



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

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

ДСТУ-Н Б В.2.6-197:2014

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	8
6.3 Теплофізичні властивості бетону на силікатному і карбонатному заповнювачах	11
6.4 Теплофізичні властивості ненапруженої і попередньо напруженої арматури	14
7 Методика розрахунку	16
7.1 Загальні положення	16
7.2 Спрощений метод розрахунку	16
7.3 Уточнені методи розрахунку	18
7.4 Крихке руйнування	20
7.5 Вогнезахисні покриття	20
8 Табличні дані	20
8.1 Сфера застосування	20
8.2 Загальні правила розрахунку	21
Додаток А	
Температурні криві	23
Додаток Б	
Властивості матеріалів	27
Додаток В	
Зональний метод	29
Додаток Д	
Табличні дані	33

ВСТУП

Цей стандарт визначає основні положення і правила проектування залізобетонних колон 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 піддається вогневому впливу під час пожежі.

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

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

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

Чинний від 2015-07-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт поширюється на проектування залізобетонних колон, 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.2.6-154, ДСТУ Б В.2.6-156, ДСТУ 3760 і ГОСТ 10884. Стандарт визначає відмінності або доповнює вимоги до проектування колон за нормальної температури.

1.2 Стандарт не розглядає активних засобів вогнезахисту.

1.3 Дія цього стандарту поширюється на залізобетонні колони 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 акти і нормативні документи:

"Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд", 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 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.1.1-4-98* Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги

ДСТУ Б В.1.1-14:2007 Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-4:1999, NEQ)

ДСТУ Б В.2.6-154:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування

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

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

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

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)

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 недосагнення 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 γ_m або γ_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 сполучення матеріалів, що нанесені на конструкцію для підвищення вогнестійкості

3.24 приведений поперечний переріз

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

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цьому стандарті, окрім познач та скорочень, що наведені в ДБН В.2.6-98, застосовують додаткові:

$E_{d,fi}$	розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі
E_d	розрахунковий навантажувальний ефект за нормальної температури
$R_{d,fi}$	розрахункова міцність під час пожежі;
$R_{d,fi}(t)$	розрахункова міцність під час пожежі 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 θ , °C)
X_k	характеристичне значення характеристики міцності або деформативності за нормальних температур
$X_{d,fi}$	розрахункові характеристики міцності або деформативності під час пожежі

Малі латинські літери

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

Малі грецькі літери

η	рівень навантаження колони за нормальних температур
$\gamma_{M,fi}$	коефіцієнт надійності матеріалу під час пожежі
η_{fi}	коефіцієнт зниження, що визначає рівень навантаження під час пожежі
μ_{fi}	коефіцієнт використання під час пожежі
$\varepsilon_c(\theta)$	температурна 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 θ
λ_c	теплопровідність бетону, Вт/(мК)
$\lambda_{0,fi}$	гнучкість колони під час пожежі
$\sigma_{c,fi}$	напруження стиску в бетоні під час пожежі
$\sigma_{s,fi}$	напруження арматури під час пожежі
θ	температура, °C

θ_{cr}	критична температура, °C
<i>Нижні індекси</i>	
f_i	значення під час пожежі
t	залежність від часу
θ	залежність від температури

5 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

5.1 Вимоги

5.1.1 Загальні положення

5.1.1.1 Залізобетонні колони проектують і конструюють таким чином, щоб вони зберігали несучу здатність протягом визначеного вогневого впливу.

5.1.1.2 Критерій деформації застосовують, якщо засоби захисту потребують врахування деформацій колон.

5.1.1.3 Для оцінки ефективності вогнезахисних покриттів і облицювань (див. 7.5) деформації колон не враховують.

5.1.2 Номінальний вогневий вплив

5.1.2.1 Для стандартного температурного режиму колони мають відповідати граничному стану з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності (критерій R).

5.1.2.2 Граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R вважається забезпеченим, якщо забезпечена несуча здатність колони протягом визначеного часу в умовах вогневого впливу.

5.1.2.3 Для температурного режиму зовнішньої пожежі (ДСТУ Б В.1.1-4) застосовують такий самий граничний стан R , але посилання на цю криву ідентифікується літерами "е".

5.1.2.4 Для температурного режиму вуглеводневої пожежі (ДСТУ Б В.1.1-4) застосовують такий самий граничний стан R , але посилання на цю криву ідентифікується літерами "НС".

5.1.3 Параметричний вогневий вплив

Несуча здатність має бути забезпечена протягом всієї пожежі, включаючи фазу затухання, або 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 (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 колон 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 деформація) $X_{d,i}$ визначають за формулою:

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

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.2.6-154 та ДСТУ Б В.2.6-156;

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

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

5.3.2 Розрахункові значення теплофізичних властивостей матеріалу $X_{d,\text{fi}}$ визначають за формулою (5.2а) або (5.2б):

– збільшення значень властивостей в цілях безпеки:

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

– зменшення значень властивостей в цілях безпеки:

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

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

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

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

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

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

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 колони, що прийнята для розрахунку за цим стандартом, відображає очікувану роботу колони під час пожежі.

5.4.1.2 Вплив пожежі на визначеному проміжку часу t перевіряють за такою умовою:

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

де $E_{d,\text{fi}}$ – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, що визначається згідно з додатком В ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7 та 5.2.1 цього стандарту, і включає результат від теплового розширення та деформації;

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

5.4.1.3 Розрахунок колон під час пожежі виконують згідно з 5.2.1 цього стандарту.

Примітка. Для перевірки відповідності вимогам нормованої вогнестійкості достатньо провести аналіз окремої конструкції (колони).

5.4.1.4 Табличні дані, що наведені в розділі 8, 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.1.1-14) або на поєднанні результатів вогневих випробувань і розрахунків.

5.4.2 Аналіз конструкції

5.4.2.1 Навантаження на окрему конструкцію приймають як для розрахунку за нормальних температур, якщо є ймовірність їх дії під час пожежі. Навантаження на колону під час пожежі визначають згідно 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:

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

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 окремої конструкції, які приймають для моменту часу $t = 0$, вважаються 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 конструктивної системи 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 У 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, приймаються 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 за умови, що вони не суперечать експериментальним даним.

6.1.3 Механічні властивості бетону, ненапруженої і попередньо напруженої арматури за нормальної температури (20 °C) приймаються як для розрахунку згідно з ДБН В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.6-154, ДСТУ Б В.2.6-156, ДСТУ 3760 та ГОСТ 10884.

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 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.

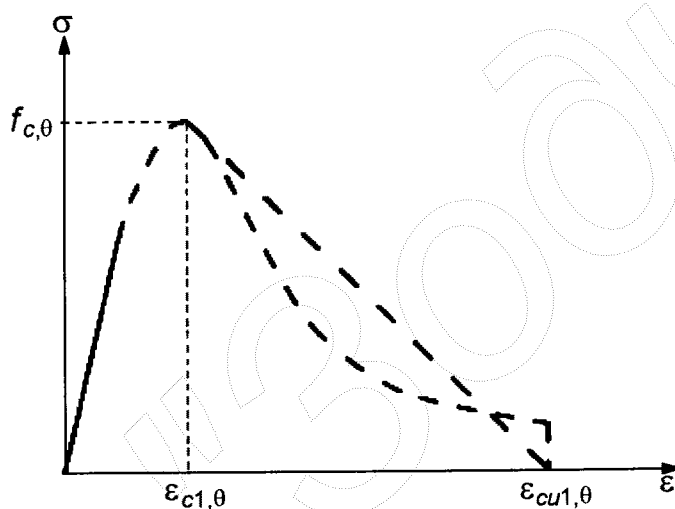
6.2.2 Бетон

6.2.2.1 Бетон при стиску

6.2.2.1.1 Міцність та деформативність для одновісного напруженого стану бетону за підвищених температур визначають за діаграмою "напруження-деформація", яка наведена на рисунку 6.1.

6.2.2.1.2 Діаграму "напруження-деформація", що представлена на рисунку 6.1, визначають за 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 (додаток Б).

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 теплового впливу згідно з 5.2 ДБН В.1.2-7 під час моделювання реальної пожежі, особливо якщо враховується низхідна ділянка цього режиму, має змінюватись математична модель для діаграми "напруження-деформація" бетону, що визначена на рисунку 6.1.

6.2.2.1.7 Збільшення міцності бетону на стадії охолодження не враховують.

6.2.2.2 Міцність на розтяг

6.2.2.2.1 Міцність бетону на розтяг зазвичай не враховується. За необхідності, міцність бетону на розтяг враховується при використанні спрощеного або уточненого методів розрахунку.

6.2.2.2.2 Зниження характеристичної міцності бетону на розтяг враховують коефіцієнтом $f_{ck,t}(\theta)$, що наведений у формулі:

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

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

$$k_{c,t}(\theta) = 1,0 \quad \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C};$$

$$k_{c,t}(\theta) = 1,0 - 1,0 (\theta - 100)/500 \quad \text{для } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 600^\circ\text{C}.$$

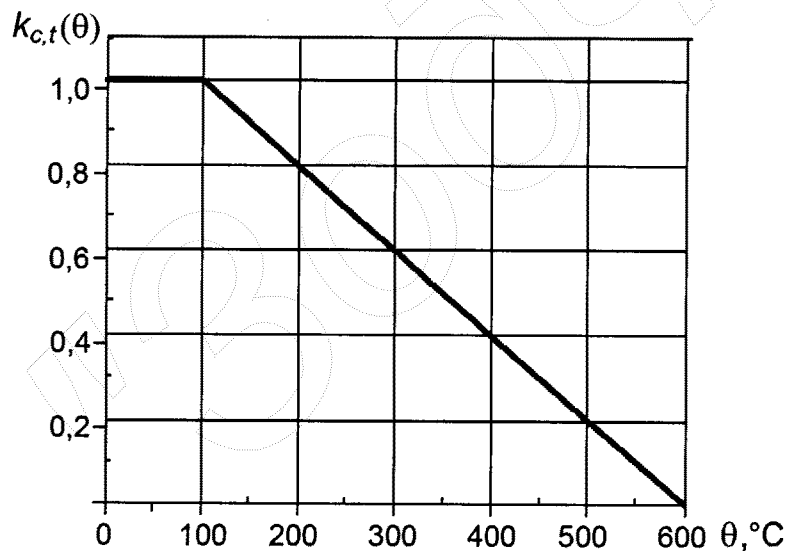


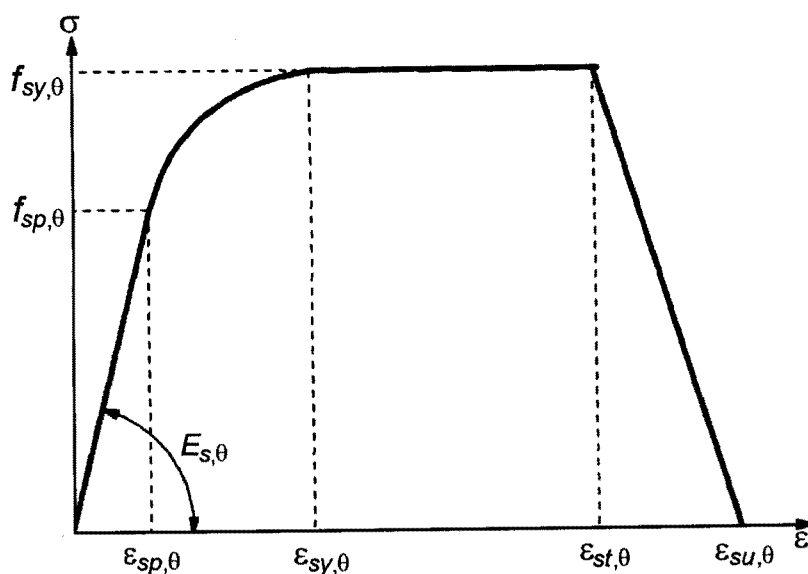
Рисунок 6.2 – Коефіцієнт $k_{c,t}(\theta)$ зниження міцності бетону на розтяг $f_{ck,t}$ за підвищених температур

6.2.3 Арматура

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

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

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



Діапазон	Напруження $\sigma(\theta)$	Модуль пружності
$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\varepsilon_{sp,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{sy,\theta}$	$f_{sp,\theta} - c + (b/a) [a^2 - (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)}{a[a^2 - (\varepsilon - \varepsilon_{sy,\theta})^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{sy,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\varepsilon_{st,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{st,\theta}) / (\varepsilon_{su,\theta} - \varepsilon_{st,\theta})]$	—
$\varepsilon = \varepsilon_{su,\theta}$	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	$a^2 = (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta} + c/E_{s,\theta})$; $b^2 = c(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} + c^2$; $c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} - 2(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$	

*) Значення параметрів $\varepsilon_{pt,\theta}$ та $\varepsilon_{pu,\theta}$ для попередньо напруженої арматури можна взяти з таблиці В.3.

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")

6.2.3.3 Значення параметрів 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 Діаграма "напруження-деформація" також застосовується для арматури при стиску.

6.2.3.5 Для теплових впливів згідно з 5.2 ДБН В.1.2-7 (моделювання реальної пожежі), особливо якщо враховується низхідна температурна ділянка графіка, застосовуються значення, визначені в таблиці Б.2 для діаграми "напруження-деформація" арматури, як досить точні.

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 β наведені на вибір між класами А і В.

Для класу А коефіцієнт β визначають за формулою (див. таблицю Б.3):

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

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

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 розширення

6.3.1.1 Температурну деформацію $\varepsilon_c(\theta)$ бетону визначають за температур, починаючи з 20 °С:

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 °С ≤ θ ≤ 700 °С;

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

для 700 °С < θ ≤ 1200 °С;

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 °С ≤ θ ≤ 805 °С;

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

для 805 °С < θ ≤ 1200 °С,

де θ – температура бетону, °С.

6.3.1.2 Графік залежності температурного розширення від температури наведено на рисунку 6.4.

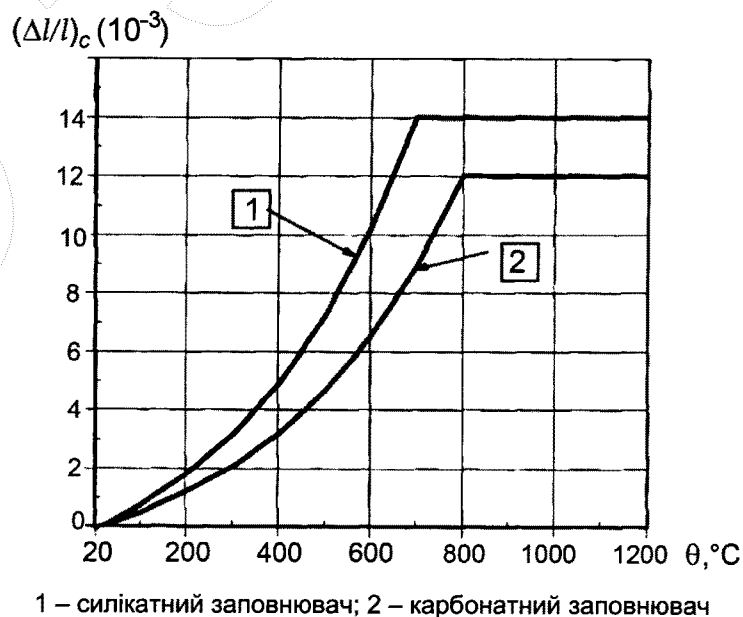


Рисунок 6.4 – Повне температурне розширення бетону

6.3.2 Питома теплоємність

6.3.2.1 Питома теплоємність $c_p(\theta)$ бетону в сухому стані ($u = 0\%$) визначається як:

$$\begin{aligned} c_p(\theta) &= 900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} & 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}; \\ c_p(\theta) &= 900 + (\theta - 100) \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} & 100^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C}; \\ c_p(\theta) &= 1000 + (\theta - 200)/2 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} & 200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}; \\ c_p(\theta) &= 1100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} & 400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}, \end{aligned}$$

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

$c_p(\theta)$, кДж/(кг·К) – відображена на рисунку 6.5а.

6.3.2.2 Якщо вологість не враховується в методі розрахунку, залежність, наведена для питомої теплоємності для силікатного і карбонатного заповнювачів, моделюється постійним значеннями $c_{p,peak}$ для температурного інтервалу від 100°C до 115°C з лінійним зменшенням за температури від 115°C до 200°C :

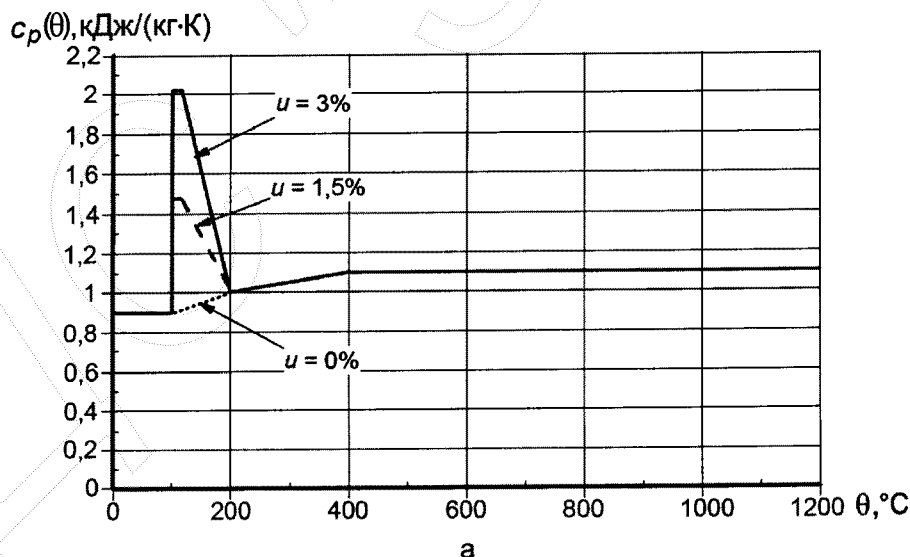
$$\begin{aligned} c_{p,peak} &= 900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} \text{ для вологості більше } 0\%; \\ c_{p,peak} &= 1470 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} \text{ для вологості більше } 1,5\%; \\ c_{p,peak} &= 2020 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} \text{ для вологості більше } 3\%. \end{aligned}$$

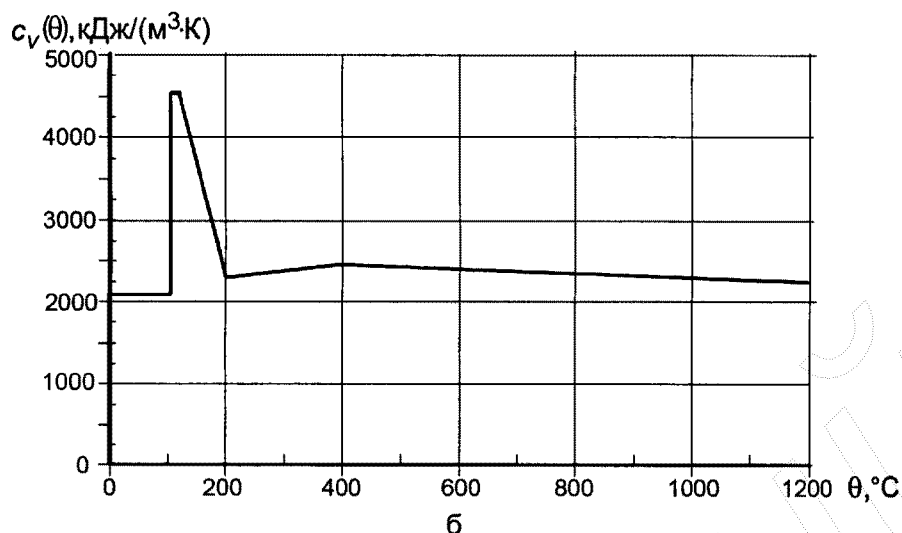
Під час подальшого нагрівання встановлюється лінійна залежність між (115°C , $c_{p,peak}$) та (200°C , $1000 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$). Для іншого значення вологості прийнятна лінійна інтерполяція. Пікові значення питомої теплоємності наведені на рисунку 6.5а.

6.3.2.3 Зміна густини від температури залежить від втрати води і визначається:

$$\begin{aligned} \rho(\theta) &= \rho(20^\circ\text{C}) & \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 115^\circ\text{C}; \\ \rho(\theta) &= \rho(20^\circ\text{C}) \times (1 - 0,02(\theta - 115)/85) & \text{для } 115^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C}; \\ \rho(\theta) &= \rho(20^\circ\text{C}) \times (0,98 - 0,03(\theta - 200)/200) & \text{для } 200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}; \\ \rho(\theta) &= \rho(20^\circ\text{C}) \times (0,95 - 0,07(\theta - 400)/800) & \text{для } 400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

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





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^3 від температури

Рисунок 6.5 – Питома та об'ємна теплоємності

6.3.3 Теплопровідність

6.3.3.1 Теплопровідність λ_c бетону визначається з інтервалу між нижнім та верхнім граничними значеннями, наведеними в 6.3.3.2.

Примітка 1. Значення теплопровідності встановлюються в діапазоні, визначеному нижньою та верхньою межею.

Примітка 2. Додаток А застосовується для нижньої межі. Решта пунктів цього стандарту незалежні від вибору теплопровідності.

6.3.3.2 Верхню межу теплопровідності λ_c бетону визначають:

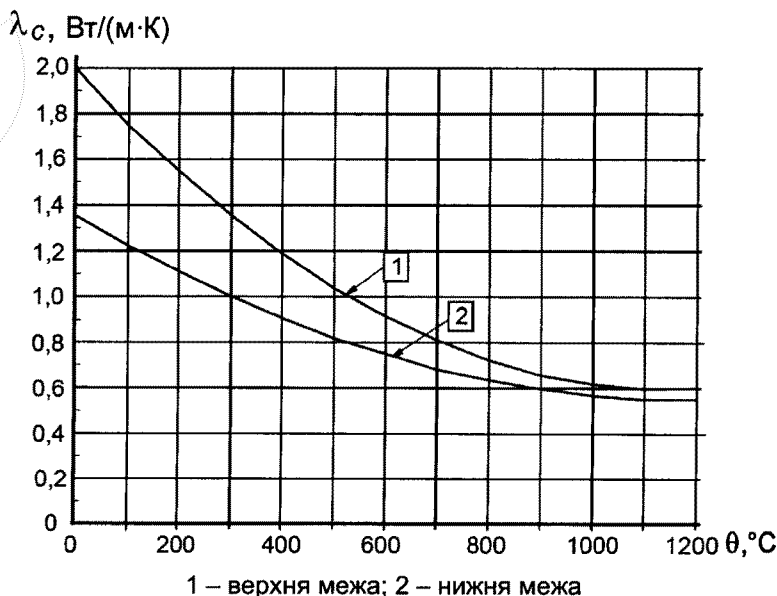
$$\lambda_c = 2 - 0,2451 (\theta/100) + 0,0107 (\theta/100)^2, \text{ Вт/(м·К)} \quad \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1200^\circ\text{C}.$$

Нижню межу теплопровідності λ_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 θ – температура бетону.

6.3.3.3 Зміну верхньої та нижньої межі теплопровідності залежно 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:

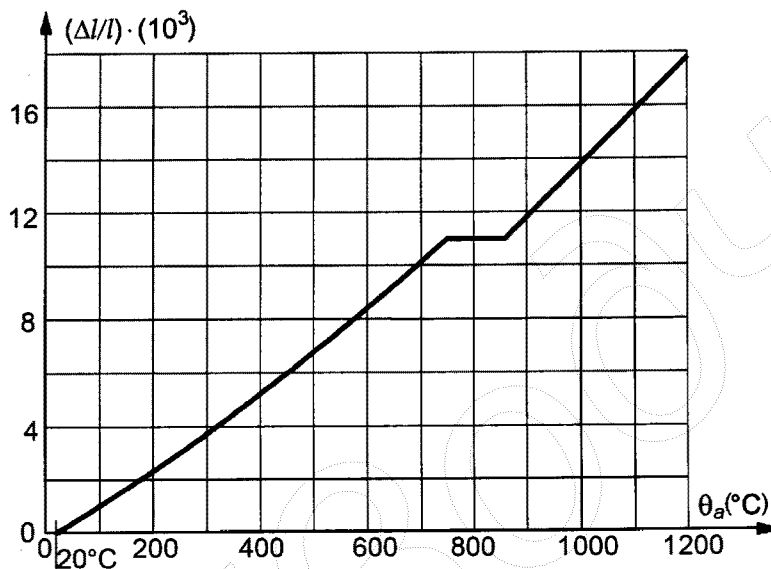
$$\begin{aligned}\Delta l/l &= -2,416 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_a + 0,4 \cdot 10^{-8} \cdot \theta_a^2 && \text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 750^\circ\text{C}, \\ \Delta l/l &= 11 \cdot 10^{-3} && \text{для } 750^\circ\text{C} < \theta_a \leq 860^\circ\text{C}, \\ \Delta l/l &= -6,2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_a && \text{для } 860^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},\end{aligned}$$

де l – довжина сталевго елемента за температури 20°C ;

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

θ_a – температура сталі.

6.4.2 Залежність температурного видовження від температури показана на рисунку 6.7.



Рисунк 6.7 – Залежність температурного видовження сталі від температури

6.4.3 У спрощених розрахункових моделях (див. 7.2) залежність температурного видовження від температури сталі вважається 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:

$$\begin{aligned}c_a &= 425 + 7,73 \cdot 10^{-1} \cdot \theta_a - 1,69 \cdot 10^{-3} \cdot \theta_a^2 + 2,22 \cdot 10^{-6} \cdot \theta_a^3, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 600^\circ\text{C}, \\ c_a &= 666 - \left(\frac{13002}{\theta_a - 738} \right), \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 600^\circ\text{C} < \theta_a \leq 735^\circ\text{C}, \\ c_a &= 545 + \left(\frac{17820}{\theta_a - 731} \right), \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 735^\circ\text{C} < \theta_a \leq 900^\circ\text{C}, \\ c_a &= 650, \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)} && \text{для } 900^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},\end{aligned}$$

де θ_a – температура сталі.

6.4.5 Залежність питомої теплоємності від температури показана на рисунку 6.8.

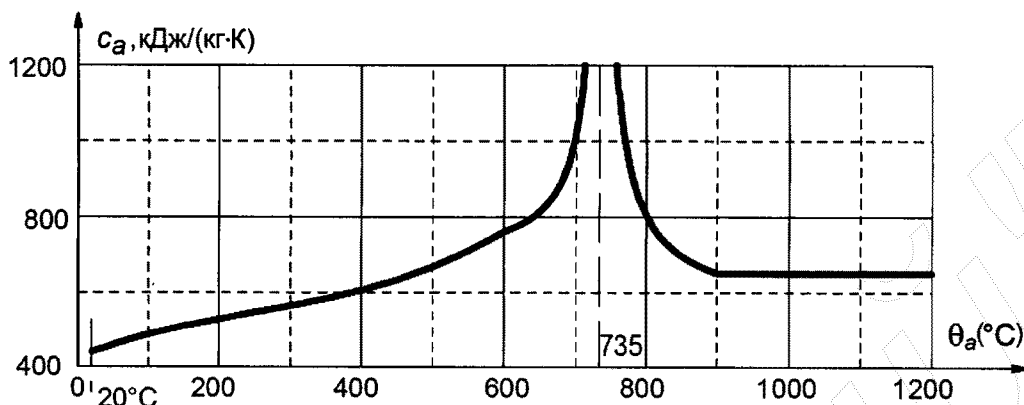


Рисунок 6.8 – Залежність питомої теплоємності сталі від температури

6.4.6 У спрощених розрахункових моделях (див. 7.2) питома теплоємність вважається незалежною від температури сталі. У цьому випадку треба брати середнє значення $c_a = 600$, Дж/(кг · К).

6.4.7 Питома теплопровідність сталі λ_a , що дійсна для всіх видів конструкційної та арматурної сталі, визначається так:

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \cdot 10^{-2} \theta_a, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 20^\circ\text{C} < \theta_a \leq 800^\circ\text{C},$$

$$\lambda_a = 27,3, \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \quad \text{для } 800^\circ\text{C} < \theta_a \leq 1200^\circ\text{C},$$

де θ_a – температура сталі.

6.4.8 Залежність питомої теплопровідності від температури показана на рисунку 6.9.

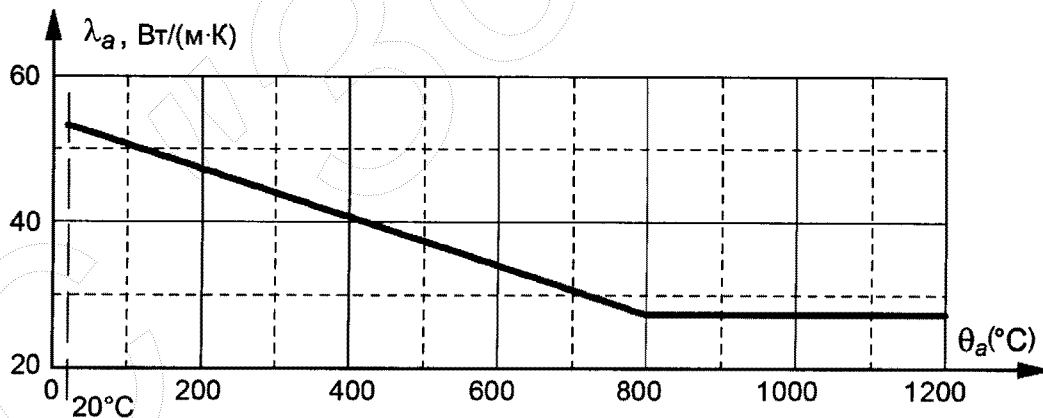


Рисунок 6.9 – Залежність теплопровідності сталі від температури

6.4.9 Для спрощених розрахункових моделей (див. 7.2) питома теплопровідність вважається незалежною від температури сталі. В цьому випадку треба брати середнє значення $\lambda_a = 45$, Вт/(м · К).

7 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

7.1 Загальні положення

7.1.1 Наступні методи розрахунку використовують за умови виконання 5.4.1.2:

– конструювання згідно з визнаними проектними рішеннями (табличні дані та результати випробувань, розділ 8);

– спрощені методи розрахунку (див. 7.2);

– уточнені методи розрахунку (див. 7.3).

Примітка. Рішення щодо використання уточнених методів розрахунку приймає проектувальник.

7.1.2 Крихкому руйнуванню слід запобігати за допомогою відповідних заходів або враховувати вплив крихкого руйнування на відповідні 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 Якщо габаритні розміри колон та інші умови відрізняються від наведених у розділі 8, для спрощеного та уточненого методів розробляють методики розрахунку, які узгоджують відповідно до вимог 2.10.2 ДБН В.1.1-7.

7.1.5 Для уточнених методів розрахунку, що використовують температурні режими пожежі, 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

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

Примітка. У додатку В наведено альтернативний метод "Зональний метод" для розрахунку несучої здатності. Така модель може включати впливи другого порядку. Цей метод придатний для колон, що зазнають впливу стандартного температурного режиму і використовують для малих перерізів та гнучких колон, але тільки за стандартного температурного режиму.

7.2.2 Температурні криві

Температура в залізобетонних колонах, що зазнають вогневого впливу, визначається 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 максимальної температури у приміщенні. Ці криві застосовують 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

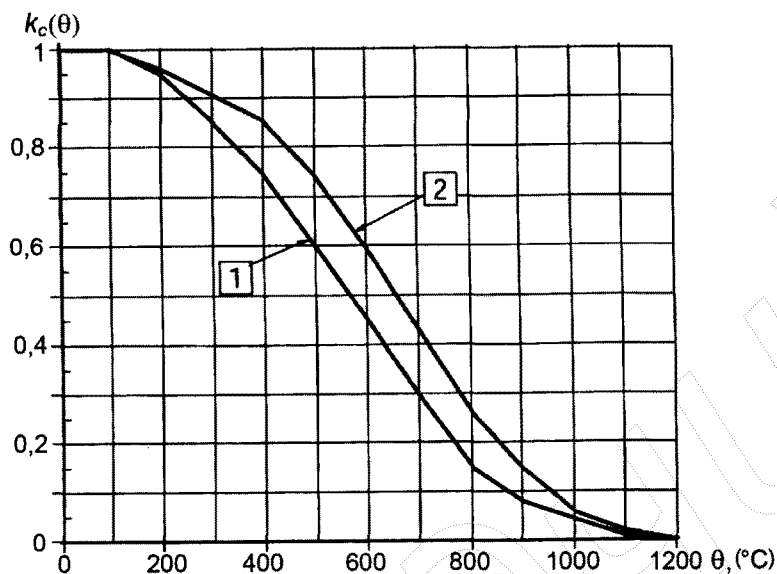
7.2.4.1.1 У цьому розділі наведені значення для зниження характеристичної міцності бетону на стиск, характеристичної міцності на розтяг ненапруженої та попередньо напруженої арматури. Ці значення використовують у спрощених методах розрахунку поперечного перерізу, що наведені у 7.2.3.

7.2.4.1.2 Зниження значення 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.

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

7.2.4.2 Бетон

Зниження характеристичного значення міцності бетону на стиск залежно від температури θ приймають за таблицею Б.1, колонка 2 для силікатних заповнювачів та колонка 5 для карбонатних заповнювачів (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 стиснутої арматури колон значення зниження міцності арматури за умовної межі текучості 0,2 % має бути визначено, як наведено нижче (рисунок 7.2):

$k_s(\theta) = 1,0$	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 $700\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

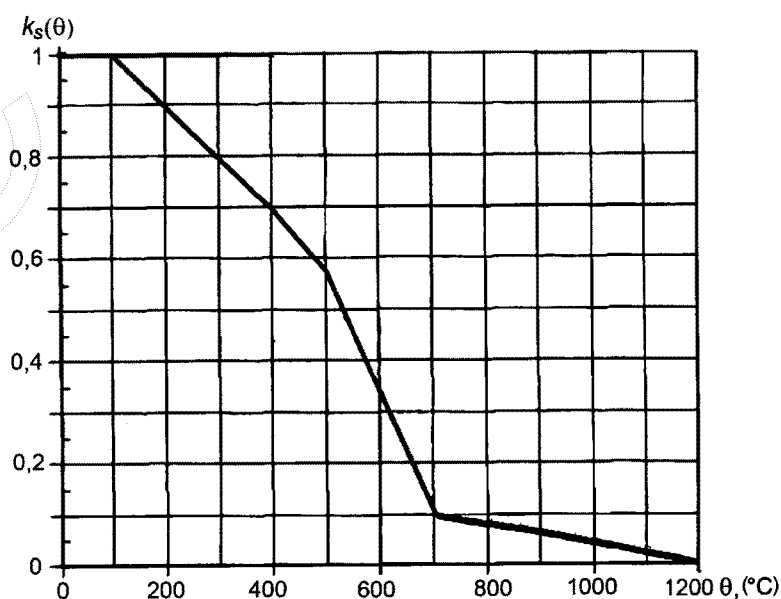
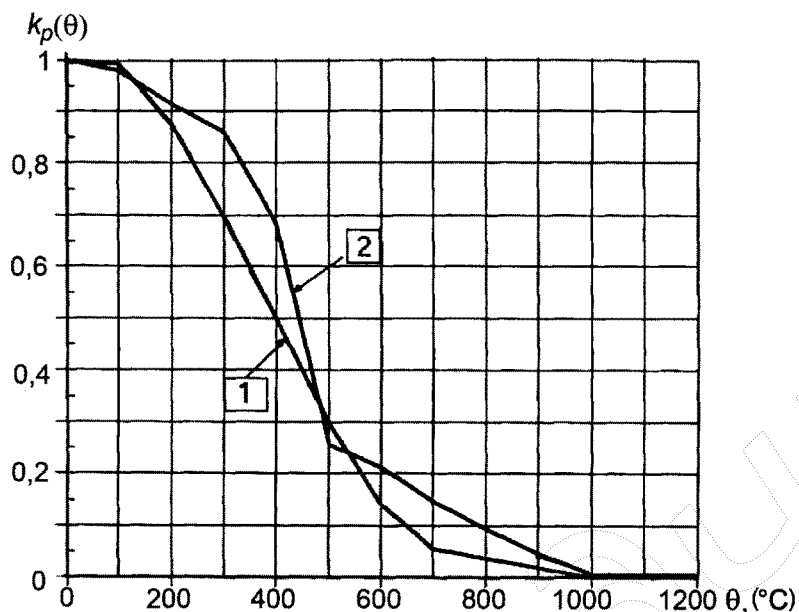


Рисунок 7.2 – Коефіцієнт зниження $k_s(\theta)$ характеристичної міцності f_{yk} стиснутої арматури для колон

7.2.4.3.2 Зниження характеристичної міцності попередньо напруженої сталі залежно від температури θ має відповідати 6.2.4.2. Значення в таблиці Б.3, колонка 2 для холоднодеформованої сталі та колонка 3 для термомеханічно зміцненої попередньо напруженої сталі (рисунок 7.3).



1 – холоднодеформована попередньо напружена сталь (дроти та канати); 2 – термомеханічно зміцнена попередньо напружена сталь (стрижні)

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

7.3 Уточнені методи розрахунку

7.3.1 Загальні положення

7.3.1.1 Уточнені методи розрахунку достатньо точно відображають закономірності поведінки залізобетонних колон, що зазнають вогневого впливу. Вони базуються на фундаментальних фізичних передумовах, що ведуть до одержання найбільш достовірних даних про очікувану роботу колони під час пожежі.

7.3.1.2 Будь-який імовірний вид руйнування, що не враховується уточненим методом розрахунку, має виключатися відповідними заходами (наприклад, кручення, крихке руйнування бетону, місцева втрата стійкості стиснутого армування, зріз та руйнування в результаті втрати зчеплення арматури з бетоном, пошкодження анкерних пристроїв).

7.3.1.3 Уточнені методи розрахунку включають розрахункові моделі для визначення наступного:

- зростання та розподілу температури в колоні (теплотехнічний розрахунок);
- механічної роботи колони (статичний розрахунок).

7.3.1.4 Уточнені методи розрахунку використовують за будь-яких температурних режимів пожежі за умови, що відомі властивості матеріалів для відповідного діапазону температур та відповідного діапазону нагрівання.

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

7.3.1.6 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 мають базуватись на основних принципах та припущеннях теорії теплопровідності.

7.3.2.2 Теплотехнічний розрахунок має включати такі поняття:

- відповідні теплові впливи, визначені в 5.2 ДБН В.1.2-7;
- температурно залежні 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 за необхідності.

7.3.3 Статичний розрахунок

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

7.3.3.2 Впливи теплових деформацій та 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 ε визначають за формулою:

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

- де ε_{th} – теплова деформація;
 ε_{σ} – миттєва деформація, що залежить від напруження;
 ε_{creep} – деформація повзучості;
 ε_r – тимчасова деформація.

7.3.3.6 Несучу здатність колон, що зазнають вогневого впливу, визначають методом 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 ε_{cu} і ε_{su} в умовах нагрівання. Значення ε_{cu} також залежить від наявного поперечного армування.

7.3.3.8 Стиснута зона перерізу колони, що зазнає прямого вогневого впливу, має бути перевірена та сконструйована з особливою увагою, з метою запобігання крихкому руйнуванню стиснутого бетону або руйнуванню захисного шару бетону.

7.3.3.9 Для розрахунку граничні умови перевіряють та конструюють для запобігання обваленню внаслідок руйнування відповідних опор.

7.3.4 Підтвердження уточнених методів розрахунку

7.3.4.1 Перевірка точності розрахункових моделей повинна виконуватись на основі результатів відповідних випробувань.

7.3.4.2 Розрахункові результати можуть стосуватись 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 та рівня навантаження.

7.4 Крихке руйнування

7.4.1 Вибухоподібне крихке руйнування

7.4.1.1 Вибухоподібному крихкому руйнуванню необхідно запобігти або враховувати 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 та умов нагрівання.

Примітка. Рекомендоване значення $k = 3$ %.

7.4.1.3 Якщо колона 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 .

7.4.2 Руйнування бетону

7.4.2.1 Руйнування бетону під час вогневого впливу потрібно виключити або враховувати при забезпеченні вимог R .

7.4.2.2 Якщо відстань до осі арматури більше 70 мм або випробування не доводились 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 Вогнезахисні покриття

7.5.1 Нормована вогнестійкість може забезпечуватись за допомогою вогнезахисних покриттів.

7.5.2 Властивості та робота вогнезахисних покриттів конструкцій має оцінюватись під час відповідних випробувань.

8 ТАБЛИЧНІ ДАНІ

8.1 Сфера застосування

8.1.1 В розділі наведені розрахункові рішення для стандартного температурного режиму до 240 хв (див. 7.1). Правила застосовуються для аналізу окремої конструкції згідно з 5.4.2. Значення, що наведені в таблицях (див. Д.1), застосовують тільки для випадків, коли коефіцієнт зниження рівня навантаження під час пожежі $\eta_{ff} \leq 0,7$. Навантажувальний ефект під час пожежі визначають за ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-14 та ДБН В.1.1-7.

8.1.2 Значення, що наведені в таблицях (див. додаток Д) цього стандарту, застосовуються для бетону (від 2000 кг/м^3 до 2600 кг/м^3 згідно з ДСТУ Б В.2.7-176), виготовленого на силікатному заповнювачі.

8.1.3 Якщо використовуються табличні дані, не потрібно виконувати подальших перевірок на крихке руйнування, за винятком армування захисного шару бетону (див. 7.4.1.4).

8.2 Загальні правила розрахунку

8.2.1 Для несучої здатності (граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R) мінімальні вимоги до розмірів перерізів та відстані до осі арматури визначаються 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 Зниження характеристичної міцності ненапруженої та попередньо напруженої арматури як залежності від температури θ для користування таблицями в цьому розділі показано відповідними кривими на рисунку 8.1.

Криві отримані з таких формул:

i) арматура (гарячекатана або холоднодеформована):

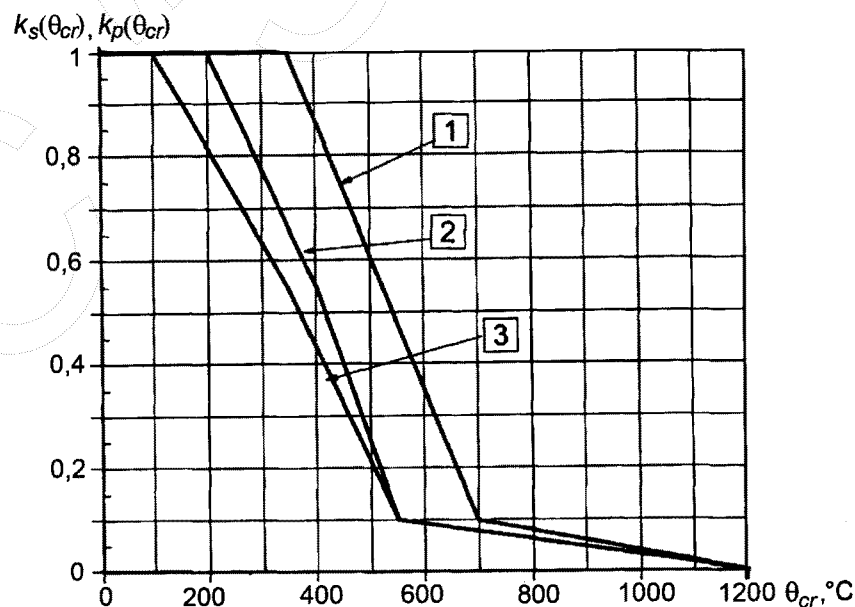
$$\begin{aligned} k_s(\theta) &= 1,0 && \text{для } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 350^\circ\text{C}; \\ k_s(\theta) &= 1,0 - 0,4 (\theta - 350)/150 && \text{для } 350^\circ\text{C} < \theta \leq 500^\circ\text{C}; \\ k_s(\theta) &= 0,61 - 0,5 (\theta - 500)/200 && \text{для } 500^\circ\text{C} <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

ii) попередньо напружена сталь (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 сталь (дріт та канати згідно з ГОСТ 7348 і 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 згідно з ДСТУ 3760); 3 – попередньо напружена арматура (дроти та канати згідно з ГОСТ 4318 та ГОСТ 13840 відповідно)

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

8.2.4 Значення, що наведені в таблицях, встановлюють мінімальні розміри для вогнестійкості додатково до правил конструювання за 4.4 ДБН В.2.6-98. Деякі значення відстані до осі арматури, що використані в таблицях, менші за встановлені в 4.4 ДБН В.2.6-98 та враховують для контролю.

8.2.5 Проміжні значення табличних даних знаходять за лінійною інтерполяцією.

8.2.6 Позначки, що використані в таблицях, наведені на рисунку 8.2.

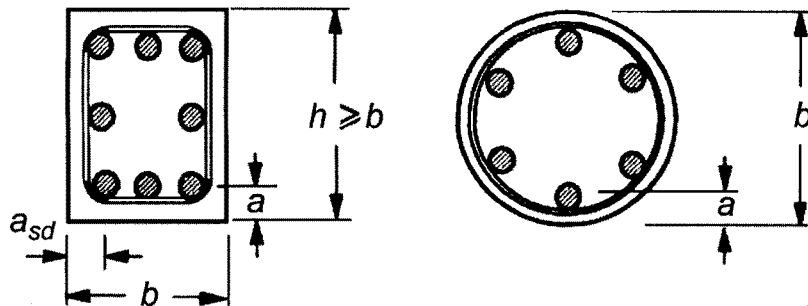


Рисунок 8.2 – Перерізи колони, номінальна відстань до осі арматури a

8.2.7 Відстань до осі арматури a для сталевих стрижнів, дроту та попередньо напруженого арматурного елемента має номінальні значення.

8.2.8 Для армування в декілька рядів, як наведено на рисунку 8.3, та там, де воно складається з ненапруженої та попередньо напруженої арматури з тими ж значеннями характеристичної міцності f_{yk} та f_{pk} , середня відстань до осі арматури a_m не менша за відстань до осі арматури a , що наведена в таблицях. Середня відстань до осі арматури може бути обчислена за формулою:

$$a_m = \frac{A_{s1}a_1 + A_{s2}a_2 + \dots + A_{sn}a_n}{A_{s1} + A_{s2} + \dots + A_{sn}} = \frac{\sum A_{si}a_i}{\sum A_{si}}, \quad (8.2)$$

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

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

Коли армування складається зі сталей з різними характеристичними значеннями міцності, A_{si} у формулі (8.2) можна замінити на $A_{si} f_{yki}$ (або $A_{si} f_{pki}$).

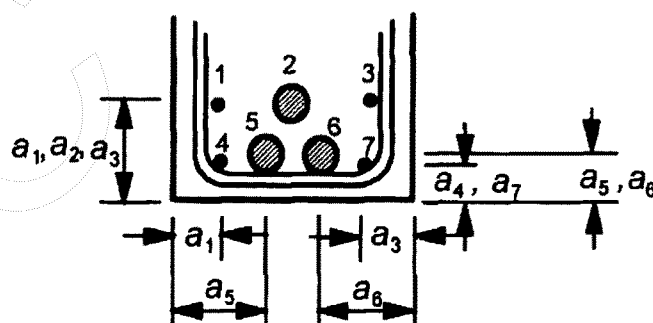


Рисунок 8.3 – Розміри колони, що використовуються при розрахунку відстані до осі арматури a_m

8.2.9 Коли ненапружена та попередньо напружена арматура використовується одночасно, відстані до осей ненапруженої та попередньо напруженої арматури повинні визначатися окремо.

Примітка. Рекомендується використовувати температурні криві та спрощені методи розрахунку.

8.2.10 Мінімальна відстань до осі для будь-якого окремого стрижня повинна бути не менше за необхідну при R30 для стрижнів в один ряд або половину середньої відстані до осі для стрижнів в декілька рядів (формула (8.2)).

ДОДАТОКА (довідковий)

ТЕМПЕРАТУРНІ КРИВІ

A.1 У додатку наведені розрахункові температурні криві для колон (рисунки A.2 – A.11).

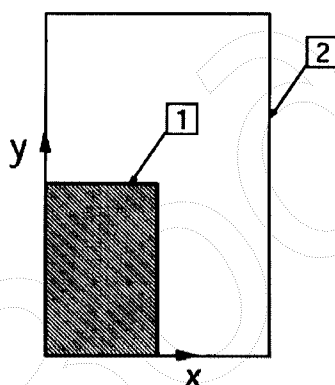
A.2 Рисунки базуються на таких значеннях:

- теплоємність бетону з вологістю 1,5 % наведена в 6.3.2. Температурні номограми визначені для вологості більше 1,5 %;
- теплопровідність, визначена за нижньою межею для бетону, наведена в 6.3.3;

Примітка. Нижня межа теплопровідності визначається з порівнянь температур, отриманих під час вогневих випробувань залізобетонних колон; нижня межа дає більш достовірні значення температури колон ніж верхня, яка виведена за результатами випробувань залізобетонних конструкцій.

- ступінь чорноти поверхні бетону 0,7, як наведено в 5.2.3;
- коефіцієнт конвекції $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

A.3 Рисунок A.1 показує, як розташовані температурні криві в поперечному перерізі колон, враховуючи симетрію.



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

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

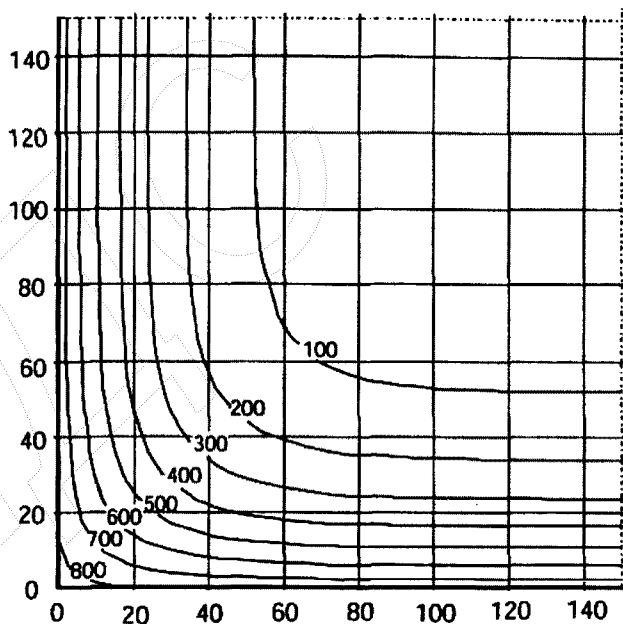


Рисунок A.2 – Температурні криві колони
 $h \times b = 300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} - \text{R30}, ^\circ\text{C}$

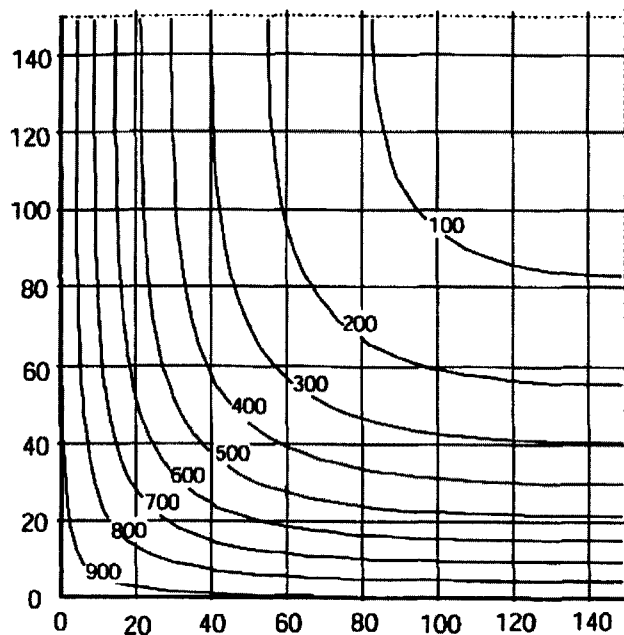


Рисунок A.3 – Температурні криві колони
 $h \times b = 300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} - \text{R60}, ^\circ\text{C}$

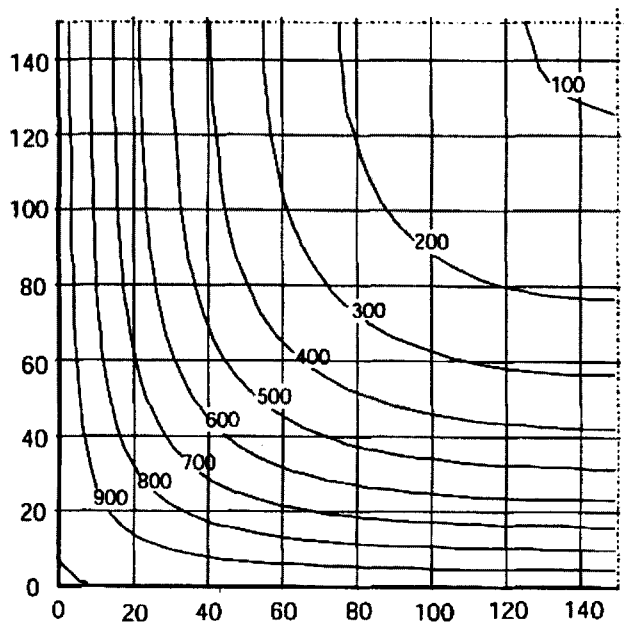


Рисунок А.4 – Температурні криві колони
 $h \times b = 300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} - R90, ^\circ\text{C}$

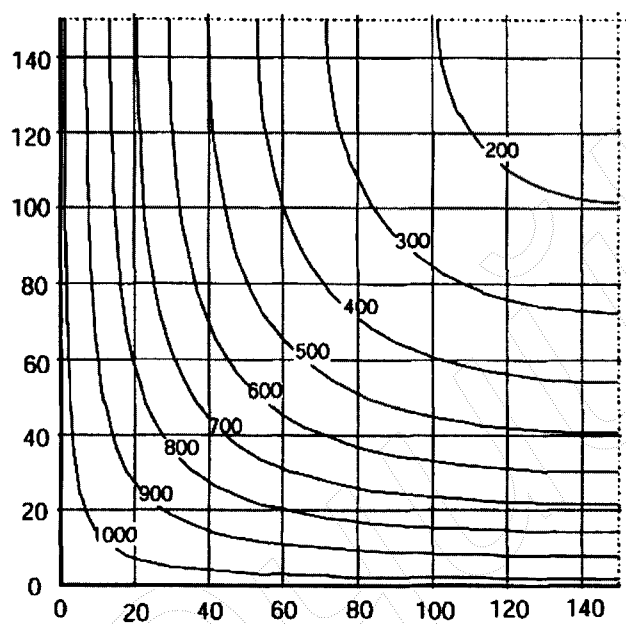


Рисунок А.5 – Температурні криві колони
 $h \times b = 300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм} - R120, ^\circ\text{C}$

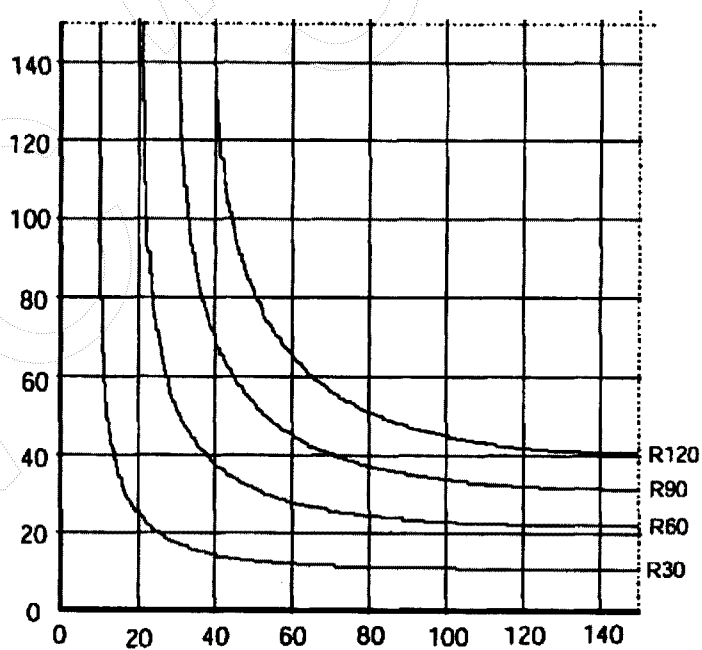


Рисунок А.6 – Ізотерма $500 ^\circ\text{C}$ колони $h \times b = 300 \text{ мм} \times 300 \text{ мм}$

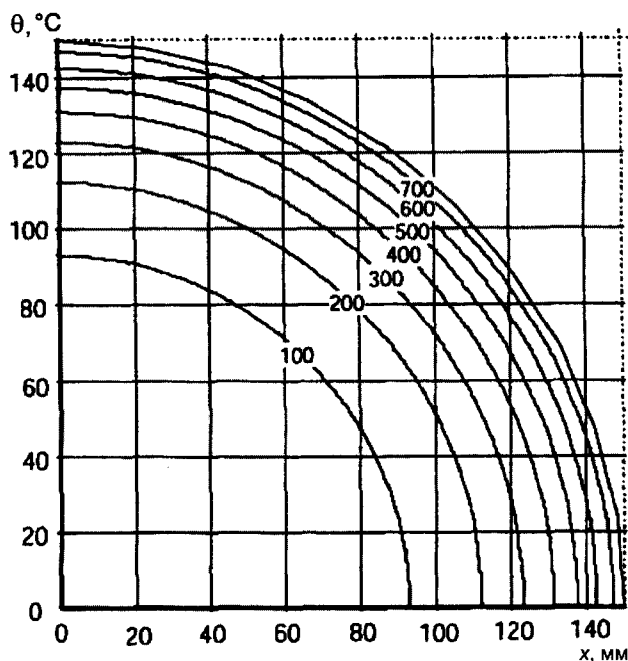


Рисунок А.7 – Температурні криві круглої колони діаметром 300 мм – R30, °C

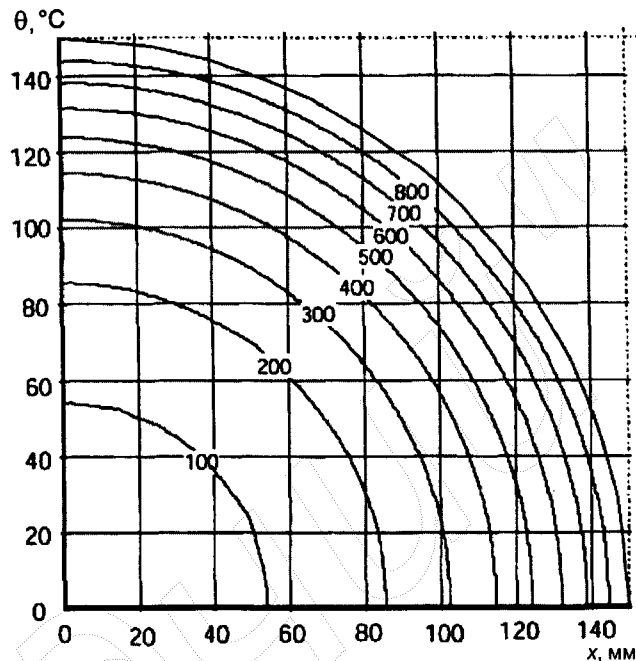


Рисунок А.8 – Температурні криві круглої колони діаметром 300 мм – R60, °C

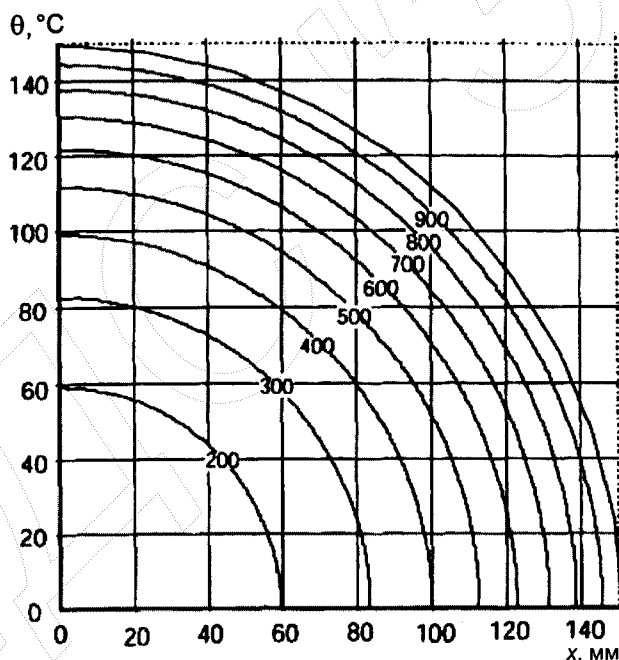


Рисунок А.9 – Температурні криві круглої колони діаметром 300 мм – R90, °C

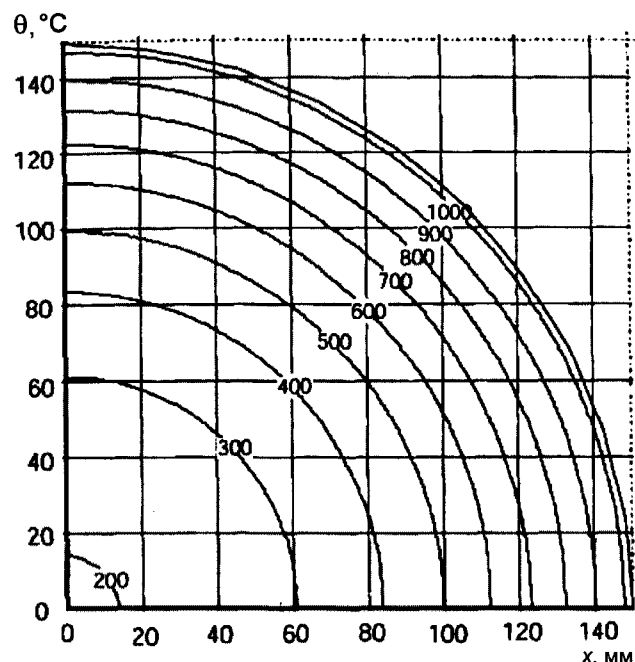


Рисунок А.10 – Температурні криві круглої колони діаметром 300 мм – R120, °C

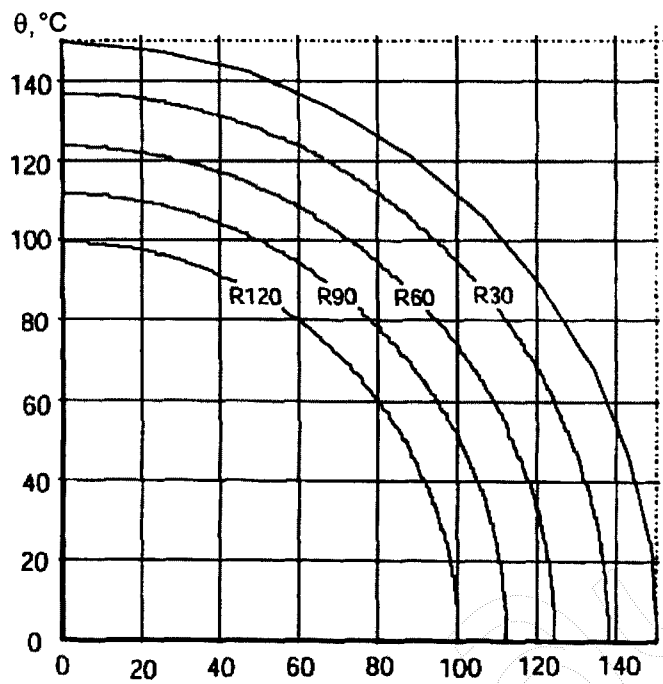


Рисунок А.11 – Ізотерма 500 °С круглої колони діаметром 300 мм

ДОДАТОК Б
(довідковий)

ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

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

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

Темпе- ратура сталі, θ, °C	$f_{py,θ} / (βf_{pk})$			$f_{pp,θ} / (βf_{pk})$		$E_{p,θ} / E_p$		$ε_{pt,θ}$	$ε_{pu,θ}$
	хд		тз	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)

ЗОНАЛЬНИЙ МЕТОД

В.1 Метод поділу поперечного перерізу на декілька зон наведено нижче. Метод застосовують для будь-яких повністю досліджених температурних режимів пожежі, але дані цього стандарту застосовують тільки для стандартного температурного режиму.

В.2 Поперечний переріз ділиться на декілька ($n \geq 3$) паралельних зон однакової товщини (прямокутні елементи), де враховують середню температуру, відповідні середню міцність на стиск $f_{cd}(\theta)$ та модуль пружності (якщо застосовується) кожної зони.

В.3 Пошкоджений під час пожежі поперечний переріз представлений приведеним поперечним перерізом, який не включає товщину пошкодженої зони a_z обігріваних поверхонь (рисунок В.1).

В.4 Для нижньої частини та країв прямокутних колон під час вогневого впливу, якщо ширина менше ніж висота, значення a_z вважається таким, як розрахункові значення для сторін (рисунок В.1).

Приведення поперечного перерізу базується на визначенні товщині a_z пошкодженої зони обігріваної поверхні.

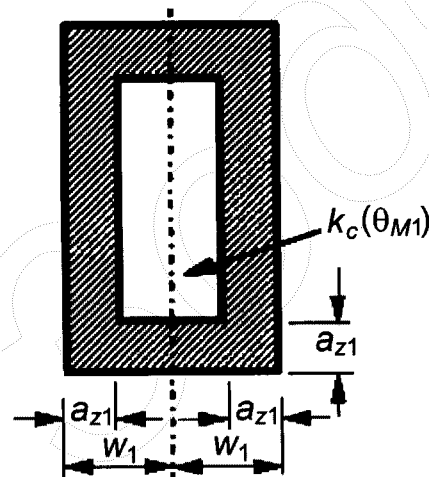


Рисунок В.1 – Зниження міцності і приведення поперечного перерізу колони, що зазнає вогневого впливу

В.5 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:

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

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

В.6 Для колон, для яких мають місце впливи другого порядку, товщину пошкодженої зони визначають за формулою:

$$a_z = w \left[1 - \left(\frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right)^{1,3} \right]. \quad (\text{В.2})$$

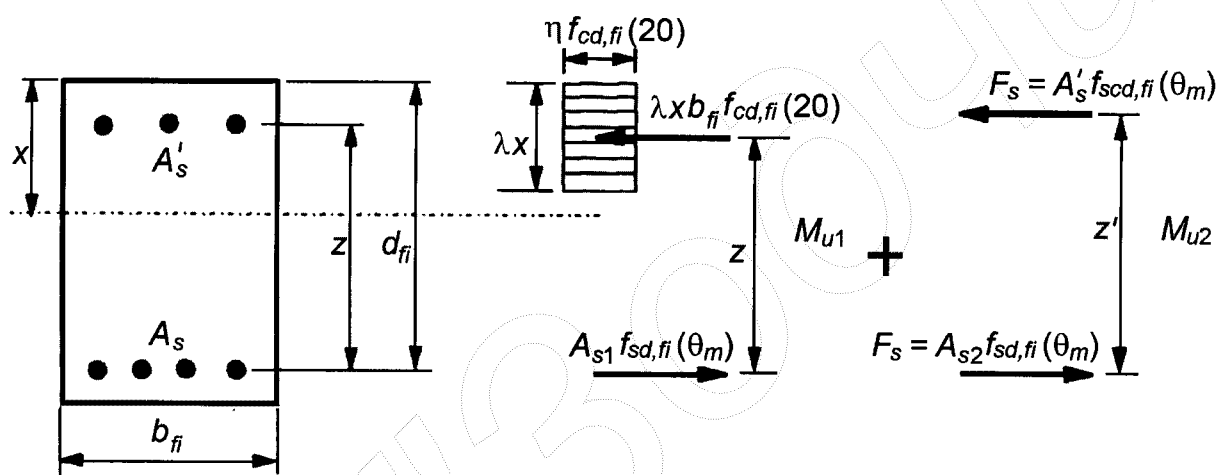
В.7 Коли приведений поперечний переріз знайдено, а міцність та модуль пружності бетону під час пожежі визначено, визначають температуру арматурних стрижнів в розтягнутій або стиснутій зонах. Температуру окремо взятих арматурних стрижнів визначають за температурними кривими в додатку А або за довідковими даними приймають як температуру в центрі стрижня. Деякі з арматурних стрижнів можуть виходити за межі приведенного поперечного перерізу. Не зважаючи на це, їх можна враховувати в розрахунку несучої здатності поперечного перерізу, що зазнає вогневого впливу.

В.8 Визначають зменшену міцність арматури залежно від температури згідно з 7.2.4.3.

В.9 Використовують конвекційний метод розрахунку для приведенного поперечного перерізу при визначенні критичної несучої здатності з міцністю арматурних стрижнів, отриманої згідно з В.7.

В.10 Порівнюють граничну несучу здатність з розрахунковим значенням навантаження або, як альтернатива, визначену вогнестійкість з нормованою.

В.11 Рисунок В.2 відображує розрахунок несучої здатності поперечного перерізу як з розтягнутим, так і з стиснутим армуванням.



- b_{fi} ширина приведенного поперечного перерізу;
 d_{fi} робоча висота приведенного 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 θ_m в цьому ряді
 $f_{scd,fi}(\theta_m)$ розрахункове значення міцності арматури на розтяг під час пожежі за середньої температури θ_m в цьому ряді.
Примітка. $f_{sd,fi}(\theta_m)$ та $f_{scd,fi}(\theta_m)$ може мати різні значення (7.2.4.3);
 F_s повне зусилля в стиснутій арматурі під час пожежі та відповідне частині зусилля розтягнутої арматури;
 λ, η та x визначені в 1.5 ДБН В.2.6-98.

Рисунок В.2 – Розподіл напружень у граничному стані прямокутного залізобетонного перерізу з армуванням у стиснутій зоні

В.12 Якщо усі стиснуті стрижні розміщені в рядах і мають однакову площу, застосовуються наступні формули при розрахунку відстані до осі арматури a .

Середня знижена міцність арматурного ряду залежно від підвищених температур розраховується за формулою:

$$k_v(\theta) = \frac{\sum k(\theta_i)}{n_v}, \quad (\text{B.3})$$

де θ – температура i -го арматурного стрижня;

$k(\theta_i)$ – коефіцієнт зниження міцності i -го арматурного стрижня залежно від температури θ_i ;

$k_v(\theta)$ – середній коефіцієнт зниження міцності v -го арматурного ряду;

n_v – кількість арматурних стрижнів у v -му арматурному ряді.

В.13 Відстань a до центра тяжіння арматурних рядів обчислюють за формулою:

$$a = \frac{\sum a_v k_v(\theta)}{\sum k_v(\theta)}, \quad (\text{B.4})$$

де a_v – відстань від нижньої поверхні розрахункового поперечного перерізу до осі v -го арматурного ряду.

В.14 Якщо існують тільки два ряди, відстань до осі арматури розраховується за формулою:

$$a = \sqrt{a_1 a_2}. \quad (\text{B.5})$$

В.15 Якщо арматурні стрижні мають різні площі та довільне розміщення, використовується наступна методика.

Середня міцність сталі арматурної групи $k(\varphi) f_{sd,fi}$ залежно від підвищених температур розраховується за формулою:

$$k(\varphi) f_{sd,fi} = \frac{\sum [k_s(\theta_i) f_{sd,i} A_i]}{\sum A_i}, \quad (\text{B.6})$$

де $k_s(\theta_i)$ – коефіцієнт зниження міцності i -го арматурного стрижня;

$f_{sd,i}$ – розрахункова міцність i -го арматурного стрижня;

A_i – площа поперечного перерізу i -го арматурного стрижня.

Відстань a (рисунок Б.2) до центра тяжіння арматурної групи розраховується за формулою:

$$a = \frac{\sum [a_i k_s(\theta_i) f_{sd,i} A_i]}{\sum [k_s(\theta_i) f_{sd,i} A_i]}, \quad (\text{B.7})$$

де a_i – відстань від розрахункового поперечного перерізу до осі i -го арматурного стрижня.

В.16 Розрахунок згинального моменту поперечного перерізу виконується в наступній послідовності:

$$M_{u1} = A_{s1} f_{sd,fi}(\theta_m) z; \quad (\text{B.8})$$

$$\omega_k = \frac{A_{s1} f_{sd,fi}(\theta_m)}{b_{fi} d_{fi} f_{cd,fi}(20)}; \quad (\text{B.9})$$

$$M_{u2} = A_{s2} f_{scd,fi}(\theta_m) z'; \quad (\text{B.10})$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}, \quad (\text{B.11})$$

де A_s – загальна площа армування;

$f_{sd,fi}$ – розрахункова міцність арматури на розтяг;

$f_{scd,fi}$ – розрахункова міцність арматури на стиск;

- ω_k – коефіцієнт міцності армування поперечного перерізу під час вогневого впливу;
- b_{fi} – ширина поперечного перерізу під час вогневого впливу;
- d_{fi} – робоча висота поперечного перерізу під час вогневого впливу;
- $f_{cd,fi}(20)$ – розрахункова міцність бетону на стиск (за нормальної температури);
- z – відстань від розтягнутого армування до бетону;
- z' – відстань від розтягнутого до стиснутого армування;
- θ_m – середня температура арматурного ряду.

Коли розподіл моментів оцінюється, як показано вище, повна несуча здатність обчислюється за формулою:

$$M_u = M_{u1} + M_{u2} . \quad (B.12)$$

ДОДАТОК Д
(довідковий)

ТАБЛИЧНІ ДАНІ

Д.1 Оцінка вогнестійкості колон за табличними даними

Д.1.1 Вогнестійкість залізобетонних та попередньо напружених залізобетонних колон, що переважно зазнають стискання, в будівлях з в'язями жорсткості може вважатись забезпеченою, якщо значення в таблиці Д.1 застосовують сумісно з наступними правилами.

Таблиця Д.1 – Мінімальні розміри колони та відстань до осі арматури для колон прямокутного та круглого перерізів

Нормований клас вогнестійкості	Мінімальні розміри, мм. Ширина колони/відстань до осі робочої арматури, b_{\min}/a			
	Колони, що піддається впливу більше ніж з однієї сторони			Піддається впливу з однієї сторони
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5
R30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40**	155/25
R120	250/40 350/35	350/45** 450/40**	350/57** 450/51**	175/35
R180	350/45**	350/63**	450/70**	230/55
R240	350/61**	450/75**	–	295/70

**) Мінімум 8 стрижнів.
Для попередньо напружених колон повинно позначатися збільшення відстані до осі арматури згідно з 8.2.4.

Примітка. Таблиця Д.1 базується на рекомендованому значенні $a_{cc} = 1,0$.

Д.1.2 Мінімальні значення ширини колони b_{\min} та відстані до осі поздовжньої арматури a , наведені в таблиці Д.1, чинні за таких умов:

- довжина колони під час пожежі $l \leq 4$ м;
- ексцентриситет першого порядку під час пожежі: $e = M_{oEd,fi} / N_{jEd,fi} \leq e_{\max}$;
- ступінь армування $A_s < 0,04A_c$.

Примітка 1. Значення e_{\max} в межах $0,15h$ (або b) $\leq e_{\max} \leq 0,4h$ (або b). Рекомендоване значення e_{\max} становить $0,15h$ (або b).

Примітка 2. Розрахункову довжину колони під час пожежі $l_{o,fi}$ приймають за l_o за нормальних температур в усіх класах. Для будівель з в'язями жорсткості, якщо вплив за стандартним температурним режимом становить більше 30 хв, розрахункову довжину $l_{o,fi}$ приймають як $0,5l$ для середніх поверхів та $0,5l \leq l_{o,fi} \leq 0,7l$ для верхніх поверхів, де l – це дійсна довжина колони.

Примітка 3. Ексцентриситет першого порядку під час пожежі прирівнюють до такого, який використовують для розрахунку за нормальних температур.

Д.1.3 В таблиці Д.1 вводиться коефіцієнт використання під час пожежі μ_{fi} .

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}, \quad (\text{Д.1})$$

де $N_{Ed,fi}$ – розрахункове осьове навантаження під час пожежі;

N_{Rd} – розрахункова несуча здатність колони за нормальних температур;

N_{Rd} – при розрахунку обчислюється відповідно до ДСТУ Б В.2.6-156 з урахуванням γ_m за нормальних температур, враховуючи впливи другого порядку та початковий ексцентриситет, що дорівнює ексцентриситету для $N_{Ed,fi}$.

Примітка. Коефіцієнт зниження η_{fi} використовують замість μ_{fi} для розрахункового рівня навантаження (див. 5.4.2) як надійне спрощення, оскільки η_{fi} враховує, що колона повністю навантажена при розрахунку за нормальної температури.

Код УКНД 91.010.30; 91.080.40; 91.120.01

Ключові слова: вогнестійкість, критична температура нагрівання арматури, температурні деформації, колона, стандартний температурний режим, пожежна безпека.

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

Формат 60x84¹/₈. 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.