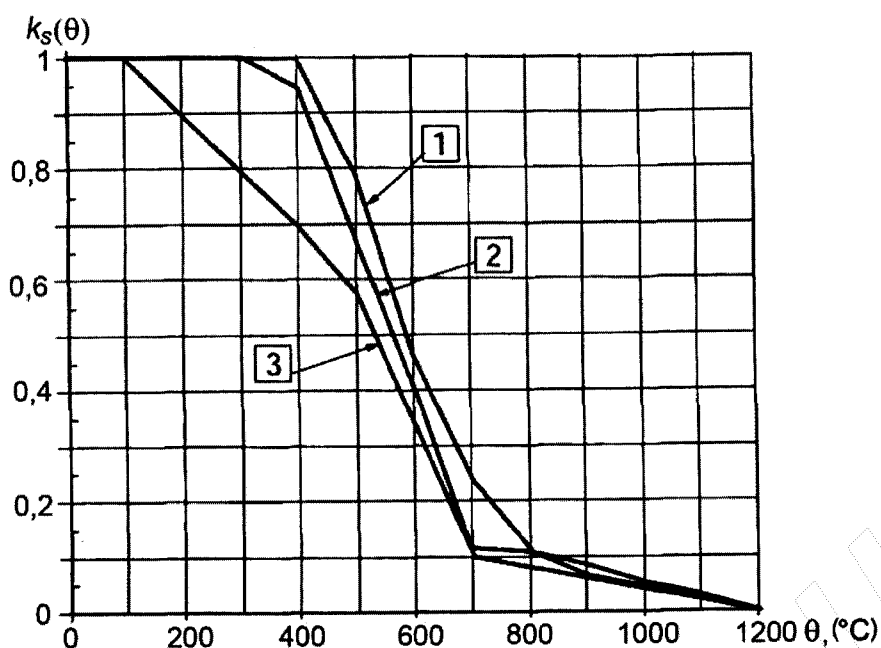
для  $400\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

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

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

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

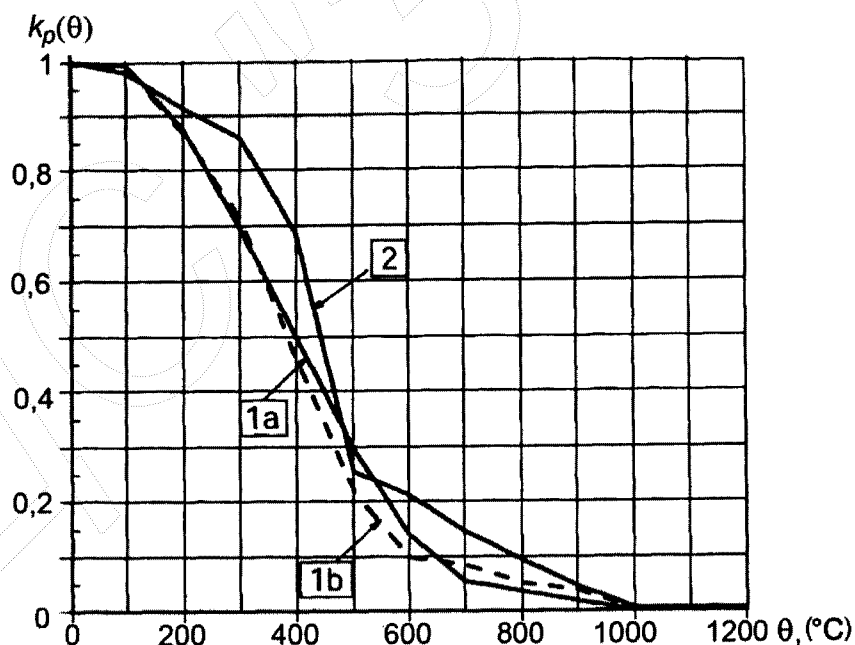
для  $700\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



1 – розтягнута арматура (гарячекатана) для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$ ; 2 – розтягнута арматура (холоднодеформована) для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$ ; 3 – стиснута та розтягнута арматура для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} < 2\%$ .

**Рисунок 7.2** – Коефіцієнт зниження  $k_s(\theta)$  характеристичної міцності розтягнутої та стиснутої арматури  $f_{yk}$

**7.2.4.3.2** Зниження характеристичного значення міцності попередньо напруженої сталі залежно від температури  $\theta$  має відповідати 6.2.4.2. Значення приймають з таблиці Б.3 – колонка 2а або 2б для холоднодеформованої сталі та колонка 3 для термомеханічно зміцненої попередньо напруженої сталі (рисунок 7.3).



1а – холоднодеформована попередньо напружена сталь (дроти та канати) Клас А; 1б – холоднодеформована попередньо напружена сталь (дроти та канати) Клас В; 2 – термомеханічно зміцнена попередньо напружена сталь (стрижні)

**Рисунок 7.3** – Коефіцієнт зниження  $k_p(\theta)$  характеристичної міцності попередньо напруженої сталі  $\beta f_{pk}$

### 7.3 Уточнені методи розрахунку

#### 7.3.1 Загальні положення

7.3.1.1 Уточнені методи розрахунку забезпечують реалістичний аналіз конструкцій, що зазнають вогневого впливу. Вони базуються на фундаментальних фізичних передумовах, що надає найбільш достовірні дані про очікувану роботу відповідної конструкції під час пожежі.

7.3.1.2 Виникненню будь-якого імовірного виду руйнування (наприклад, недостатній опір крученню, крихке руйнування бетону, місцева втрата стійкості стиснутої арматури, зріз, втрата зчеплення арматури з бетоном, пошкодження анкерних пристроїв), що не врахований уточненим методом розрахунку, запобігають за допомогою відповідних заходів.

7.3.1.3 Уточнені методи розрахунку включають розрахункові моделі для визначення:

- розвитку і розподілу температури у конструкціях (теплотехнічний розрахунок);
- механічної роботи конструктивної системи або будь-якої її частини (статичний розрахунок).

7.3.1.4 Уточнені методи розрахунку використовують разом із будь-яким температурним режимом пожежі, якщо відомі властивості матеріалів для певного діапазону температур і певної стадії нагрівання.

7.3.1.5 Уточнені методи розрахунку використовують для будь-якого типу поперечного перерізу.

#### 7.3.2 Теплотехнічний розрахунок

7.3.2.1 Уточнені методи розрахунку для теплотехнічного розрахунку базуються на основних принципах і припущеннях теорії теплопровідності.

7.3.2.2 Теплотехнічний розрахунок враховує таке:

- відповідні теплові впливи, що визначені в 5.2 ДБН В.1.2-7;
- залежні від температури теплофізичні властивості матеріалів.

7.3.2.3 Вплив вологості та поширення вологи всередині бетону або захисних шарів не враховують.

7.3.2.4 Розподіл температури у залізобетонних конструкціях визначають незалежно від наявності армування.

7.3.2.5 Вплив нерівномірного нагрівання та теплопередачі на сусідні будівельні конструкції враховують у разі необхідності.

#### 7.3.3 Статичний розрахунок

7.3.3.1 Уточнені методи розрахунку для статичного розрахунку базуються на визначених принципах і передумовах будівельної механіки, що враховують зміну механічних властивостей залежно від температури.

7.3.3.2 Впливи теплових деформацій і напружень, що спричинені підвищенням та перепадами температур, також враховують.

7.3.3.3 Деформації у граничному стані, що визначені розрахунковими методами, обмежують настільки, щоб упевнитися в сумісності всіх частин конструктивної системи.

7.3.3.4 Статичний розрахунок, у разі необхідності, враховує ефекти геометричної нелінійності.

7.3.3.5 Повну деформацію  $\varepsilon$  визначають за формулою:

$$\varepsilon = \varepsilon_{th} + \varepsilon_{\sigma} + \varepsilon_{creep} + \varepsilon_r, \quad (7.1)$$

де  $\varepsilon_{th}$  – теплова деформація;

$\varepsilon_{\sigma}$  – миттєва деформація, що залежить від напруження;

$\varepsilon_{creep}$  – деформація повзучості;

$\varepsilon_r$  – тимчасова деформація.

7.3.3.6 Несучу здатність окремих конструкцій, частини або цілої конструктивної системи, що зазнають вогневого впливу, визначають методами розрахунку будівельних конструкцій з урахуванням пластичних деформацій (5.6 ДБН В.2.6-98).

**7.3.3.7** Граничний кут повороту залізобетонних перерізів у пластичній стадії визначають з урахуванням збільшених граничних деформацій  $\varepsilon_{cu}$  і  $\varepsilon_{su}$  в умовах нагріву. Значення  $\varepsilon_{cu}$  також залежить від наявного поперечного армування.

**7.3.3.8** Стиснуту зону поперечного перерізу балки, що зазнає прямого вогневого впливу, перевіряють і конструюють з урахуванням крихкого руйнування стиснутого бетону або руйнування захисного шару бетону.

**7.3.3.9** Для розрахунку окремих конструкцій або частин конструктивної системи граничні умови перевіряють та конструюють для запобігання обваленню внаслідок руйнування відповідних опор.

#### **7.3.4 Підтвердження уточнених методів розрахунку**

**7.3.4.1** Перевірку точності розрахункових моделей виконують на основі результатів відповідних випробувань.

**7.3.4.2** Результатами розрахунків є значення температур, деформацій та межі вогнестійкості.

**7.3.4.3** Основні параметри перевіряють для впевненості, що модель відповідає сучасним технологіям будівництва, за допомогою аналізу її вразливості.

**7.3.4.4** Основними параметрами є, наприклад, значення граничної довжини, розміру конструкцій і рівня навантаження.

### **7.4 Крихке руйнування**

#### **7.4.1 Вибухоподібне крихке руйнування**

**7.4.1.1** Вибухоподібному крихкому руйнуванню необхідно запобігти або врахувати його вплив на робочі характеристики  $R$ .

**7.4.1.2** Вибухоподібне крихке руйнування малоімовірне, якщо вологість бетону менша за  $k$  %. Якщо значення вологості більше за  $k$  %, виконують точну оцінку вологості, типу заповнювача, водопроникності бетону й умов нагрівання.

**Примітка.** Рекомендоване значення  $k = 3$  %.

**7.4.1.3** Якщо конструкція розрахована на впливи класу X0 та XC1 (таблиця 4.1 ДБН В.2.6-98), її вологість нижча за  $k$  %, де  $2,5 \leq k \leq 3,0$ .

**7.4.1.4** Використання табличних даних для нормального бетону не потребує подальших перевірок. Якщо відстань до осі арматури  $a$  становить більше 70 мм, застосовується 7.4.2.2.

**7.4.1.5** Якщо вологість бетону балок більша за  $k$  %, вплив вибухоподібного крихкого руйнування бетону на несучу здатність  $R$  оцінюють, припускаючи місцеве руйнування захисного шару бетону для арматурного стрижня або канату в поперечному перерізі, а потім перевіряючи знижену несучу здатність перерізу. У цьому разі температуру інших арматурних стрижнів приймають як для неушкодженого перерізу. Ця перевірка не потрібна для будь-якої конструкції, дійсна робота якої внаслідок вибухоподібного крихкого руйнування перевірена експериментально, або яка додатково захищена та перевірена випробуваннями.

**Примітка.** За достатньо великої кількості стрижнів вважають, що можливо прийняти перерозподіл напружень без втрати несучої здатності  $R$ . Наприклад, балки шириною більше 400 мм та з кількістю стрижнів більше восьми, що розміщені в розтягненій зоні.

#### **7.4.2 Руйнування бетону**

**7.4.2.1** Руйнуванню бетону на пізній стадії вогневого впливу слід запобігти або врахувати його вплив на робочі характеристики  $R$ .

**7.4.2.2** Якщо відстань до осі арматури більше 70 мм або випробування не доводили до руйнування бетону, поверхневий шар бетону армують. Арматурна сітка поверхневого шару має чарунку не більше 100 мм, а діаметр стрижнів не менше 4 мм.



## 7.5 З'єднання

**7.5.1** Проектування з'єднань базується на загальній оцінці роботи конструкцій під час пожежі.

**7.5.2** З'єднання проектується за результатами розрахунків так, щоб вони відповідали вимогам граничного стану з вогнестійкості  $R$ , який встановлено для з'єднуваних конструкцій, та забезпечували достатню стійкість цілої будівлі.

## 7.6 Вогнезахисні покриття

**7.6.1** Нормовану вогнестійкість можна забезпечити за допомогою вогнезахисних покриттів.

**7.6.2** Властивості та роботу вогнезахисних покриттів конструкцій оцінюють за результатами відповідних випробувань.

## 8 ТАБЛИЧНІ ДАНІ

### 8.1 Сфера застосування

**8.1.1** В розділі наведені загальновизнані проектні рішення для стандартного температурного режиму тривалістю до 240 хв (див. 7.1). Правила застосовують для аналізу окремої конструкції згідно з 5.4.2. Значення, що наведені в таблицях, застосовують для випадків, коли коефіцієнт зниження рівня навантаження під час пожежі  $\eta_{fi} \leq 0,7$ . Навантажувальний ефект під час пожежі визначають згідно з положеннями ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-14 та ДБН В.1.1-7.

**Примітка.** Таблиці розроблені на емпіричній основі, що підтверджена досвідом та теоретичною оцінкою випробувань. Дані отримані з приблизних усталених передумов для найтиповіших конструкцій та дійсні для всього діапазону теплопровідності згідно з 6.3.3.

**8.1.2** Значення, що наведені в таблицях цього стандарту, застосовують для нормального бетону (густина від  $2000 \text{ кг/м}^3$  до  $2600 \text{ кг/м}^3$  згідно з ДСТУ Б В.2.7-176), виготовленого на силікатному заповнювачі. Якщо в балках використовуються карбонатні або легкі заповнювачі, то мінімальний розмір поперечного перерізу можна зменшити на 10 %.

**8.1.3** Використання табличних даних не потребує перевірок на зріз, кручення та анкерування.

**8.1.4** Використання табличних даних не потребує перевірок на крихке руйнування, окрім армування захисного шару бетону (див. 7.4.1.4).

### 8.2 Загальні правила розрахунку

**8.2.1** Для граничного стану з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності (критерій  $R$ ) мінімальні розміри перерізів і відстані до осі арматури визначають з таблиць за формулою:

$$E_{d,fi} / R_{d,fi} \leq 1,0, \quad (8.1)$$

де  $E_{d,fi}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі;

$R_{d,fi}$  – розрахункова несуча здатність під час пожежі.

**8.2.2** Табличні дані цього розділу ґрунтуються на зниженні рівня навантаження  $\eta_{fi} = 0,7$ , якщо інше не передбачене у відповідних пунктах.

**8.2.3** Для дотримання необхідної відстані до осі арматури в розтягнутих зонах вільно опертих балок, таблиці Д.1 – Д.3, колонка 3 (в одному напрямку) базуються на критичній температурі нагрівання сталі  $\theta_{cr} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ . Цей висновок відповідає  $E_{d,fi} = 0,7 E_d$  та  $\gamma_s = 1,15$  (рівень напружень  $\sigma_{s,fi} / f_{yk} = 0,60$ , див. формулу (8.2)), де  $E_d$  – розрахунковий навантажувальний ефект згідно з ДБН В.2.6-98.

**8.2.4** Для попередньо напруженої арматури критичну температуру стрижнів приймають  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , а для канатів і дротів –  $350 \text{ }^\circ\text{C}$ . Це твердження відповідає умовам  $E_{d,fi} = 0,7 E_d$ ,  $f_{p0,1k} / f_{pk} = 0,9$  та  $\gamma_s = 1,15$  (рівень напружень  $\sigma_{s,fi} / f_{p0,1k} = 0,55$ ). Якщо спеціальні перевірки згідно з 8.2.7 не проводили, необхідну відстань до осі арматури  $a$  в балках збільшують на:

10 мм для попередньо напружених стрижнів відповідно до  $\theta_{cr} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

15 мм для попередньо напружених дротів і канатів відповідно до  $\theta_{cr} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**8.2.5** Зниження характеристичного опору ненапруженої і попередньо напруженої арматури залежно від температури  $\theta$  відображені на рисунку 8.1. Значення коефіцієнтів зниження рекомендовано використовувати за достатнього обґрунтування або після їх експериментального підтвердження. Звіт за результатами обґрунтування коефіцієнтів зниження або протоколи випробувань надаються профільним базовим організаціям з науково-технічної діяльності у сферах будівництва, промисловості будівельних матеріалів, архітектури і містобудування для можливості формування національного банку даних. Перевірка коефіцієнтів зниження можлива також на стадії виготовлення продукції.

Криві побудовані за формулами:

i) ненапружена арматура (гарячекатана або холоднодеформована):

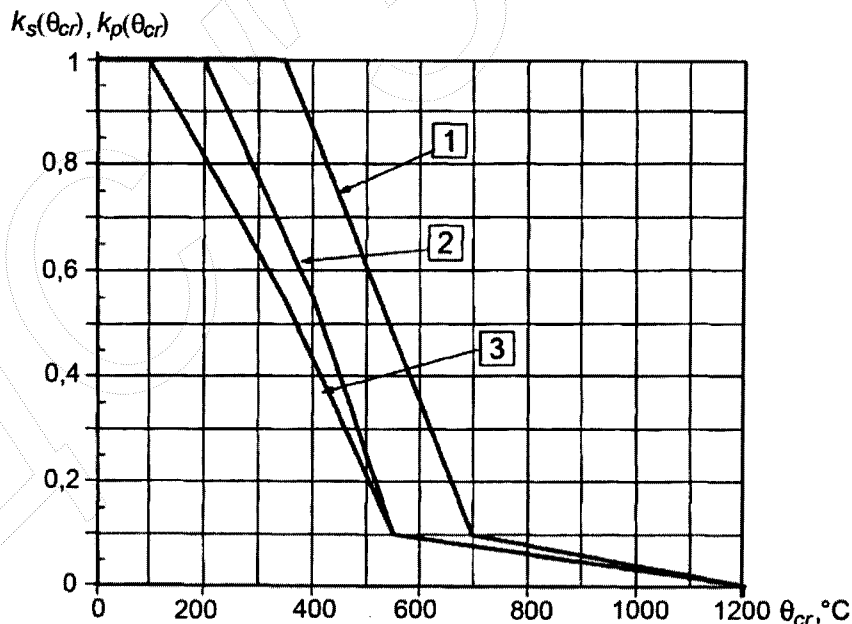
$$\begin{aligned} k_s(\theta) &= 1,0 && \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 350^\circ\text{C}; \\ k_s(\theta) &= 1,0 - 0,4 (\theta - 350)/150 && \text{для } 350^\circ\text{C} < \theta \leq 500^\circ\text{C}; \\ k_s(\theta) &= 0,61 - 0,5 (\theta - 500)/200 && \text{для } 500^\circ\text{C} < \theta \leq 700^\circ\text{C}; \\ k_s(\theta) &= 0,1 - 0,1 (\theta - 700)/500 && \text{для } 700^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

ii) попередньо напружена арматура (стрижні згідно з ДСТУ 3760):

$$\begin{aligned} k_p(\theta) &= 1,0 && \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 200^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 1,0 - 0,45 (\theta - 200)/200 && \text{для } 200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 0,55 - 0,455 (\theta - 400)/150 && \text{для } 400^\circ\text{C} < \theta \leq 550^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 0,1 - 0,1 (\theta - 550)/650 && \text{для } 550^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

iii) попередньо напружена арматура (дріт і канати згідно з ГОСТ 7348 та ГОСТ 13840 відповідно):

$$\begin{aligned} k_p(\theta) &= 1,0 && \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 1,0 - 0,45 (\theta - 100)/250 && \text{для } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 350^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 0,55 - 0,455 (\theta - 350)/200 && \text{для } 350^\circ\text{C} < \theta \leq 550^\circ\text{C}; \\ k_p(\theta) &= 0,1 - 0,1 (\theta - 550)/650 && \text{для } 550^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}; \end{aligned}$$



1 – арматура; 2 – попередньо напружена арматура (стрижні); 3 – попередньо напружена арматура (дріт і канати)

**Рисунок 8.1** – Крива для критичної температури ненапруженої і попередньо напруженої арматури  $\theta_{cr}$ , що відповідає коефіцієнтам зниження  $k_s(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi} / f_{yk} (20^\circ\text{C})$  або  $k_p(\theta_{cr}) = \sigma_{p,fi} / f_{pk} (20^\circ\text{C})$

**8.2.7** Для вільно обпертих згинальних конструкцій (окрім попередньо напруженої арматури без зчеплення з бетоном), в яких критична температура відрізняється від 500 °С, відстань до осі арматури, що наведена в таблицях Д.1 і Д.2, уточнюють:

а) обчислюють напруження сталі  $\sigma_{s,fi}$  для впливів під час пожежі  $E_{d,fi}$ :

$$\sigma_{s,fi} = \frac{E_{d,fi}}{E_d} \cdot \frac{f_{yk}(20^\circ\text{C})}{\gamma_s} \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}}, \quad (8.2)$$

де  $\gamma_s$  – коефіцієнт надійності для арматури (розділ 3 ДБН В.2.6-98);

$A_{s,req}$  – площа необхідного армування за граничними станами першої групи;

$A_{s,prov}$  – площа наявного армування;

$E_{d,fi}/E_d$  визначають за 5.4.2.

б) обчислюють критичну температуру арматури  $\theta_{cr}$  відповідно до коефіцієнта зниження  $k_s(\theta_{cr}) = \sigma_{s,fi}/f_{yk}(20^\circ\text{C})$  (рисунок 8.1, крива 1) для ненапруженої або  $k_p(\theta_{cr}) = \sigma_{p,fi}/f_{pk}(20^\circ\text{C})$  (рисунок 8.1, крива 2 або 3) для попередньо напруженої арматури;

в) уточнюють мінімальну відстань до осі арматури, що наведена в таблицях для нової критичної температури  $\theta_{cr}$ , використовуючи наближену формулу (8.3), де  $\Delta a$  – зміна відстані до осі арматури в мм.

$$\Delta a = 0,1(500 - \theta_{cr}). \quad (8.3)$$

**8.2.8** Наведене вище наближення дійсне, якщо  $350^\circ\text{C} < \theta_{cr} < 700^\circ\text{C}$ , та для зміни відстані до осі арматури, що наведена лише в таблицях. Для температур за межами цього інтервалу та для уточнених результатів використовують температурні криві. Для попередньо напруженої арматури аналогічно можна використовувати формулу (8.2).

**8.2.9** Для попередньо напруженої арматури без зчеплення з бетоном критичні температури вище  $350^\circ\text{C}$  використовують у разі застосування уточнених методів визначення ефектів зміщень (див. 7.1.3).

**8.2.10** Для балок із критичною температурою  $\theta_{cr}$  менше  $400^\circ\text{C}$  збільшують мінімальну ширину розтягнутої зони балки в мм за формулою:

$$b_{mod} \geq b_{min} + 0,8(400 + \theta_{cr}), \text{ мм}, \quad (8.4)$$

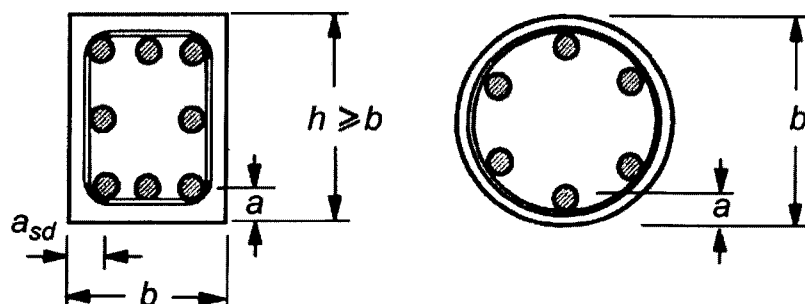
де  $b_{min}$  – мінімальний розмір  $b$ , що наведений у таблицях для нормованої вогнестійкості.

Як альтернатива збільшенню ширини за формулою (8.4) уточнюють відстань до осі арматури для отримання температури, необхідної для діючого напруження. Це вимагає використання точнішого методу, ніж той, що наведений у додатку А.

**8.2.11** Значення, що наведені в таблицях, встановлюють мінімальні розміри для вогнестійкості додатково до правил конструювання за ДБН В.2.6-98. Деякі значення відстані до осі арматури, що використані в таблицях, менші за встановлені у ДБН В.2.6-98 та враховують лише для інтерполяції.

**8.2.12** Проміжні значення табличних даних знаходять за лінійною інтерполяцією.

**8.2.13** Позначки, що використані в таблицях, наведені на рисунку 8.2.



**Рисунок 8.2** – Переріз елементів конструкцій, номінальна відстань до осі арматури  $a$

**8.2.14** Відстані до осі арматури  $a$  для сталевих стрижнів, дроту і попередньо напруженої арматури мають номінальні значення.

**8.2.15** Для армування в декілька рядів, як наведено на рисунку 8.3, та там, де воно складається з ненапруженої і попередньо напруженої арматури з тими ж характеристичними значеннями міцності  $f_{yk}$  і  $f_{pk}$ , середня відстань до осі арматури  $a_m$  не менша за відстань до осі арматури  $a$ , що наведена в таблицях. Середню відстань до осі арматури обчислюють за формулою:

$$a_m = \frac{A_{s1} a_1 + A_{s2} a_2 + \dots + A_{sn} a_n}{A_{s1} + A_{s2} + \dots + A_{sn}} = \frac{\sum A_{si} a_i}{\sum A_{si}}, \quad (8.5)$$

де  $A_{si}$  – площа поперечного перерізу  $i$ -го сталевго стрижня (попередньо напруженого арматурного елемента, канату);

$a_i$  – відстань до осі  $i$ -го сталевго стрижня (попередньо напруженого арматурного елемента, канату).

Якщо армування виконують зі сталей з різними характеристичними значеннями міцності,  $A_{si}$  у формулі (8.5) замінюють на  $A_{si} f_{yki}$  (або  $A_{si} f_{pki}$ ).

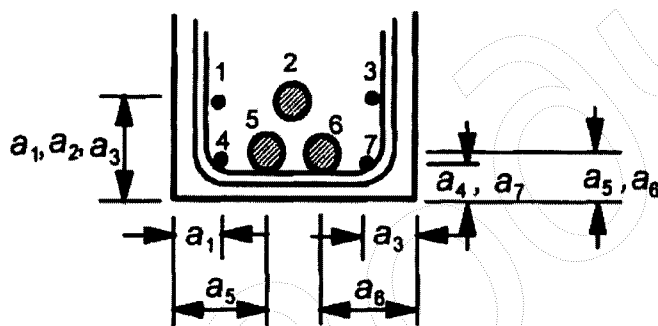


Рисунок 8.3 – Відстані до осі арматури  $a_m$

**8.2.16** Якщо ненапружену і попередньо напружену арматуру використовують одночасно (наприклад, у частково попередньо напруженій конструкції), відстані до осей ненапруженої і попередньо напруженої арматури визначають окремо.

**Примітка.** Рекомендовано використовувати температурні криві та спрощені методи розрахунку.

**8.2.17** Мінімальна відстань до осі для будь-якого окремого стрижня має бути не меншою за необхідну для R 30 на випадок розміщення стрижнів в один ряд або половину середньої відстані до осі для стрижнів у кілька рядів (формула (8.5)).

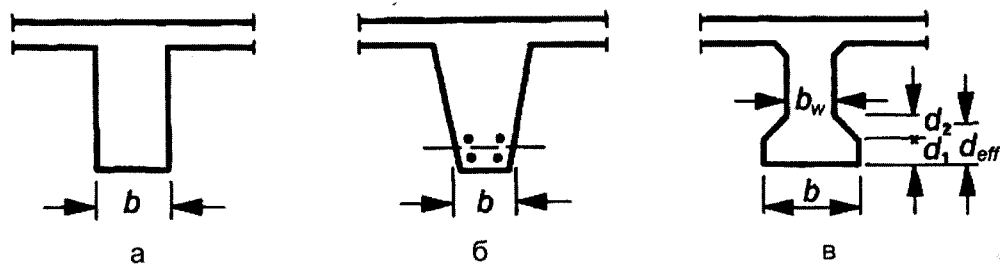
### 8.3 Балки

#### 8.3.1 Загальні положення

**8.3.1.1** Для визначення вогнестійкості ненапружених та попередньо напружених залізобетонних балок використовують дані, що наведені в таблицях Д.1-Д.3, та виконуються правила цього розділу.

**8.3.1.2** Таблиці стосуються балок, що зазнають тристороннього вогневого впливу, наприклад, якщо верхня грань ізолювана плитами або іншими конструкціями, що виконують теплоізолювальну функцію протягом всього вогневого впливу. Для балок, що зазнають вогневого впливу з усіх сторін, застосовують 8.3.4.

**8.3.1.3** Табличні значення дійсні для поперечних перерізів, що наведені на рисунку 8.4. Правила 8.3.1.5-8.3.1.8 визначають необхідні для захисту арматури розміри поперечного перерізу.



а – постійна ширина; б – змінна ширина; в – двотавровий переріз

**Рисунок 8.4** – Визначення розмірів різних типів балочних перерізів

**8.3.1.4** Для балок із змінною шириною (рисунок 8.4б) мінімальне значення  $b$  визначають у центрі ваги розтягнутої арматури.

**8.3.1.5** Робоча висота  $d_{eff}$  нижньої полиці двотаврової балки (рисунок 8.4в) становить не менше:

$$d_{eff} = d_1 + 0,5d_2 \geq b_{min}, \quad (8.6)$$

де  $b_{min}$  – мінімальне значення ширини балки за таблицею Д.3.

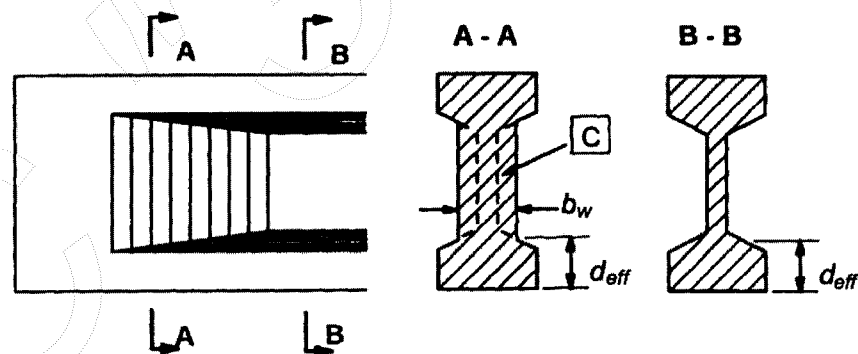
Це правило не діє, якщо фіктивний поперечний переріз (С на рисунку 8.5), що задовольняє мінімальні вимоги вогнестійкості та включає повне армування, входить до існуючого поперечного перерізу.

**8.3.1.6** Якщо дійсна ширина нижньої полиці  $b$  становить більше  $1,4b_w$  ( $b_w$  – дійсна ширина стінки балки (рисунок 8.4в)), а  $bd_{eff} < 2b_{min}^2$ , тоді відстань до осі ненапруженої або попередньо напруженої арматури збільшують:

$$a_{eff} = a \left( 1,85 - \frac{d_{eff}}{b_{min}} \sqrt{\frac{b_w}{b}} \right) \geq a, \quad (8.7)$$

де  $d_{eff}$  – визначають за формулою (8.6);

$b_{min}$  – мінімальна ширина балки, що наведена в таблиці Д.1.



С – фіктивний поперечний переріз.

**Рисунок 8.5** – Двотаврова балка зі збільшеною шириною стінки  $b_w$ , що відповідає вимогам фіктивного поперечного перерізу

**8.3.1.7** Отвори в стінках балок не впливають на вогнестійкість, якщо залишкова площа поперечного перерізу елемента в розтягнутій зоні не менша за  $A_c < 2b_{min}^2$ , де  $b_{min}$  наведено в таблиці Д.1.

**8.3.1.8** Зосередження температури відбувається в нижніх кутах балок. У такому разі відстань  $a_{sd}$  (рисунок 8.2) від осі кутового стрижня (канату або дроту) до бічної грані балки тільки з одним рядом арматури збільшують на 10 мм для значень ширини балки не більше тих, що наведені в колонці 4 таблиці Д.1 для вільно опертих балок та в колонці 3 таблиці Д.2 для нерозрізних балок для відповідної нормованої вогнестійкості.

### 8.3.2 Вільно обперті балки

У таблиці Д.1 наведені мінімальні значення відстані до осі арматури і мінімальні значення ширини балки для нормованої вогнестійкості від R30 до R240.

### 8.3.3 Нерозрізні балки

8.3.3.1 У таблиці Д.2 наведені мінімальні значення відстані до осі арматури і мінімальні значення ширини балки для нормованої вогнестійкості від R30 до R240.

8.3.3.2 Дані таблиці Д.2 використовують, якщо:

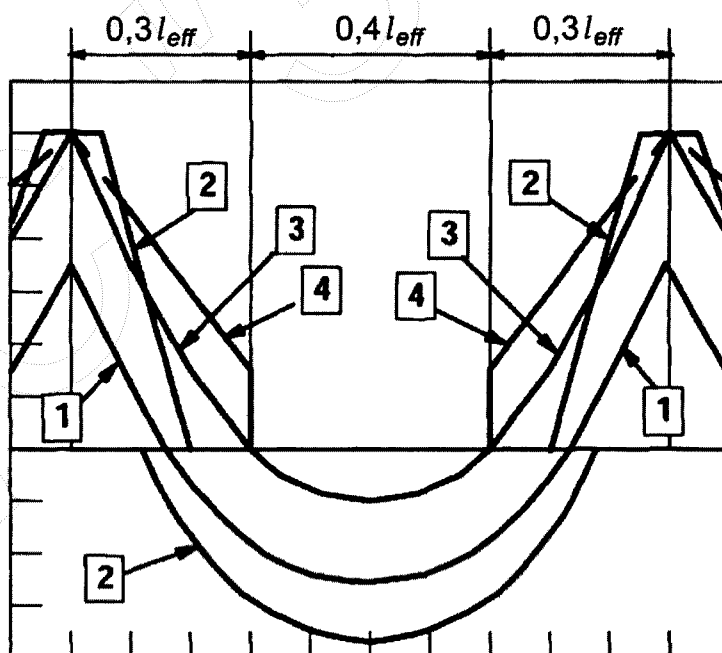
- виконані конструктивні вимоги;
- перерозподіл згинального моменту для розрахунку за нормальної температури не перевищує 15 %. В іншому разі їх приймають як вільно обперті балки.

**Примітка.** Таблицю Д.2 використовують для проектування нерозрізних балок, в яких перерозподіл згинального моменту становить більше 15 % за наявності достатньої здатності повороту на опорах в умовах визначеного вогневого впливу. Ретельніші розрахунки базуються на спрощених методах розрахунку (наприклад, додаток В), за необхідності, для уточнення значень відстані до осі арматури і довжини обриву верхньої й нижньої арматури.

8.3.3.3 Площа верхнього армування на кожній проміжній опорі для нормованої вогнестійкості не менше R90, на відстані не більше  $0,3l_{eff}$  (згідно з ДБН В.2.6-98) від центральної лінії опори становить не менше (рисунок 8.6):

$$A_{s,req}(x) = A_{s,req}(0) \cdot (1 - 2,5 x / l_{eff}), \quad (8.8)$$

- де  $x$  – відстань від розглянутого перерізу до центральної лінії опори, якщо  $x \leq 0,3l_{eff}$ ;  
 $A_{s,req}(0)$  – площа верхнього армування на опорі згідно з ДБН В.2.6-98;  
 $A_{s,req}(x)$  – мінімально необхідна площа верхнього армування перерізу на відстані  $x$  від центральної лінії опори, але не менше  $A_s(x)$ , що вимагає ДБН В.2.6-98;  
 $l_{eff}$  – розрахункова довжина прольоту. Якщо розрахункова довжина прилеглих прольотів більша, тоді треба використовувати це значення.



1 – епюра згинальних моментів від впливу пожежі за  $t = 0$ ; 2 – обв'язна епюра діючих згинальних моментів згідно з ДБН В.2.6-98; 3 – епюра згинальних моментів під час пожежі; 4 – обв'язна епюра згинальних моментів, що враховується у формулі (8.8).

**Рисунок 8.6** – Обв'язна епюра згинальних моментів на опорах під час пожежі

**8.3.3.4** Таблицю Д.2 застосовують для нерозрізних балок з попередньо напруженою арматурою без зчеплення з бетоном, якщо згинальний момент на проміжних опорах під час пожежі сприймає арматура зі зчепленням із бетоном.

**8.3.3.5** Товщина стінки двотаврової нерозрізної балки  $b_w$  (рисунок 8.4в) становить не менше  $b_{\min}$  в таблиці Д.2, колонка 2 для відстані  $2h$  від проміжної опори за умови, що вибухоподібне крихке руйнування не відбувається (див. 7.4).

**8.3.3.6** Для запобігання руйнуванню бетону нерозрізної балки від стиску або дії поперечної сили на першій проміжній опорі ширину балки і товщину стінки балки збільшують для нормованої вогнестійкості від R120 до R240 згідно з таблицею Д.3, якщо виконуються такі умови:

а) міцність на згин на крайній опорі не забезпечують ані з'єднання, ні балка (для цього пункту ДБН В.2.6-98 забезпечує міцність на згин завдяки з'єднанню, що передає момент) та

б)  $V_{Ed} > 2/3 V_{Rd, \max}$  на першій проміжній опорі, де  $V_{Ed}$  – розрахункова поперечна сила за нормальної температури і  $V_{Rd, \max}$  – розрахунковий опір стінок дії поперечної сили згідно з розділом 6 ДБН В.2.6-98.

#### **8.3.4 Балки, що зазнають впливу пожежі з усіх сторін**

Таблиці Д.1 – Д.3 використовують, якщо:

– значення висоти балки становить не менше значення мінімальної ширини, що необхідна для відповідної межі вогнестійкості;

– площа поперечного перерізу балки не менша за

$$A_c = 2b_{\min}^2, \quad (8.9)$$

де  $b_{\min}$  – наведене в таблицях Д.1 – Д.3.

# ДОДАТОК А (довідковий)

## ТЕМПЕРАТУРНІ КРИВІ

**A.1** В додатку наведені розрахункові температурні криві для балок (рисунки А.2 – А.9).

**A.2** Рисунки побудовані на основі таких значень:

– теплоємність бетону з вологістю 1,5 % наведена в 6.3.2. Температурні номограми визначені для вологості більше 1,5 %;

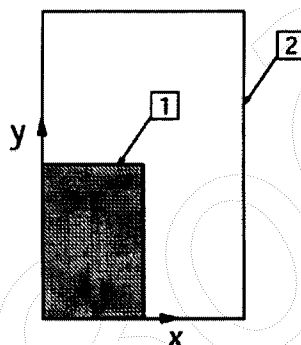
– нижня межа теплопровідності бетону є такою, що наведена в 6.3.3

**Примітка.** Нижню межу теплопровідності визначають з порівняння температур, що отримані під час вогневих випробувань різних типів залізобетонних конструкцій; нижня межа дає достовірніші значення температури бетонних конструкцій ніж верхня, що отримана за результатами випробувань сталезалізобетонних конструкцій.

– ступінь чорноти поверхні бетону становить 0,7, як наведено в 5.2.3;

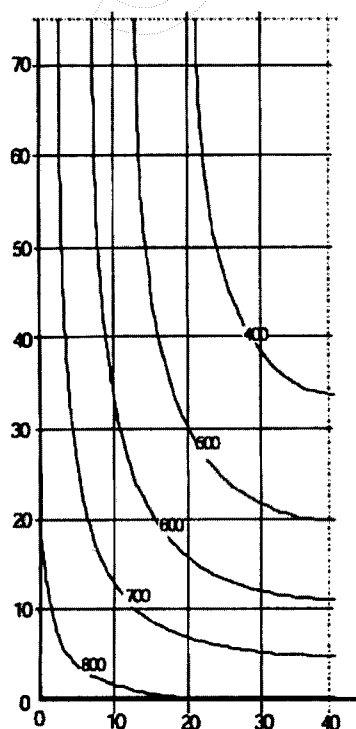
– коефіцієнт конвекції становить  $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

**A.3** Рисунок А.1 показує розташування температурних кривих у поперечному перерізі балок, враховуючи симетрію.



1 – площа з температурними кривими; 2 – повний поперечний переріз.

**Рисунок А.1** – Площа поперечного перерізу, для якого наведені температурні криві



**Рисунок А.2** – Температурні криві балки  $h \times b = 150 \text{ мм} \times 80 \text{ мм} - \text{R30}, ^\circ\text{C}$



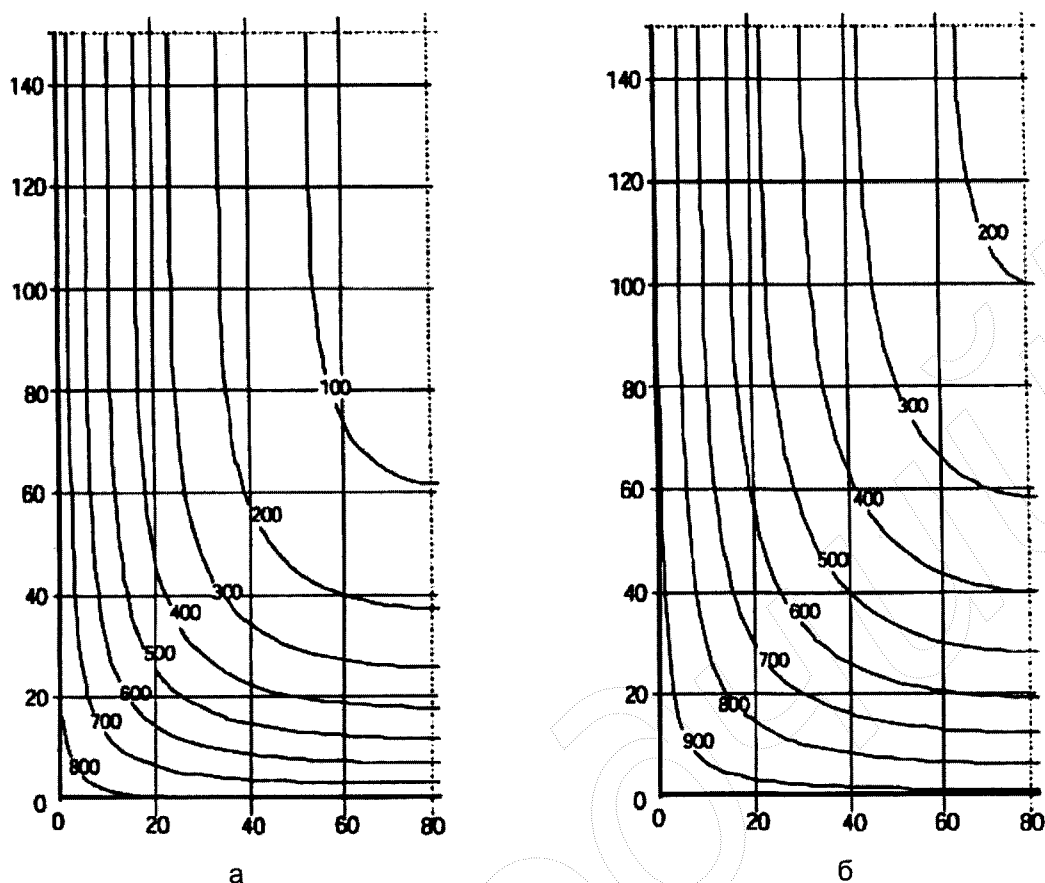


Рисунок А.3 – Температурні криві балки  $h \times b = 300 \text{ мм} \times 160 \text{ мм}$ , °C:  
а – R30; б – R60

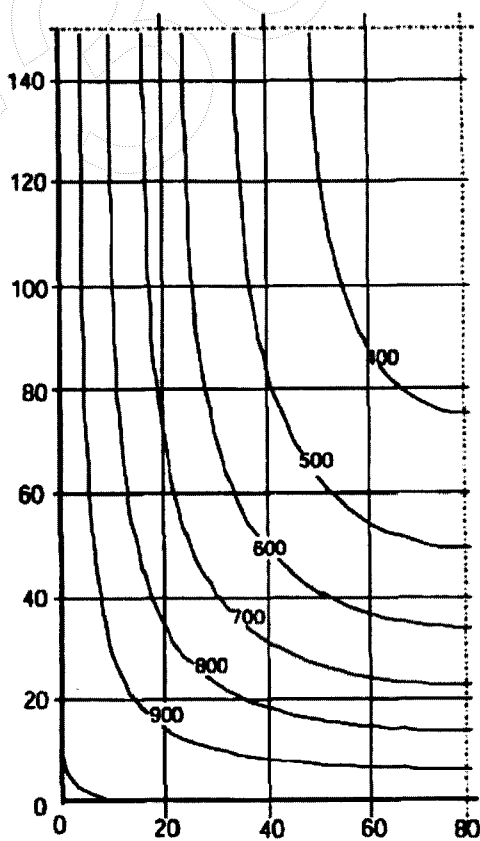


Рисунок А.4 – Температурні криві балки  $h \times b = 300 \text{ мм} \times 160 \text{ мм}$  – R90, °C

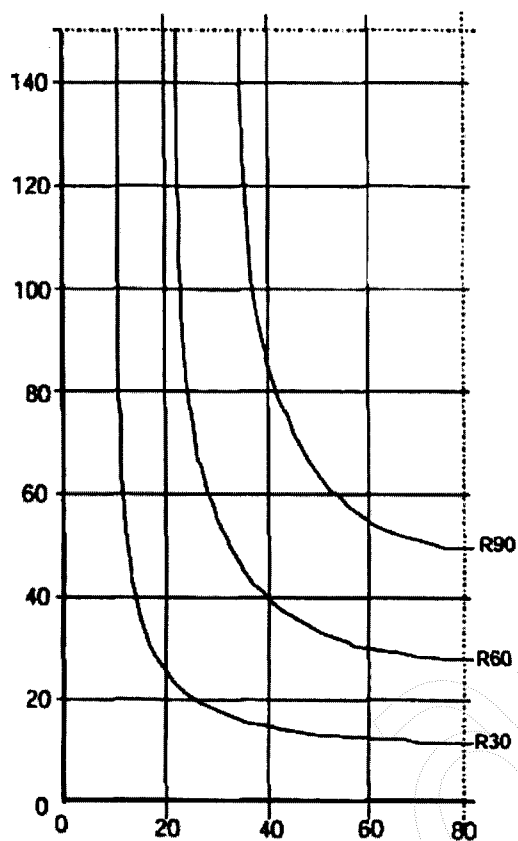
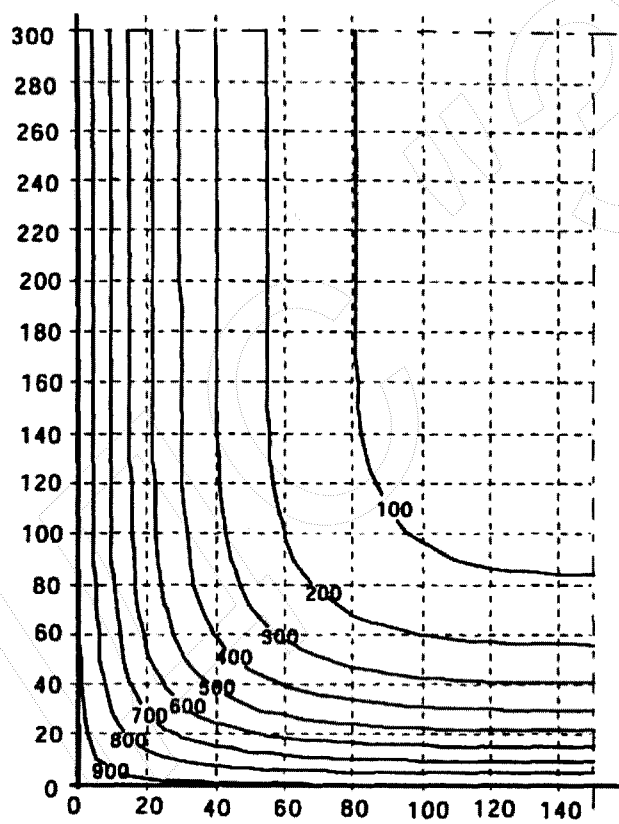
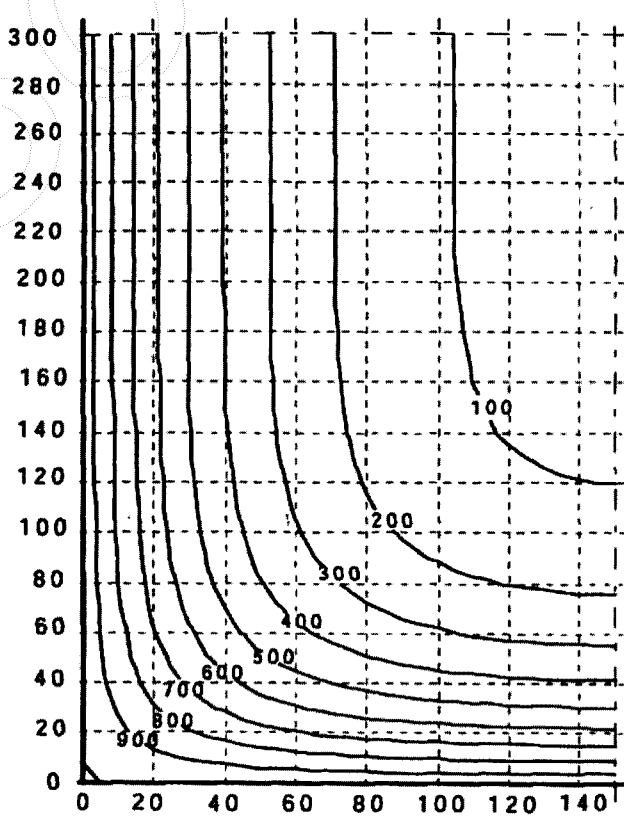


Рисунок А.5 – Ізотерми 500 °С для балки  $h \times b = 300 \text{ мм} \times 160 \text{ мм}$ , °С



а



б

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

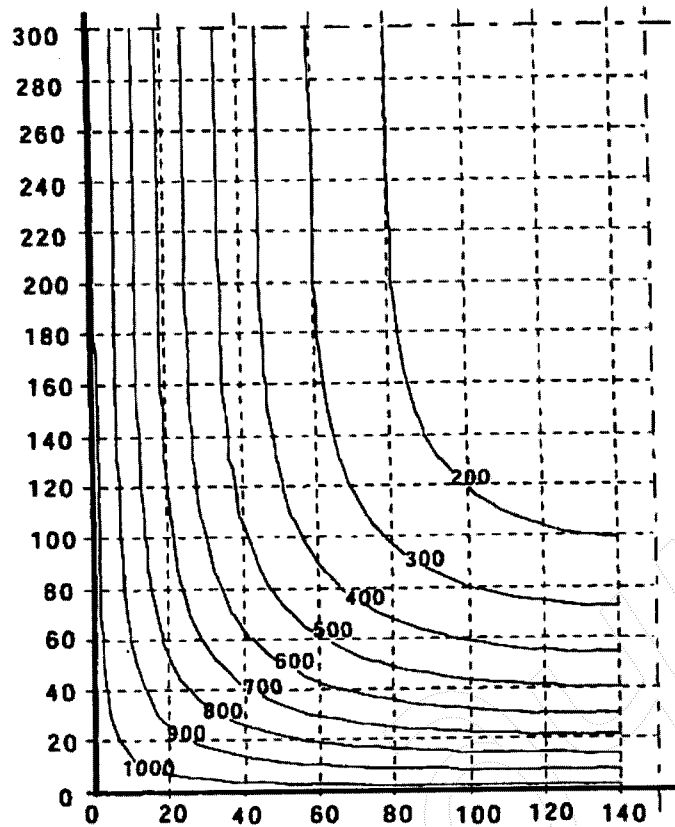


Рисунок А.7 – Температурні криві балки  $h \times b = 600 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$  – R120, °C

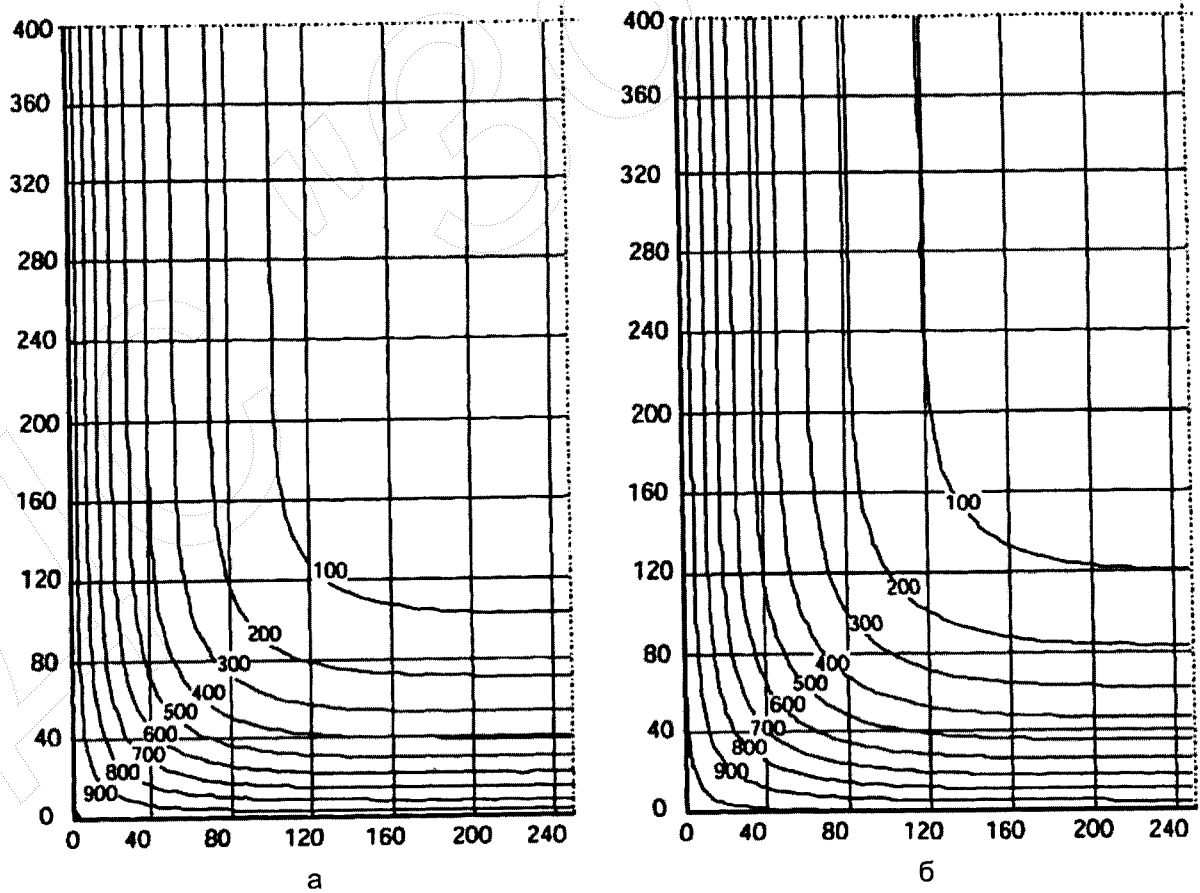


Рисунок А.8 – Температурні криві балки  $h \times b = 800 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ , °C:  
а – R90; б – R120

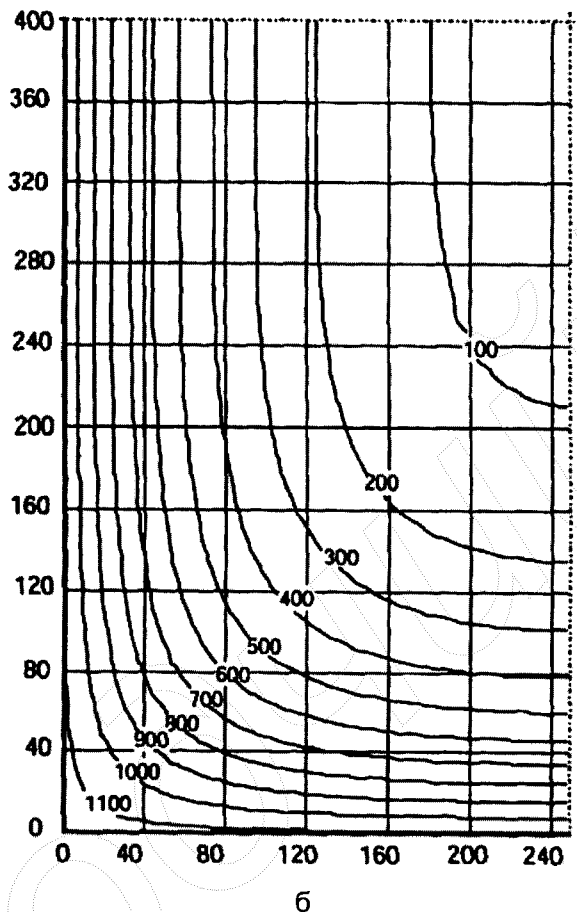
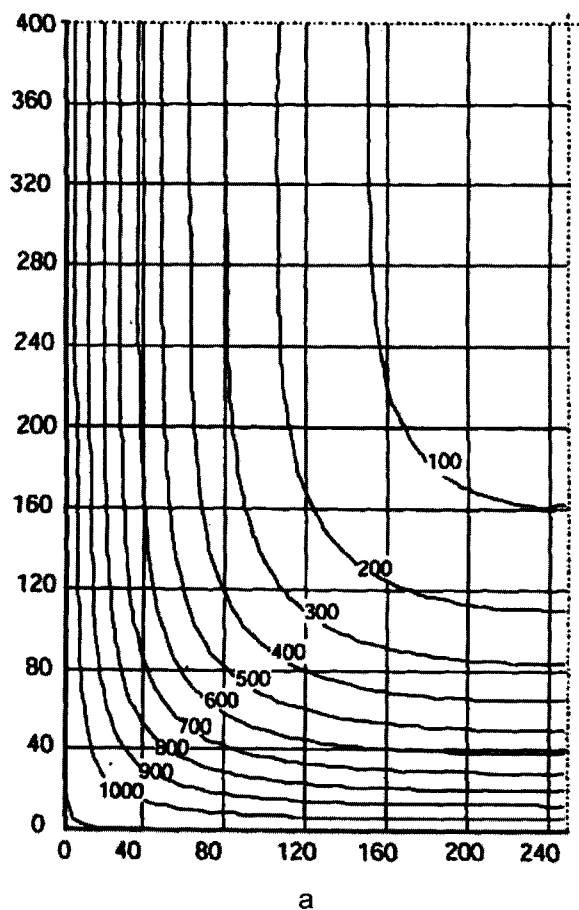


Рисунок А.9 – Температурні криві балки  $h \times b = 800 \text{ мм} \times 500 \text{ мм}$ , °C:  
а – R180; б – R240

**ДОДАТОК Б**  
(довідковий)

**ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ**

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

Температура бетону, $\theta$ , °C	Силікатний заповнювач			Карбонатний заповнювач		
	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\varepsilon_{c1,\theta}$	$\varepsilon_{cu1,\theta}$	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\varepsilon_{c1,\theta}$	$\varepsilon_{cu1,\theta}$
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	–	–

**Таблиця Б.2** – Значення параметрів діаграми "напруження-деформація" гарячекатаної і холоднодеформованої арматури за підвищених температур

Температура сталі, $\theta$ , °C	$f_{sy,\theta}/f_{yk}$		$f_{sp,\theta}/f_{yk}$		$E_{s,\theta}/E_s$	
	гаряче-катана	холодно-деформована	гаряче-катана	холодно-деформована	гаряче-катана	холодно-деформована
1	2	3	4	5	6	7
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,07	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1000	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03
1100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Таблиця Б.3** – Значення параметрів діаграми "напруження-деформація" для холоднодеформованої (хд) (дріт та канати) і термомеханічно зміцненої (тз) попередньо напруженої (стрижні) арматури за підвищених температур

Температура сталі, $\theta$ , °C	$f_{py,\theta}/(\beta f_{pk})$			$f_{pp,\theta}/(\beta f_{pk})$		$E_{p,\theta}/E_p$		$\varepsilon_{pt,\theta}$	$\varepsilon_{pu,\theta}$
	хд			тз	хд	тз	хд	тз	хд, тз
	Клас А	Клас В							
1	2а	2б	3	4	5	6	7	8	9
100	1,00	0,99	0,98	0,68	0,72	0,98	0,76	0,050	0,100
200	0,87	0,87	0,92	0,51	0,62	0,95	0,51	0,050	0,100
300	0,70	0,72	0,86	0,32	0,58	0,88	0,62	0,055	0,105
400	0,50	0,46	0,69	0,13	0,52	0,81	0,41	0,060	0,110
500	0,30	0,22	0,26	0,07	0,14	0,54	0,20	0,065	0,115
600	0,14	0,10	0,21	0,05	0,11	0,41	0,15	0,070	0,120
700	0,06	0,08	0,15	0,03	0,09	0,10	0,10	0,075	0,125
800	0,04	0,05	0,09	0,02	0,06	0,07	0,06	0,080	0,130
900	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,085	0,135
1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,090	0,140
1100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,095	0,145
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,100	0,150
Примітка. Для проміжних значень температури застосовують лінійну інтерполяцію.									

ДОДАТОК В  
(довідковий)

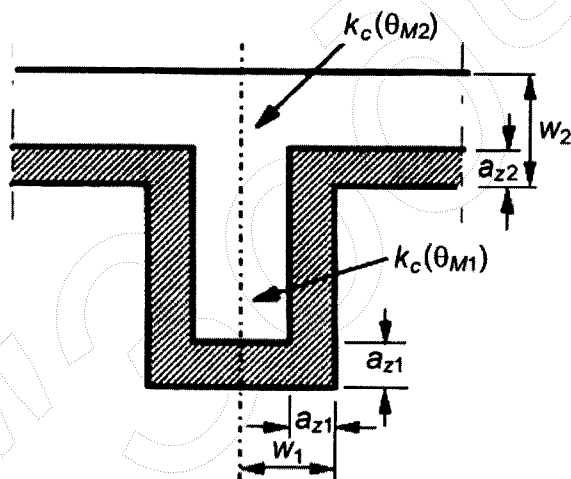
**СПРОЩЕНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ**

**В.1 Зональний метод**

**В.1.1** Метод поділу поперечного перерізу на декілька зон наведено нижче. Цей метод застосовують тільки для стандартного температурного режиму.

**В.1.2** Поперечний переріз ділять на декілька ( $n \geq 3$ ) паралельних зон однакової товщини (прямокутні елементи), де враховують середню температуру, відповідну середню міцність на стиск  $f_{cd}(\theta)$  і модуль пружності (у разі потреби) кожної зони.

**В.1.3** Пошкоджений під час пожежі поперечний переріз представлений приведеним поперечним перерізом, що не включає пошкоджену зону обігріваних поверхонь товщиною  $a_z$  (рисунок В.1). Точка М є довільною точкою на центральній осі еквівалентної стіни, яку використовують для визначення зменшеного опору на стиск всього приведенного поперечного перерізу. Якщо дві протилежні сторони зазнають вогневого впливу, ширина дорівнює  $2w$ . Для прямокутного поперечного перерізу тільки під час одностороннього вогневого впливу шириною вважається  $w$ .

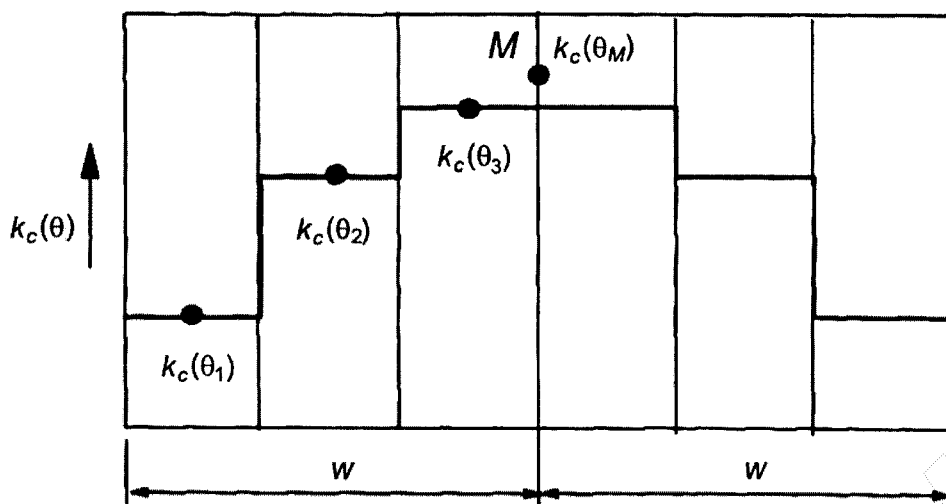


**Рисунок В.1** – Зниження міцності і приведення поперечного перерізу балки, що зазнає вогневого впливу

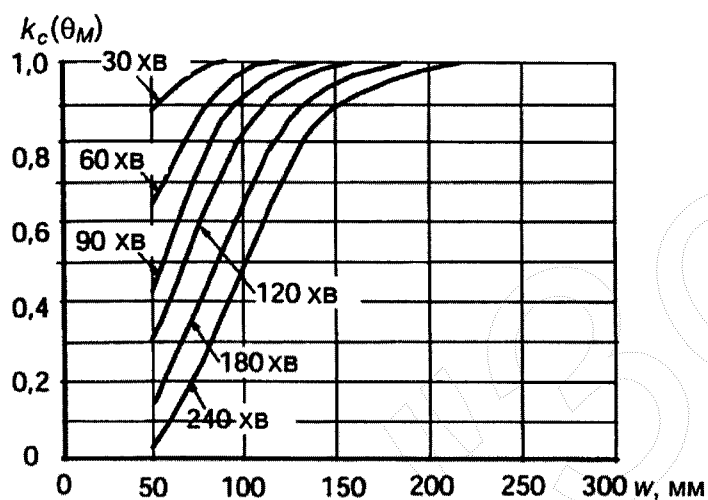
**В.1.4** Для нижньої частини і країв прямокутних елементів під час вогневого впливу, якщо ширина менше за висоту, значення  $a_z$  вважають таким, як розрахункові значення для сторін (рисунок В.1). Приведення поперечного перерізу базується на визначенні товщини  $a_z$  пошкодженої зони обігріваної поверхні.

**В.1.5** Пошкоджену зону  $a_z$  розраховують для еквівалентної стіни під час двостороннього вогневого впливу так:

- а) половину товщини стіни ділять на  $n$  паралельних зон однакової товщини, де  $n \geq 3$  (рисунок В.2);
- б) температуру розраховують для середини кожної зони;
- в) визначають відповідний коефіцієнт зниження міцності бетону на стиск  $k_c(\theta_i)$  (рисунок В.3).

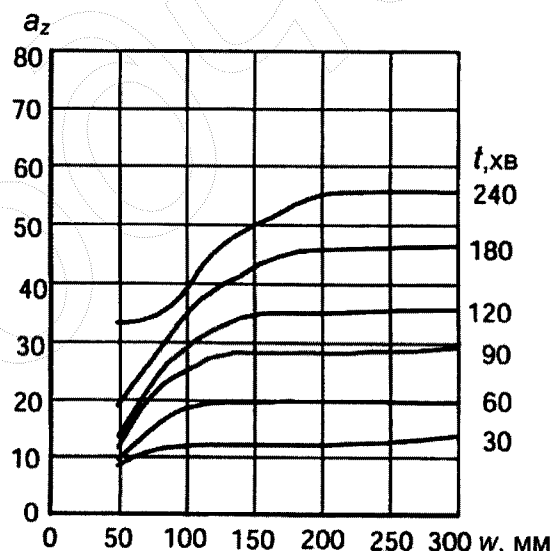


**Рисунок В.2** – Поділ стіни з двостороннім впливом вогню на зони для розрахунку зниження міцності та значень  $a_z$



$w$  визначають як:  
 – товщина плити;  
 – половина товщини стінки балки

а



б

а – зниження міцності на стиск бетону на силікатному заповнювачі для приведенного поперечного перерізу;  
 б – приведення поперечного перерізу  $a_z$  балки з бетону на силікатному заповнювачі

**Примітка.** Значення для бетону на силікатному заповнювачі застосовують для більшості інших заповнювачів.

**Рисунок В.3** – Приведення поперечного перерізу і зниження міцності бетону за стандартним температурним режимом

**В.1.6** Середній коефіцієнт зниження міцності бетону в точці М для визначеної частини, включаючи коефіцієнт  $(1 - 0,2/n)$ , що враховує при розрахунку зміну температури кожної зони, визначають за формулою:

$$k_{c,m} = \frac{(1 - 0,2/n)}{n} \sum k_c(\theta_i), \quad (\text{В.1})$$

де  $n$  – кількість паралельних зон в ширині  $w$ ;  
 $w$  – половина повної ширини;  
 $m$  – кількість зон.

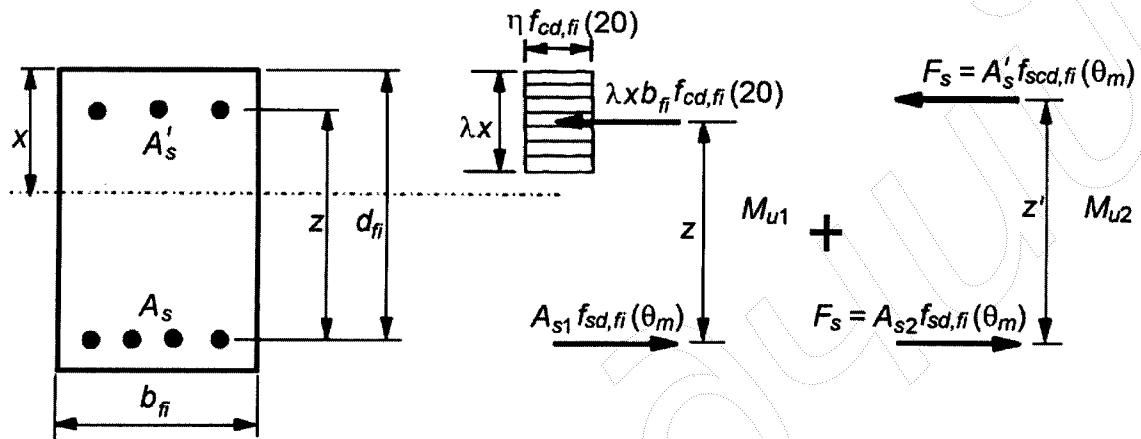


**В.1.7** Ширину пошкодженої зони балок розраховують за формулою:

$$a_z = w \left[ 1 - \frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right], \quad (\text{В.2})$$

де  $k_c(\theta_M)$  – коефіцієнт зниження міцності бетону на стиск в точці М.

**В.1.8** Якщо приведений поперечний переріз, міцність і модуль пружності бетону під час пожежі визначено, розрахунок на вогнестійкість виконують за методикою розрахунку за нормальних температур з використанням значень  $\gamma_{M,fi}$  подібно до рисунка В.4.



- $b_{fi}$  ширина робочого поперечного перерізу  
 $d_{fi}$  розрахункова висота робочого поперечного перерізу  
 $z$  відстань між розтягнутою арматурою та бетоном  
 $z'$  відстань між розтягнутою арматурою та стиснутою арматурою  
 $A_s$  площа розтягнутої арматури  
 $A_{s1}$  частина розтягнутої арматури у рівновазі зі стиснутим бетонним масивом  
 $A_{s2}$  частина розтягнутої арматури у рівновазі зі стиснутою арматурою  
 $A'_s$  площа стиснутої арматури  
 $f_{cd,fi}(20)$  розрахункове значення міцності бетону на стиск під час пожежі за нормальної температури  $= f_{ck} / \gamma_{c,fi}$   
 $f_{sd,fi}(\theta_m)$  розрахункове значення міцності арматури на розтяг під час пожежі за середньої температури  $\theta_m$  в цьому ряді  
 $f_{scd,fi}(\theta_m)$  розрахункове значення міцності арматури на стиск під час пожежі за середньої температури  $\theta_m$  в цьому ряді  
**Примітка.**  $f_{sc,fi}(\theta_m)$  та  $f_{scd,fi}(\theta_m)$  може мати різні значення (див. 7.2.4.3)  
 $F$  повне зусилля в стиснутій арматурі під час пожежі, і дорівнює частині зусилля в розтягнутій арматурі  
 $\lambda, \eta$  і  $x$  визначені в ДБН В.2.6-98.

**Рисунок В.4** – Розподіл напружень у граничному стані для прямокутного залізобетонного перерізу з армуванням у стиснутій зоні

## В.2 Спрощений метод розрахунку балок

**В.2.1** Спрощений метод застосовують, якщо навантаження рівномірно розподілене та розрахунок за температури навколишнього середовища базується на лінійному аналізі або на лінійному аналізі з обмеженим перерозподілом згідно з ДБН В.2.6-98.

**Примітка.** Метод застосовують для нерозрізних балок, якщо перерозподіл моменту вище 15 % за наявності достатньої здатності повороту на опорах в умовах визначеного вогневого впливу.

**В.2.2** Спрощений метод розрахунку розширює можливості використання табличного методу для балок, що зазнають вогневого впливу з трьох сторін. Він визначає вплив на згинальну міцність, якщо відстань до осі нижньої арматури  $a$  менша за табличні значення.

Мінімальні розміри поперечного перерізу ( $b_{\min}$ ,  $b_w$ ,  $h_s$ ), що наведені в таблицях Д.1 – Д.3, не можна зменшувати.

Цей метод використовує коефіцієнти зниження міцності, що наведені на графіку (рисунок 8.1).

**В.2.3** Спрощений метод використовують, щоб обґрунтувати зменшення відстані до осі арматури  $a$ . В іншому разі виконують правила, що наведені в 8.6 і 8.7. Цей метод не використовують для нерозрізних балок, якщо в площинах дії негативного згинального моменту ширина  $b_{\min}$  або  $b_w$  менша за 200 мм, а висота  $h_s$  менша за  $2b$ , де значення  $b_{\min}$  наведені в колонці 5 таблиці Д.1.

### В.3 Вільно оберті балки

**В.3.1** Перевіряють умову:

$$M_{Ed,fi} \leq M_{Rd,fi} \quad (B.3)$$

**В.3.2** Навантаження під час пожежі визначають згідно з ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.1-7 (додаток В).

**В.3.3** Максимальний розрахунковий момент під час пожежі  $M_{Ed,fi}$  від рівномірно розподіленого навантаження визначають за формулою:

$$M_{Ed,fi} = W_{Ed,fi} l_{eff}^2 / 8, \quad (B.4)$$

де  $W_{Ed,fi}$  – рівномірне розподілене навантаження під час пожежі, кН/м;

$l_{eff}$  – розрахункова довжина балки.

**В.3.4** Згинальний момент перерізу  $M_{Rd,fi}$  для розрахунку на вогнестійкість обчислюють за формулою:

$$M_{Rd,fi} = (\gamma_s / \gamma_{s,fi}) \cdot k_s(\theta) \cdot M_{Ed}(A_{s,prov} / A_{s,req}), \quad (B.5)$$

де  $\gamma_s$  – коефіцієнт надійності для арматури згідно з ДБН В.2.6-98;

$\gamma_{s,fi}$  – коефіцієнт надійності для арматури під час пожежі;

$k_s(\theta)$  – коефіцієнт зниження міцності арматури для температури  $\theta$  за нормованої вогнестійкості. Значення  $\theta$  для відповідної відстані до осі арматури наведено в додатку А;

$M_{Ed}$  – розрахункове значення згинального моменту за нормальної температури (ДБН В.2.6-98);

$A_{s,prov}$  – передбачена площа розтягнутої арматури;

$A_{s,req}$  – необхідна площа розтягнутої арматури для розрахунку за нормальної температури (ДБН В.2.6-98);

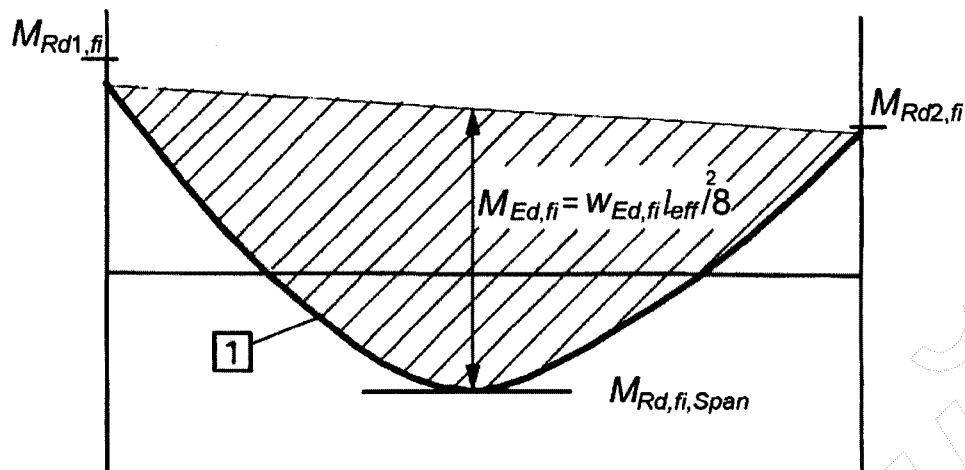
$A_{s,prov} / A_{s,req}$  не більше 1,3.

### В.4 Нерозрізні балки

**В.4.1** Статичну рівновагу згинальних моментів та поперечних сил забезпечують по всій довжині нерозрізних балок в умовах пожежі.

**В.4.2** Для забезпечення рівноваги зусиль при розрахунку на вогнестійкість дозволяється перерозподіл моменту з прольоту на опори, якщо площі армування на опорах достатньо для сприйняття розрахункового навантаження під час пожежі. Це армування продовжують на достатню відстань до прольоту для гарантування надійної обвідної згинального моменту.

**В.4.3** Несучу здатність на згин  $M_{Rd,fi,span}$  перерізу в місці виникнення максимального прольотного згинального моменту за умов пожежі обчислюють за В.3.4. Максимальний згинальний момент вільно обертої балки від рівномірно розподіленого навантаження під час пожежі  $M_{Ed,fi} = W_{Ed,fi} l_{eff}^2 / 8$  відповідає несучій здатності перерізу так, щоб опорні моменти  $M_{Rd1,fi}$  і  $M_{Rd2,fi}$  забезпечували рівновагу, як показано на рисунку В.5. Цього досягають шляхом підбирання значення моменту на одному кінці однаковим або меншим за значення несучої здатності опорного перерізу (розраховане за формулою (В.6)), а потім визначають необхідний момент на іншій опорі.



1 – епюра моменту вільно обпертої балки від рівномірно розподіленого навантаження під час пожежі

**Рисунок В.5** – Позиціонування епюри згинального моменту вільно обпертої балки  $M_{Ed,fi}$  для досягнення рівноваги

**В.4.4** За відсутності ретельніших розрахунків несучу здатність опорного перерізу в умовах пожежі обчислюють за формулою:

$$M_{Rd,fi} = (\gamma_s / \gamma_{s,fi}) M_{Ed} (A_{s,prov} / A_{s,req}) (d - a) / d, \quad (B.6)$$

де  $\gamma_s, \gamma_{s,fi}, M_{Ed}, A_{s,prov}, A_{s,req}$  визначені в В.2;

$a$  – необхідна середня відстань до осі арматури наведена в таблиці Д.1, колонка 5;

$d$  – робоча висота перерізу;

$A_{s,prov} / A_{s,req}$  становить не більше 1,3.

**В.4.5** Формулу (В.6) використовують, якщо температура верхньої арматури на опорі не перевищує 350 °С для ненапруженої і 100 °С для попередньо напруженої арматури.

Для вищих температур значення  $M_{Rd,fi}$  знижують з урахуванням  $k_s(\theta_{cr})$  або  $k_p(\theta_{cr})$  відповідно до рисунка 8.1.

**В.4.6** Довжину анкерування  $l_{bd,fi}$  в умовах пожежі розраховують за формулою:

$$l_{bd,fi} = (\gamma_s / \gamma_{s,fi}) (\gamma_{c,fi} / \gamma_c) l_{bd}, \quad (B.7)$$

де  $l_{bd}$  – розрахункова довжина анкерування за нормальної температури згідно з ДБН В.2.6-98.

Необхідну довжину стрижня збільшують за межі опори до відповідної точки нульового моменту, як розраховано в В.4.3, плюс відстань, що дорівнює  $l_{bd,fi}$ .

ДОДАТОК Д  
(довідковий)

## ТАБЛИЧНІ ДАНІ

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

Нормований клас вогнестійкості	Мінімальні розміри, мм				
	Можливі сполучення $a$ і $b_{\min}$ , де $a$ – середня відстань до осі арматури, $b_{\min}$ – ширина балки				Товщина стінки балки, $b_w$
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)					
<p><b>Примітка.</b> Для попередньо напружених балок збільшують відстані до осі арматури згідно з 8.2.4.</p> <p><math>a_{sd}</math> – відстань до сторони балки від осі кутових стрижнів (попередньо напружених арматурних елементів або дроту) балок тільки з одним рядом армування. Для значень <math>b_{\min}</math>, що є більшими за наведенні в колонці 4, значення <math>a_{sd}</math> не збільшують.</p> <p>*) Захисний шар бетону має бути не менше визначеного з ДБН В.2.6-98.</p>					

**Таблиця Д.2** – Мінімальні розміри та відстані до осі арматури нерозрізних балок із ненапруженого та попередньо напруженого залізобетону

Нормований клас вогнестійкості	Мінімальні розміри, мм				
	Можливі сполучення $a$ і $b_{\min}$ , де $a$ – середня відстань до осі арматури, $b_{\min}$ – ширина балки				Товщина стінки балки, $b_w$
1	2	3	4	5	6
R30	$b_{\min} = 80$	160			80
	$a = 15^*$	12			
R60	$b_{\min} = 120$	200			100
	$a = 25$	12*			
R90	$b_{\min} = 150$	250			110
	$a = 35$	25			
R120	$b_{\min} = 200$	300	450	500	130
	$a = 45$	35	35	30	
R180	$b_{\min} = 240$	400	550	600	150
	$a = 60$	50	50	40	
R240	$b_{\min} = 280$	500	650	700	170
	$a = 75$	60	60	50	
$a_{sd} = a + 10$ мм (див. примітку нижче)					
<p><b>Примітка.</b> Для попередньо напружених балок збільшують відстані до осі арматури згідно з 8.2.4. <math>a_{sd}</math> – відстань до сторони балки від осі кутових стрижнів (попередньо напружених арматурних елементів або дротів) балок тільки з одним рядом армування. Для значень <math>b_{\min}</math>, що є більшими за наведенні в колонці 4, значення <math>a_{sd}</math> не збільшують.</p> <p>*) Захисний шар бетону має бути не менше визначеного згідно з ДБН В.2.6-98.</p>					

**Таблиця Д.3** – Збільшені ширина й товщина стінки ненапружених і попередньо напружених нерозрізних двотаврових залізобетонних балок за умови 8.3.3.6

Нормований клас вогнестійкості	Мінімальна ширина балки $b_{\min}$ , мм, та товщина стінки балки $b_w$ , мм
1	2
R120	220
R180	380
R240	480

Код УКНД 91.010.30; 91.080.40; 91.120.01

**Ключові слова:** вогнестійкість, температура нагрівання бетону і арматури, залізобетонні балки, температурні деформації, конструктивна система, стандартний температурний режим.

\*\*\*\*\*

Редактор – А.О. Луковська  
Комп'ютерна верстка – В.Б.Чукашкіна

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".  
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".  
вул. М. Кривоноса, 2А, м. Київ-37, 03037, Україна.  
Тел. 249-36-62  
Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)  
E-mail: uabi90@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців  
ДК № 690 від 27.11.2001 р.