



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN 1999-1-2:202_
(EN 1999-1-2:2023, IDT)

ЄВРОКОД 9. ПРОЄКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ.
ЧАСТИНА 1-2. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ НА
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

(Проект, остаточна редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
20__

ЗМІСТ

	с.
Національний вступ.....	VI
1 Сфера застосування.....	1
1.1 Сфера застосування EN 1999-1-2.....	1
1.2 Припущення.....	2
2 Нормативні посилання.....	3
3 Терміни, визначення понять та умовні позначки.....	4
3.1 Терміни та визначення понять.....	4
3.2 Умовні позначки та скорочення.....	5
4 Основоположні принципи розрахунку.....	10
4.1 Загальні положення.....	10
4.2 Номінальний вогневий вплив.....	11
4.3 Збереженість несної здатності під час вогневого впливу.....	12
4.4 Впливи.....	12
4.5 Властивості матеріалів, використовувани в розрахунках.....	12
4.6 Методи верифікації.....	13
4.7 Розрахунок елементів.....	14
4.8 Розрахунок частини конструкції	15
4.9 Розрахунок конструкційної системи в цілому.....	15
5 Властивості матеріалів.....	16
5.1 Загальні положення.....	16
5.2 Теплові властивості.....	16
5.2.1 Алюмінієві сплави.....	16
5.2.2 Вогнезахисні матеріали.....	19
5.3 Механічні властивості алюмінієвих сплавів.....	20
5.3.1 Міцність і характеристики деформації.....	20
5.3.2 Густина.....	25
6 Табличні дані, використовувани в розрахунках.....	25
7 Спрощені методи розрахунку.....	26
7.1 Загальні положення.....	26
7.2 Опір.....	28
7.2.1 Класифікація поперечних перерізів.....	28
7.2.2 Елементи, що працюють на розтяг.....	28
7.2.3 Балки.....	29
7.2.4 Колони.....	32
7.3 Підвищення температури алюмінію.....	34
7.3.1 Внутрішні алюмінієві елементи без вогнезахисту.....	34

7.3.2	Внутрішні алюмінієві конструкції, теплоізольовані вогнезахисним матеріалом.....	37
7.3.3	Внутрішні алюмінієві конструкції в порожнині, захищені тепловими екранами.....	40
7.3.4	Зовнішні алюмінієві конструкції.....	40
8	Уточнені методи розрахунку.....	42
8.1	Загальні положення.....	42
8.2	Тепловий аналіз.....	43
8.3	Механічний аналіз.....	43
8.4	Валідація уточнених методів розрахунку.....	44
Додаток А (довідковий)	Властивості алюмінієвих сплавів та/або режимів відпуску, не внесених в EN 1999-1-1.....	45
	A.1 Користування цим довідковим додатком.....	45
	A.2 Сфера застосування і межі застосовності....	45
Додаток В (довідковий)	Теплопередача до зовнішніх конструкційних алюмінієвих елементів	
	B.1 Користування цим довідковим додатком.....	47
	B.2 Сфера застосування і межі застосовності....	47
	B.3 Загальні правила.....	47
	B.3.1 Основоположні принципи.....	47
	B.3.2 Загальноприйняті правила щодо геометричних розмірів.....	48
	B.3.3 Тепловий баланс.....	48
	B.3.4 Результівні кутові коефіцієнти.....	52
	B.4 Колона, не охоплена полум'ям.....	52
	B.4.1 Теплопередача випромінюванням.....	52
	B.4.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я.....	58
	B.4.3 Температура полум'я.....	60
	B.4.4 Коефіцієнт теплового поглинання полум'я.	60
	B.5 Балка, не охоплена полум'ям.....	61
	B.5.1 Теплопередача випромінюванням.....	61
	B.5.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я.....	63
	...	
	B.5.3 Температура полум'я.....	65
	B.5.4 Коефіцієнт теплового поглинання	

	полум'я.....	66
	В.6 Колона, охоплена полум'ям.....	66
	В.7 Балка, повністю або частково охоплена полум'ям.....	70
	В.7.1 Теплопередача випромінюванням.....	70
	В.7.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я.....	75
	В.7.3 Коефіцієнт теплового поглинання полум'я.....	75
Бібліографія		76
Додаток НА	Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським стандартам, посилення на які є в цьому стандарті.....	78

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 1999-1-2:202_ (EN 1999-1-2:2023, IDT) «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо EN 1999-1-2:2023 Eurocode 9 - Design of aluminium structures - Part 1-2: Structural fire design.

Технічний комітет стандартизації, відповідальний за цей стандарт в Україні, — ТК 301 «Металобудівництво».

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

Цей стандарт прийнято на заміну ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість» (EN 1999-1-2:2007, IDT).

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт», «цей документ» замінено на «цей стандарт»;

- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- у розділі «Сфера застосування», «Нормативні посилання» та в «Бібліографії» наведено «Національні пояснення», виділені в тексті рамкою;

- з «Передмови» до EN 1999-1-2:2007 у цей «Національний вступ» внесено все, що стосується цього стандарту;

- вилучено «Передмову» до EN 1999-1-2:2007 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту;

- долучено довідковий додаток НА (Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським стандартам, на які є посилання в цьому стандарті).

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

ПЕРЕДМОВА до EN 1999-1-2:2023

Цей стандарт (EN 1999-1-2:2023) підготував Технічний комітет CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого діє за підтримки BSI. CEN/TC 250 призначений CEN відповідальним за будівельні та геотехнічні питання проектування та несе відповідальність за всі будівельні Єврокоди.

Цьому стандарту буде надано статус національного з публікуванням ідентичного тексту або схваленням не пізніше ніж у вересні 2027 року, при цьому національні стандарти, положення яких суперечать цьому стандарту, мають бути скасовані не пізніше ніж у березні 2028 року.

Потрібно звернути увагу на те, що деякі елементи цього стандарту можуть бути предметом патентних прав. CEN не несе відповідальності за виявлення таких патентних прав частково або повною мірою.

Цей документ замінює EN 1999-1-2:2007.

Перше покоління Єврокодів як європейських стандартів EN, було опубліковано у 2002 — 2007 роках. Цей стандарт є частиною другого покоління Єврокодів, які було розроблено згідно з мандатом M/515, наданим CEN Комісією європейської спільноти та Європейською асоціацією вільної торгівлі.

Єврокоди було розроблено для використання в поєднанні з відповідними стандартами на виконання робіт, матеріали, вироби та випробування, а також для визначення вимог до виконання робіт, матеріалів, виробів та випробувань, на яких базуються Єврокоди.

Єврокоди визнають відповідальність держав-членів та гарантують їх право визначати величини, пов'язані з регулюванням питань національної безпеки, через застосування національних додатків.

Порівняно з попередньою редакцією у цей стандарт внесено такі основні зміни:

- упорядковано текст та приведено його у відповідність з іншими Єврокодами;
- внесено виправлення у рисунки;
- оновлено позначки, узгоджено їх з іншими Єврокодами;
- поліпшено зрозумілість та узгодженість.

Будь-які відгуки та запитання щодо цього стандарту потрібно надсилати до національного органу стандартизації. Повний перелік цих органів можна знайти на веб-сайті CEN.

Відповідно до внутрішніх постанов CEN/CENELEC цей європейський стандарт зобов'язані прийняти національні органи стандартизації таких країн: Австрії, Бельгії, Болгарії, Хорватії, Кіпру, Чеської Республіки, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, республіки Північна Македонія, Румунії, Сербії, Словаччини, Словенії, Іспанії, Швеції, Швейцарії, Туреччини та Великої Британії.

0. ВСТУП

0.1 Вступ до Єврокодів

Будівельні Єврокоди містять наступні стандарти, як правило, складені з декількох частин:

- EN 1990. Єврокод. Основи проектування конструкцій;
- EN 1991. Єврокод 1. Дії на конструкції.
- EN 1992. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій.
- EN 1993. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій;
- EN 1994. Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій;
- EN 1995 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій;
- EN 1996 Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій;
- EN 1997 Єврокод 7. Геотехнічне проектування;
- EN 1998 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій;
- EN 1999 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій;
- На стадії розроблення перебувають нові частини, наприклад Єврокод з проектування скляних конструкцій.

Єврокоди призначені для застосування проєктувальниками, замовниками, виробниками, конструкторами, відповідними органами (під час виконання обов'язків відповідно до національних або міжнародних правил), педагогами, розробниками програмного забезпечення та комітетами, що розробляють стандарти для відповідних виробів, та стандарти на випробування і на виконання.

Примітка. Певні аспекти проєктування найбільш відповідним чином визначені відповідними органами або, якщо не вказано, можуть бути узгоджені на проєктній основі між відповідними сторонами, наприклад проєктувальником та замовником. Єврокоди встановлюють такі аспекти з чітким посиланням на відповідні органи влади та відповідні сторони.

0.2 Вступ до EN 1999 (усі частини)

EN 1999 (всі частини) регламентує питання проєктування будівель і споруд цивільного призначення та конструкційних виробів із алюмінію. Він реалізує принципи і вимоги до безпеки та експлуатаційної придатності конструкцій, основи їх проєктування і перевірки, наведені в стандарті EN 1990 «Основи будівельного проєктування».

EN 1999 (усі частини) стосується лише вимог до стійкості, експлуатаційної придатності, надійності і вогнестійкості алюмінієвих конструкцій. Інші вимоги, наприклад, щодо теплоізоляції та звукоізоляції, не розглядаються.

EN 1999 (усі частини) не встановлює спеціальних вимог щодо проєктування сейсмостійких споруд. Положення, пов'язані з такими вимогами, подано в EN 1998, який доповнює EN 1999 та узгоджений з ним.

Єврокод 9 складений з таких частин:

- EN 1999-1-1 Проєктування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-1: Загальні правила;
- EN 1999-1-2 Проєктування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2: Розрахунок конструкцій на вогнестійкість;
- EN 1999-1-3 «Проєктування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-3: Конструкції схильні до втоми»;
- EN 1999-1-4 «Проєктування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-4: Холодноформовані листи»;
- EN 1999-1-5 «Проєктування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-5: Конструкції оболонок».

0.3 Вступ до EN 1999-1-2

У цьому стандарті описано принципи, вимоги та правила будівельного проєктування алюмінієвих споруд, що зазнають

х

вогневого впливу. Основну увагу в ДСТУ EN 1999-1-2 приділено методам і правилам проєктування для індивідуальних (окремих) будівельних конструкцій (балок, колон, балок-колон), з'єднувачів і несних конструкцій (каркасів) у частині опору і стійкості в умовах пожежі.

0.4 Застосовні у Єврокодах уніфіковані мовні форми

Словом «потрібно» позначено жорстку вимогу, від якої не допускається жодних відхилень з метою дотримання Єврокодів.

Словами «рекомендовано», «має» позначено настійно рекомендований вибір або спосіб дії. Застосування альтернативних підходів дозволено за умови технічного обґрунтування відповідно до національного законодавства та/або будь-яких відповідних договірних положень.

Словами «дозволено», «можна» позначено спосіб дії, допустимий в рамках Єврокодів.

Словами «має можливість» позначено можливість та здатність; його використовують для констатації факту і роз'яснення концепцій.

0.5 Національний додаток до EN 1999-1-2

У цьому стандарті дозволено національний вибір у місцях, де це явно зазначено в примітках. Національний вибір включає вибір значень для параметрів, визначених на національному рівні (*Nationally determined parameters; NDP*).

Національний стандарт, що впроваджує EN 1999-1-2, може містити національний додаток з усіма параметрами, визначеними на національному рівні, необхідними для проєктування будівель і споруд цивільного призначення з метою будівництва у відповідній країні.

Якщо національний вибір не наведено, потрібно застосовувати наведений у цьому стандарті вибір за замовчуванням.

Якщо національний вибір не виконано, а вибір за замовчуванням у цьому стандарті відсутній, параметри можуть бути уточнені відповідальним органом, чи, якщо не вказано інше, узгоджені для конкретного проекту відповідальними сторонами.

У EN 1999-1-2 національний вибір дозволено у таких пунктах:

4.5(1)	7.2.1(1)	7.2.3(5)	7.2.4(4)
--------	----------	----------	----------

У EN 1999-1-2 національний вибір дозволено під час застосування наступних довідкових додатків:

Додаток А Додаток В

Для спрощення впровадження національний додаток може безпосередньо або у вигляді посилання містити несуперечливу додаткову інформацію, за умови, що вона не змінює жодні положення Єврокодів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**ЄВРОКОД 9. ПРОЄКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ.
ЧАСТИНА 1-2. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ.****DESIGN OF ALUMINIUM STRUCTURES.
PART 1-2. STRUCTURAL FIRE DESIGN**

Чинний від 201_ - _ - _

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**1.1 Сфера застосування EN 1999-1-2**

(1) Цей стандарт стосується проєктування алюмінієвих конструкцій на випадок аварійної ситуації, пов'язаної з вогневим впливом, його розраховано на використання разом з EN 1999-1-1, EN 1999-1-3, EN 1999-1-4 та EN 1999-1-5. Цей стандарт лише встановлює відмінності від вимог щодо проєктування для звичайної температури або доповнює ці вимоги.

(2) Цей стандарт застосовний до алюмінієвих конструкцій, щодо яких встановлено вимоги стосовно виконання несної функції.

(3) Цей стандарт установлює принципи і правила застосування для проєктування конструкцій із забезпеченням заданих вимог з огляду на вищезазначену функцію та рівні експлуатаційних характеристик.

(4) Цей стандарт застосовний до конструкцій або їхніх частин, на які поширюється EN 1999-1-1 та які проєктують відповідним чином.

(5) Методи, подані в цьому стандарті, застосовні до таких алюмінієвих сплавів:

EN AW-3004 – H34 EN AW-5083 – O та H12 EN AW-6063 – T5 та T6

EN AW-5005 – O та H34 EN AW-5454 – O та H34 EN AW-6082 – T4 та T6

(6) Методи, подані в цьому стандарті, застосовні також до інших алюмінієвих сплавів/режимів відпуску згідно з EN 1999-1-1, за умови, що відома вся необхідна інформація щодо їхніх властивостей за підвищеної температури або застосовують спрощені припущення, подані в 5.2.1.

1.2 Припущення

(1) Додатково до загальних припущень, поданих в EN 1990, застосовано такі припущення:

- належний проєктний сценарій пожежі вибрано персоналом з відповідними кваліфікацією та досвідом або ж його вказано у відповідному національному нормативному документі;

- за активними або пасивними системами протипожежного захисту, врахованими в проєкті, здійснюється належний догляд .

(2) Для проєктування нових конструкцій передбачено пряме застосування EN 1999 разом з EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1997 та EN 1998.

(3) EN 1999 призначений для використання разом з:

- європейськими стандартами щодо будівельних виробів, застосовними до відповідних алюмінієвих конструкцій;

- EN 1090-1 *Execution of steel structures and aluminium structures – Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components*;

- EN 1090-3 *Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures*

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1090-1 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 1. Вимоги до оцінки відповідності компонентів конструкцій

EN 1090-3 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 3. Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У тексті цього стандарту подано посилання на наведені нижче нормативні документи, частина або всі положення яких являють собою вимоги цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують тільки наведені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням нормативних документів (разом зі змінами).

Примітка. Перелік інших цитованих документів, які не включено до нормативних посилань, в тому числі тих, на які посилаються як на рекомендації (тобто через пункти «рекомендовано») і дозволи (тобто через пункти «дозволено», «може»), подано в розділі «Бібліографія».

EN 1990 Eurocode – Basis of structural design

prEN 1991-1-2:2021¹ Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire

EN 1999-1-1:2023 Eurocode 9 – Design of aluminium structures – Part 1-1: General rules

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1990 Єврокод. Основи будівельного проектування

prEN 1991-1-2:2021 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції, які зазнають вогневого впливу

EN 1999-1-1:2023 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила

3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ ТА ПОЗНАКИ

3.1 Терміни та визначення понять

У цьому стандарті вжито терміни та визначення понять, зазначені в EN 1990 та prEN 1991-1-2:2021, а також наведені нижче.

3.1.1 частина конструкції (*part of structure*)

¹ У процесі розроблення.

Відокремлена частина цілої конструкції з відповідним умовами обпирання та граничними умовами

3.1.2 вогнезахисний матеріал (*fire protection material*)

Будь-який матеріал або поєднання матеріалів, які наносять на конструкційний елемент з метою підвищення його вогнестійкості

3.1.3 коефіцієнт поперечного перерізу (*section factor*)

Відношення площі зовнішньої (відкритої) поверхні, що зазнає вогневого впливу, до об'єму алюмінію або, у випадку захищених елементів, відношення площі внутрішньої поверхні облицювання, що зазнає вогневого впливу, до об'єму алюмінію

3.1.4 коробчастий коефіцієнт поперечного перерізу (*box value of section factor*)

Відношення площі зовнішньої (відкритої) поверхні, що зазнає вогневого впливу, уявного короба найменшого розміру, який може бути описано навколо будівельної конструкції, до об'єму алюмінію

3.1.5 критична температура конструкційного алюмінієвого елемента (*critical temperature of a structural aluminium member*)

Для заданого рівня навантаження — температура, за якої прогнозується досягнення граничного стану будівельної конструкції за ознакою втрати несної здатності, визначена з припущення про рівномірний розподіл температури.

3.1.6 ефективна 0,2 % границя текучості (*effective 0,2 % proof strength*)

Для заданої температури — рівень напруження, за якого співвідношення між напруженням і розтягом алюмінію дорівнює 0,2 % від залишкової деформації.

3.2 Позначки та скорочення

У цьому стандарті вжито такі умовні позначки.

Великі літери латинської абетки:

A_i	— площа елементарної ділянки поперечного перерізу з температурою θ_i ;
A_m	— площа зовнішньої (відкритої) поверхні елемента, що зазнає вогневого впливу, яка припадає на одиницю довжини;
A_m/V	— коефіцієнт поперечного перерізу алюмінієвих будівельних конструкцій без вогнезахисту;
A_p	— площа внутрішньої поверхні вогнезахисного матеріалу, що припадає на одиницю довжини елемента;
A_p/V	— коефіцієнт поперечного перерізу алюмінієвих елементів, теплоізованих елементами вогнезахисного матеріалу;
C_i	— коефіцієнт захищеності i -ї поверхні елемента;
E_{al}	— модуль пружності алюмінію для розрахунку за звичайної температури;
$E_{al,\theta}$	— модуль пружності алюмінію для розрахунку за підвищеної температури θ_{al} ;
E_d	— розрахункове значення ефектів дій за звичайної температури, визначене згідно з EN 1990 та EN 1991-1-1;
$E_{d,fi}$	— розрахункове значення ефектів дій для умов пожежі, визначене згідно з prEN 1991-1-2:2021, з урахуванням впливів теплових розширень і деформацій;
I_f	— щільність потоку теплового випромінювання, що надходить від прорізу;
I_z	— щільність потоку теплового випромінювання, що надходить від полум'я до поверхні балки;
$I_{z,i}$	— щільність потоку теплового випромінювання, що надходить від полум'я до поверхні колони;
L	— системна довжина колони на відповідному поверсі;
L_H	— горизонтальна проєкція полум'я (з боку фасаду) ;
L_i	— відстань вздовж осі між прорізом і відповідною точкою;
L_L	— висота полум'я (відносно верхньої частини вікна) ;

пр ДСТУ EN 1999-1-2:202_

- L_x — відстань від прорізу, виміряна вздовж осі полум'я;
- $M_{b,Rd}$ — розрахунковий момент опору згину для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;
- $M_{Ed,fi}$ — розрахунковий момент для умов пожежі;
- $M_{b,Rd,fi,t}$ — розрахунковий момент опору згину для умов пожежі в момент часу t ;
- $M_{Rd,fi,t}$ — розрахунковий момент опору для умов пожежі в момент часу t поперечного перерізу за нерівномірного розподілу температури;
- M_{Rd} — розрахунковий момент опору для розрахунку за звичайної температури, тобто $M_{c,Rd}$ або $M_{u,Rd}$;
- $N_{b,Rd}$ — розрахунковий опір згину елемента, що працює на стиск, для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;
- $N_{Ed,fi}$ — розрахункове осьове зусилля для умов пожежі;
- $N_{b,Rd,fi,t}$ — розрахунковий опір згину для умов пожежі в момент часу t конструкційного елемента, що працює на стиск;
- $N_{Rd,fi,t}$ — розрахунковий опір для умов пожежі в момент часу t елемента, що працює на розтяг, за нерівномірного розподілу температури;
- $N_{Rd,fi,\theta}$ — розрахунковий опір елемента, що працює на розтяг, за однорідної температури θ_{al} ;
- $R_{d,fi,t}$ — розрахунковий опір для умов пожежі в момент часу t ;
- T_f — температура під час пожежі;
- T_m — температура алюмінієвого елемента;
- T_o — температура полум'я в прорізі;
- T_x — температура полум'я в верхній частині;
- T_z — температура полум'я;
- $T_{z,1}$ — температура полум'я згідно з додатком B прEN 1991-1-

2:2021 у нижньому краї балки;

$T_{z,2}$ — температура полум'я згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021 в верхній частині балки;

V — об'єм елемента, що припадає на одиницю довжини;

V_{Rd} — розрахунковий опір зсуву чистого поперечного перерізу для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;

$V_{Ed,fi}$ — розрахункове зусилля зсуву для умов пожежі;

$V_{Rd,fi,t}$ — розрахунковий опір зсуву для умов пожежі в момент часу t ;

X_k — характеристичне значення міцності або характеристики деформації (зазвичай f_k або E_k) для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023.

Малі літери латинської абетки:

a_z — коефіцієнт теплового поглинання полум'я;

c_{al} — питома теплоємність алюмінію;

c_p — питома теплоємність вогнезахисного матеріалу;

d_{eq} — ефективний розмір поперечного перерізу;

d_f — найширша частина полум'я;

d_i — розмір поперечного перерізу i -го боку елемента;

d_p — товщина вогнезахисного матеріалу;

$f_{o,\theta}$ — ефективна 0,2 % умовна границя текучості, за підвищеної температури θ_{al} ;

h_{eq} — еквівалентна висота прорізу;

$h_{net,d}$ — розрахункове значення результативного теплового потоку, що припадає на одиницю площі;

h_z — висота верхньої частини полум'я відносно низу балки;

k_θ — відносна величина міцності або характеристики деформації алюмінію за підвищеної температури θ_{al} ;

- $k_{o,\theta}$ — коефіцієнт зниження міцності для 0,2 % умовної границі текучості за температури θ_{al} ;
- $k_{o,\theta,i}$ — коефіцієнт зниження міцності для ефективної 0,2 % умовної границі текучості за температури θ_i на елементарній ділянці A_i ;
- $k_{o,\theta_{max}}$ — коефіцієнт зниження міцності для 0,2 % умовної границі текучості за максимальної температури алюмінію;
- k_{sh} — коефіцієнт поправки на ефект затінення;
- l — довжина за температури 20 °C; відстань від прорізу, виміряна вздовж осі полум'я;
- l_{fi} — довжина згину колони для проєктного сценарію пожежі;
- m — кількість прорізів на боці m ;
- n — кількість прорізів на боці n ;
- s — відстань за горизонталлю від центральної лінії колони до стіни протипожежного відсіку;
- t — проміжок часу вогневого впливу;
- w_t — ширина прорізу;
- z_{it} — відстань від пластичної нейтральної осі елемента до центру мас елементарної ділянки A_i .

Малі літери грецької абетки

- α_c — коефіцієнт тепловіддачі для конвекції;
- α_r — коефіцієнт тепловіддачі для випромінювання;
- $\gamma_{M,fi}$ — частковий коефіцієнт надійності відповідної властивості матеріалу для умов пожежі;
- η_{fi} — понижувальний коефіцієнт, на який множать E_d для визначення $E_{fi,d}$;
- θ — температура в °C;
- θ_{al} — температура алюмінію;

$\theta_{(t)}$	— температура навколишнього газового середовища в момент часу t ;
$\theta_{al(t)}$	— температура алюмінію в момент часу t ;
$\theta_{al,max(t)}$	— максимальна температура поперечного перерізу, що — досягається в момент часу t ;
ε_f	— коефіцієнт теплового випромінювання полум'я, коефіцієнт теплового випромінювання прорізу;
ε_m	— коефіцієнт теплового випромінювання компонента;
ε_z	— коефіцієнт теплового випромінювання полум'я;
$\varepsilon_{z,m}$	— загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці m ;
$\varepsilon_{z,n}$	— загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці n ;
K	— коефіцієнт перерахунку;
λ_{al}	— коефіцієнт теплопровідності алюмінію;
λ_p	— коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного матеріалу;
μ_0	— ступінь використання в момент часу $t = 0$;
ρ_{al}	— густина алюмінію;
ρ_p	— густина вогнезахисного матеріалу;
σ	— Константа Стефана – Больцмана [$56,7 \times 10^{-12}$ кВт/(м ² ·К ⁴)];
ϕ_f	— результативний кутовий коефіцієнт елемента для теплопередачі випромінюванням від прорізу;
$\phi_{f,i}$	— кутовий коефіцієнт i -ї поверхні елемента для прорізу;
ϕ_z	— результативний кутовий коефіцієнт елемента для теплопередачі випромінюванням від полум'я;
$\phi_{z,i}$	— кутовий коефіцієнт i -ї поверхні елемента для полум'я;
$\phi_{z,m}$	— результативний кутовий коефіцієнт колони для теплопередачі випромінюванням від полум'я на боці m ;
$\phi_{z,n}$	— результативний кутовий коефіцієнт колони для теплопередачі

випромінюванням від полум'я на боці n .

4 ОСНОВОПОЛОЖНІ ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ

4.1 Загальні положення

(1) У випадках, коли під час пожежі необхідна механічна стійкість, алюмінієві конструкції потрібно проектувати і будувати таким чином, щоб вони зберігали несну функцію упродовж заданого проміжку часу вогневого впливу.

(2) Критерії щодо деформації потрібно застосовувати у випадках, коли засоби вогнезахисту потребують урахування деформації несної конструкції.

(3) Деформацію несної конструкції можна не враховувати у випадках, коли ефективність засобів вогнезахисту було оцінено згідно з 5.2.2.

(4) Критерії щодо деформації потрібно застосовувати у випадках, коли розрахункові критерії для огорожувальних конструкцій потребують урахування деформації несної конструкції.

(5) Розглядом деформації несної конструкції можна знехтувати у випадках, коли огорожувальні конструкції відповідають вимогам в умовах номінального вогневого впливу (див. 4.2).

4.2 Номінальний вогневий вплив

(1) Для вогневого впливу за стандартного температурного режиму, потрібно щоб будівельні конструкції виконували одну з таких заданих функцій або їхню комбінацію, упродовж необхідного проміжку часу вогневого впливу:

- несна функція: збереженість несної здатності (R);
- огорожувальна функція: збереженість цілісності (E) і, коли це потрібно, теплоізолювальної здатності (I);
- огорожувальна та несна функції: R , E і, коли це потрібно, I .

(2) Вимоги щодо збереженості несної функції вважають виконаними у випадках, коли несна здатність зберігається.

(3) Вимоги щодо збереженості огорожувальної функції вважають виконаними у випадках, коли цілісність і, коли це потрібно, теплоізолювальна здатність зберігаються.

(4) Вимоги щодо збереженості цілісності вважають виконаними у випадках, коли огорожувальна конструкція споруди, що зазнає вогневого впливу з одного боку, перешкоджає переходу крізь себе полум'я і нагрітих газоподібних продуктів, а також появі полум'я на необігрівному боці.

(5) Вимоги щодо збереженості теплоізолювальної здатності вважають виконаними у випадках, коли підвищення середньої температури на всій поверхні необігрівного боку обмежується 140 K, а максимальне підвищення температури в будь-якій точці цієї поверхні не перевищує 180 K.

(6) У разі проведення випробування за режиму зовнішньої пожежі потрібно застосовувати ті самі функції, а інформація про застосування саме цього температурного режиму подається літерами "ef".

4.3 Збереженість несної здатності під час вогневого впливу

(1) Потрібно щоб несна функція має зберігалася впродовж усього проміжку часу перебігу пожежі включно з фазою охолодження або ж упродовж проміжку часу, вказаного в 4.4 (4) prEN 1991-1-2:2021.

4.4 Впливи

(1) Теплові і механічні впливи потрібно забезпечувати згідно з EN 1991-1-2:2023.

4.5 Властивості матеріалів, використовувані в розрахунках

(1) Значення механічних (міцність і жорсткість) властивостей матеріалу $X_{d,fi}$, використовувані в розрахунках, рекомендовано визначати за формулою (4.1):

$$X_{d,fi} = k_{\theta} X_k / \gamma_{M,fi} \quad (4.1)$$

де

X_k характеристичне значення міцності або жорсткості (зазвичай f_k або E_k) для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;

k_{θ} коефіцієнт зниження міцності або жорсткості, що залежить від температури ($X_{(k,\theta)}/X_k$);

$\gamma_{(M,fi)}$ коефіцієнт надійності для відповідної механічної властивості матеріалу в умовах пожежі.

Примітка. Величина $\gamma_{M,fi}$ дорівнює 1,0, якщо в національному додатку не вказано інше значення.

(2) Розрахункові значення теплових властивостей матеріалів для умов пожежі потрібно приймати такими, що дорівнюють характеристичним значенням.

Примітка. Характеристичні теплові властивості матеріалу відповідають середнім значенням

4.6 Методи верифікації

(1) Потрібно щоб модель конструкційної системи, прийнята для розрахунків, відображала характеристики конструкції в умовах пожежі.

(2) Механічний опір потрібно перевіряти для необхідного проміжку часу вогневого впливу t за формулою (4.2):

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi,t} \quad (4.2)$$

де

$E_{d,fi}$ — розрахункове значення навантажувальних ефектів для умов пожежі, визначене згідно з prEN 1991-1-2:2021, з урахуванням впливів теплових розширень і деформацій;

$R_{d,fi,t}$ — відповідний розрахунковий опір в умовах пожежі.

(3) Розрахунок конструкцій для умов пожежі рекомендовано проводити згідно з EN 1990.

Примітка. Для перевіряння вимог щодо опору в умовах стандартного температурного режиму, якщо не вказано інше, достатньо розрахунку будівельної конструкції.

(4) Якщо у відповідних пунктах не вказано інше, то для всіх режимів вогневого впливу можна застосовувати методи верифікації, вказані в цій частині EN 1999-1-2.

(5) Для виконання вимог 4.6 (2) можна користуватися такими методами розрахунку:

- використання табличних проєктних даних для відповідних типів будівельних конструкцій (див. розділ 6);

- користування спрощеними методами розрахунку для відповідних типів елементів (див. розділ 7);

- користування уточненими методами розрахунку для розрахунку елементів, частин конструкції або цілої конструкції (див. розділ 8).

(6) Як альтернативу розрахунковим методам, розрахунок на вогнестійкість може ґрунтуватися на результатах вогневих випробувань або на результатах вогневих випробувань в комбінації з розрахунками.

4.7 Розрахунок елементів

(1) Розрахунковий ефект впливів рекомендовано визначати для моменту часу $t = 0$, користуючись комбінацією чинників згідно з 6.3 prEN 1991-1-2:2021.

(2) Для спрощення рекомендовано користуватися величиною $\eta_{fi} = 0,65$, за винятком експлуатаційних навантажень категорії E згідно з EN 1991-1-1 (зони, в яких відбувається накопичення виробів, у тому числі зони доступу), для яких рекомендовано приймати величину $\eta_{fi} = 0,7$.

(3) Потрібно враховувати ефекти теплових деформацій, що виникають під впливом градієнтів температури в поперечному перерізу. Ефектами осьових і таких, що мають місце в площині, теплових розширень можна нехтувати.

(4) Кінематичні граничні умови на кріпильних пристроях і торцях елементів, що мають місце в момент часу $t = 0$, можна вважати незмінними упродовж усього проміжку часу вогневого впливу.

(5) Табличні розрахункові дані для спрощених або уточнених методів розрахунку, які подано в розділах 6, 7 і 8, відповідно, можна приймати як такі, якими можна користуватися для верифікації елементів в умовах пожежі.

4.8 Розрахунок частини конструкції

(1) Ефект впливів рекомендовано визначати для моменту часу $t = 0$, користуючись комбінацією чинників згідно з 6.3 prEN 1991-1-2:2021.

(2) У межах частини конструкції, що підлягає розрахунку, потрібно враховувати відповідний характер досягнення граничного стану під час пожежі, властивості матеріалу, що залежать від температури, жорсткість елемента, а також ефекти теплових розширень і деформацій (непрямі дії пожежі).

(3) Частину конструкції, що підлягає розрахунку, рекомендовано задавати, виходячи з можливих теплових розширень і деформацій, з тим щоб їх взаємодія з іншими частинами конструкції в умовах пожежі

можна було наближено описати залежними від часу умовами кріплення і граничними умовами.

(4) Як альтернатива 4.8 (1), реакції в місцях кріплення, а також внутрішні зусилля і моменти на межах частини конструкції можна визначити розрахунком конструкцій для звичайної температури згідно з 4.7.

4.9 Розрахунок конструкційної системи в цілому

(1) У розрахунку конструкційної системи в цілому для умов пожежі потрібно враховувати:

- відповідний характер досягнення граничного стану в умовах вогневого впливу;
- властивості матеріалу і жорсткість елемента, що залежать від температури;
- ефекти теплових розширень і деформацій (непрямі дії пожежі).

5 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

5.1 Загальні положення

(1) За характеристичні властивості матеріалів рекомендовано приймати їх значення, вказані в розділі 5, якщо їх не вказано як розрахункові значення.

(2) За механічні властивості алюмінієвих сплавів за звичайної температури 20 °C потрібно приймати значення, вказані в EN 1999-1-1 для розрахунку за звичайної температури.

5.2 Теплові властивості

5.2.1 Алюмінієві сплави

5.2.1.1 Теплове подовження

(1) Відносне теплове подовження (розтяг) алюмінієвих сплавів $\Delta l/l$ рекомендовано визначати за формулою (5.1):

для $0\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{al}} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Delta l/l = 0,1 \cdot 10^{-7} \theta_{\text{al}}^2 + 22,5 \cdot 10^{-6} \theta_{\text{al}} - 4,5 \cdot 10^{-4} \quad (5.1)$$

де

l — довжина за температури $20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Δl — подовження, спричинене підвищенням температури.

Примітка. Змінювання відносного теплового подовження з температурою показано на рисунку 5.1.

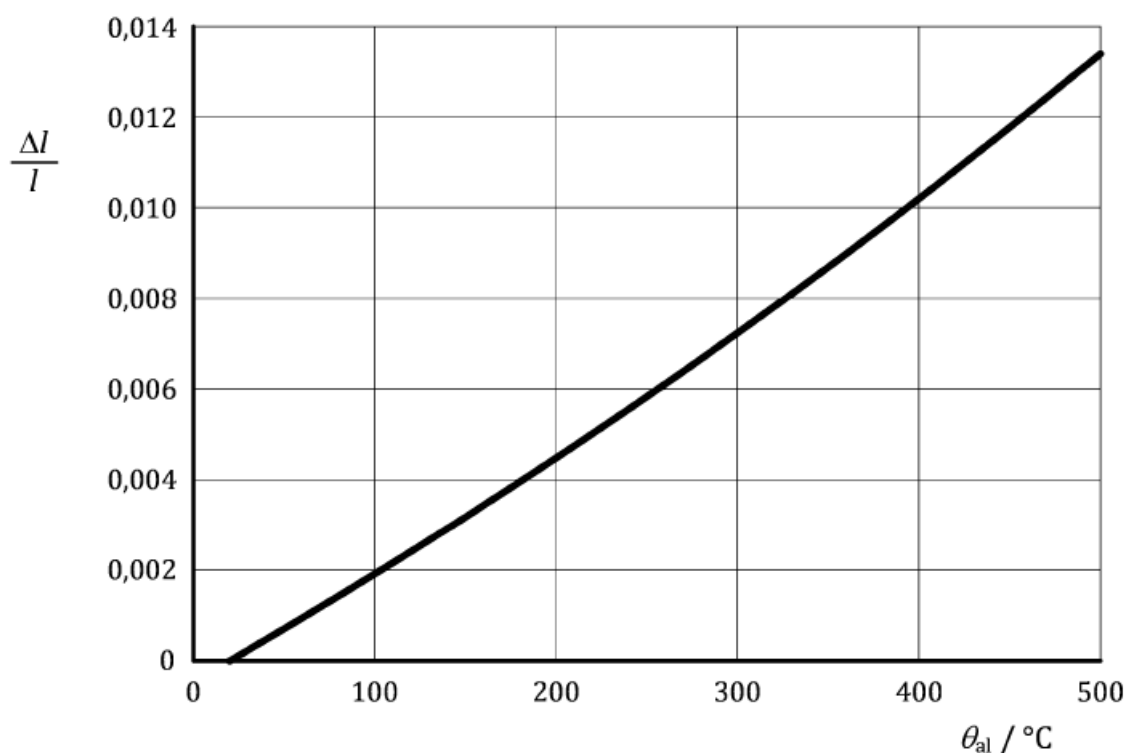


Рисунок 5.1 – Залежність відносного теплового подовження алюмінієвих сплавів від температури

5.2.1.2 Питома теплоємність

(1) Питому теплоємність алюмінію c_{al} рекомендовано визначати за формулою (5.2):

для $0\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{al}} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$c_{al} = 0,41\theta_{al} + 903 \text{ (Дж/кг } ^\circ\text{C)} \quad (5.2)$$

Примітка. Змінювання питомої теплоємності показано на рисунку 5.2.

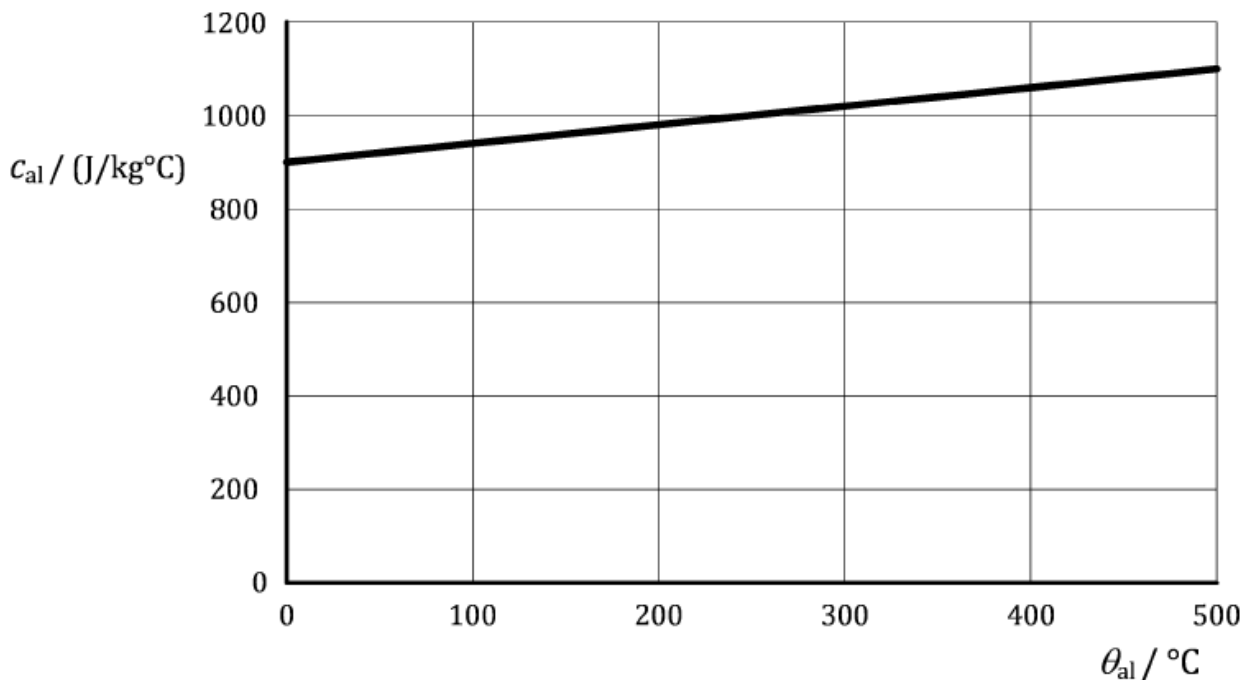


Рисунок 5.2 – Залежність питомої теплоємності алюмінієвих сплавів від температури

5.2.1.3 Коефіцієнт теплопровідності

(1) Коефіцієнт теплопровідності алюмінієвого сплаву λ_{al} для $0\text{ }^\circ\text{C} < \theta_{al} < 500\text{ }^\circ\text{C}$ рекомендовано визначати за формулами (5.3) і (5.4):

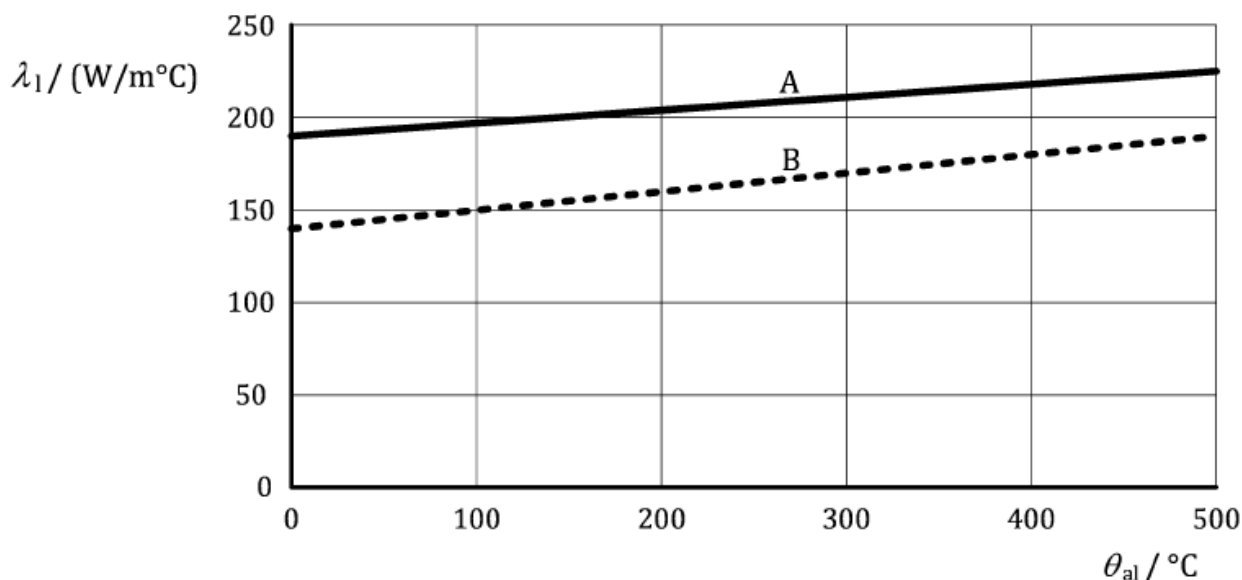
– для сплавів серій 3xxx і 6xxx:

$$\lambda_{al} = 0,07\theta_{al} + 190 \text{ (Вт/м} \cdot ^\circ\text{C)} \quad (5.3)$$

– для сплавів серій 5xxx і 7xxx

$$\lambda_{al} = 0,1\theta_{al} + 140 \text{ (Вт/м} \cdot ^\circ\text{C)} \quad (5.4)$$

Примітка. Змінювання питомої теплопровідності показано на рисунку 5.3.



Умовні позначки:

A — СЕРІЇ 3XXX I 6XXX

B — СЕРІЇ 5XXX I 7XXX

Рисунок 5.3 – Залежність коефіцієнта теплопровідності алюмінієвих сплавів від температури

5.2.1.4 Коефіцієнт теплового випромінювання

(1) На додаток до prEN 1991-1-2:2021, коефіцієнт теплового випромінювання для поверхні алюмінію ε_m потрібно приймати таким, що дорівнює 0,3, для чистих поверхонь без покриттів, і 0,7 для пофарбованих поверхонь і поверхонь з покриттями (наприклад, забруднених кіптявою).

5.2.2. Вогнезахисні матеріали

(1) Властивості і характеристики вогнезахисних матеріалів, використовувані в розрахунках, рекомендовано оцінювати з метою пересвідчення в тому, що вогнезахист залишається зв'язаним і зчепленим з підкладкою упродовж усього відповідного проміжку часу вогневого впливу.

Примітка. Перевіряння властивостей вогнезахисних матеріалів зазвичай проводять випробуваннями. Європейський стандарт щодо розроблення таких

матеріалів, нанесених на алюмінієві конструкції, наразі розробляє робоча група CEN Work Item WI 00127357 *Вогнезахист алюмінієвих систем*.

5.3 Механічні властивості алюмінієвих сплавів

5.3.1 Міцність і характеристики деформації

(1) Для теплового впливу тривалістю до 2 год, межу текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, за підвищеної температури рекомендовано оцінювати за даними, поданими в таблиці 5.1, користуючись формулою (5.5):

$$f_{0,\theta} = k_{0,\theta} \cdot f_0 \quad (5.5)$$

де

$f_{0,\theta}$ – межа текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, за підвищеної температури;

f_0 – межа текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, за кімнатної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;

$k_{0,\theta}$ – коефіцієнт зниження.

(2) Для проміжних значень температури алюмінію можна користуватися рисунками 5.4, 5.5 або здійснювати лінійну інтерполяцію.

Таблиця 5.1 — Коефіцієнт зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, $k_{0,0}$, для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури в умовах теплового впливу тривалістю до 2 год

Сплав	Режим відпуску	Температура алюмінієвого сплаву, °C							
		20	100	150	200	250	300	350	550
EN AW-3004	H34	1,00	1,00	0,98	0,57	0,31	0,19	0,13	0
EN AW-5005	O	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,58	0,39	0
EN AW-5005	H14 ^a	1,00	0,93	0,87	0,66	0,37	0,19	0,10	0
EN AW-5052	H34 ^b	1,00	1,00	0,92	0,52	0,29	0,20	0,12	0
EN AW-5083	O	1,00	1,00	0,98	0,90	0,75	0,40	0,22	0
EN AW-5083	H12 ^c	1,00	1,00	0,80	0,60	0,31	0,16	0,10	0
EN AW-5454	O	1,00	1,00	0,96	0,88	0,50	0,32	0,21	0
EN AW-5454	H34	1,00	1,00	0,85	0,58	0,34	0,24	0,15	0
EN AW-6061	T6	1,00	0,95	0,91	0,79	0,55	0,31	0,10	0
EN AW-6063	T5	1,00	0,92	0,87	0,76	0,49	0,29	0,14	0
EN AW-6063	T6 ^d	1,00	0,91	0,84	0,71	0,38	0,19	0,09	0
EN AW-6082	T4 ^e	1,00	1,00	0,84	0,77	0,77	0,34	0,19	0
EN AW-6082	T6	1,00	0,90	0,79	0,65	0,38	0,20	0,11	0

a Ці значення можна застосовувати також для режиму відпуску H24/H34/H12/H32.

b Ці значення можна застосовувати також для режиму відпуску H12/H22/H32.

c Ці значення можна застосовувати також для режиму відпуску H22/H32.

d Ці значення можна застосовувати також для EN AW-6060 T6 і T66.

e Ці значення не враховують підвищення міцності завдяки ефектам старіння. Такі ефекти рекомендовано до уваги не брати.

(3) Межу текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації алюмінієвих сплавів за підвищеної температури, не вказану в

таблиці 5.1, але вказану в таблицях 5.3, 5.4 EN 1999-1-1:2023, рекомендовано документувати за результатами випробування; в іншому разі можна використовувати нижні граничні значення межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, помножені на коефіцієнт зниження $k_{o,\theta}$, значення якого вказано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 — Нижні межі коефіцієнта зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, $k_{o,\theta}$, для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури в умовах теплового впливу тривалістю до 2 год

	Температура алюмінієвого сплаву, °C							
	20	100	150	200	250	300	350	550
Нижні граничні значення	1,00	0,90	0,75	0,50	0,23	0,11	0,06	0

Примітка. В додатку А подано настанови щодо коефіцієнтів зниження міцності $k_{o,\theta}$ для деяких сплавів і режимів відпуску, які не вказано в таблицях 5.3, 5.4 EN 1999-1-1:2023. Межу текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації матеріалу за кімнатної температури f_o , можна приймати згідно з EN 485-2 or EN 755-2.

(4) Модуль пружності алюмінієвих сплавів після 2 год теплового впливу за підвищеної температури $E_{al,\theta}$ рекомендовано приймати згідно з таблицею 5.3.

Таблиця 5.3 — Модуль пружності алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для теплового впливу тривалістю 2 год, $E_{al,\theta}$

Температура алюмінієвого сплаву θ (°C)	Модуль пружності $E_{al,\theta}$ (Н/мм ²)
20	70 000
50	69 300
100	67 900
150	65 100
200	60 200
250	54 600
300	47 600
350	37 800
400	28 000
550	0

(5) Коефіцієнт зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації $k_{o,\theta}$, та співвідношення $E_{al,\theta}/E_{al}$ для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$, які показано на рисунках 5.4, 5.5, рекомендовано приймати для проміжків часу теплового впливу тривалістю до 2 год.

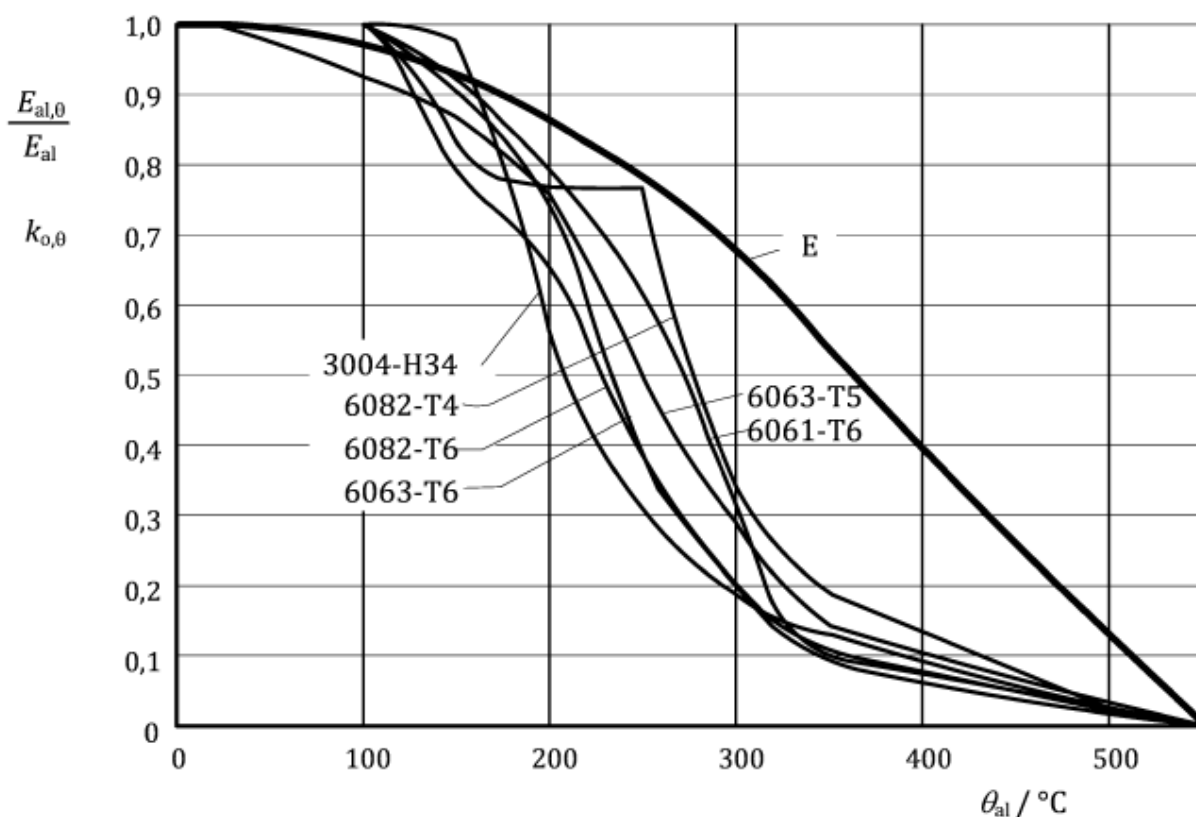


Рисунок 5.4 — Коефіцієнт зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, $k_{o,\theta}$, та співвідношення $E = E_{al,\theta}/E_{al}$ для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ в умовах теплового впливу тривалістю до 2 год (сплави EN-AW 3004 та 6xxx згідно з таблицею 5.1)

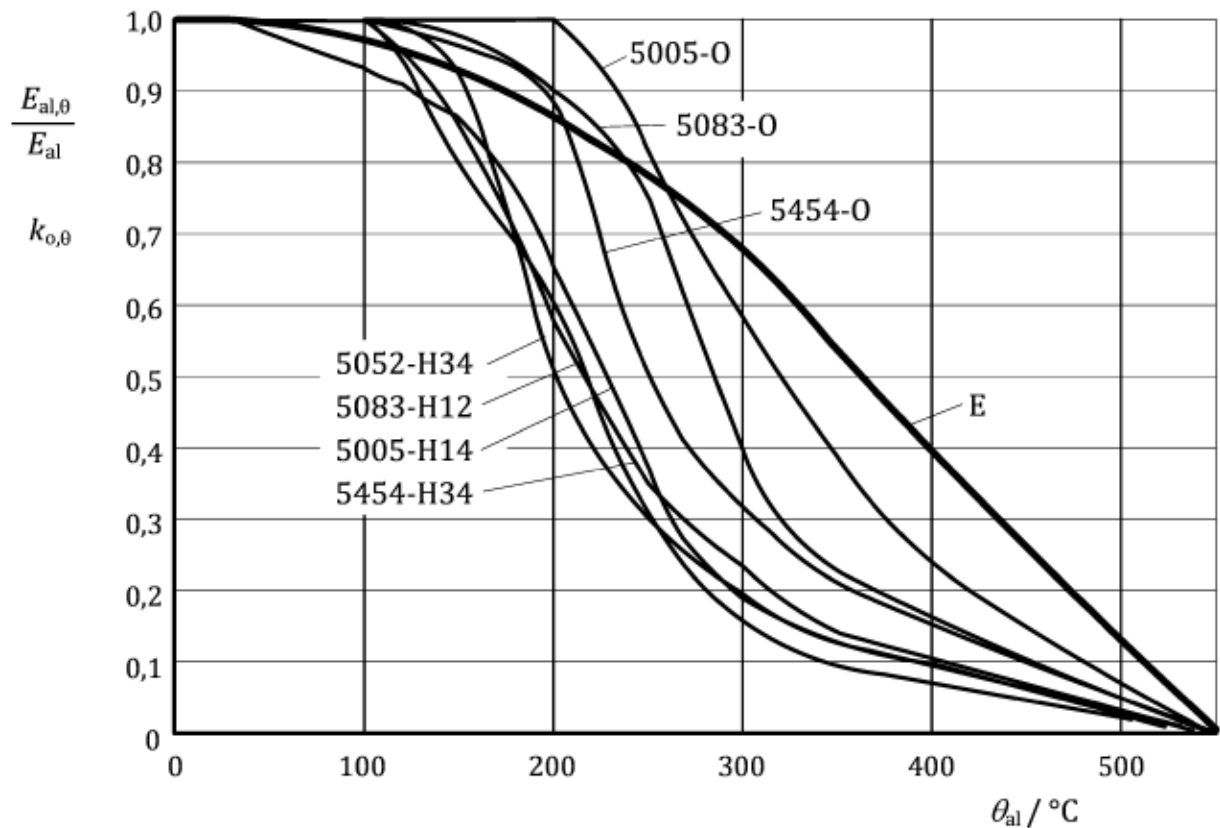


Рисунок 5.5 — Коефіцієнт зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, $k_{o,\theta}$, та співвідношення $E = E_{al,\theta}/E_{al}$ для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури $\theta_{al}/^\circ\text{C}$ в умовах теплового впливу тривалістю до 2 год (сплави 5xxx згідно з таблицею 5.1)

5.3.2 Густина

(1) Густинаю алюмінію ρ_{al} можна вважати такою, що не залежить від його температури. Рекомендовано користуватися таким значенням: $\rho_{al} = 2\,700 \text{ кг/м}^3$.

6 ТАБЛИЧНІ ДАНІ, ВИКОРИСТОВУВАНІ В РОЗРАХУНКАХ

(1) Табличними даними, використовуваними в розрахунках, можна користуватися для одержання визнаних проєктних рішень, які зазвичай відповідають типології (геометричним розмірам) перерізу, без використання будь-якої форми рівняння рівноваги.

Примітка. У цьому стандарті табличні дані, використовувані в розрахунках, не подано.

(2) Табличні дані можна визначити випробуваннями, за допомогою розрахункових моделей або певними комбінаціями цих двох способів, їх можна подавати у вигляді таблиці або рівняння.

(3) Табличні дані, використовувані в розрахунках, мають забезпечувати одержання консервативних результатів у порівнянні з тими, одержання яких забезпечують відповідні випробування або спрощені чи уточнені методи розрахунку. Ними можна користуватися в межах діапазону їх застосовності без екстраполяції за його межами.

7 СПРОЩЕНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

7.1 Загальні положення

(1) Дозволено використовувати спрощені методи розрахунку, які ґрунтуються на загальних рівняннях рівноваги.

Примітка. Розв'язання загального рівняння рівноваги при застосуванні спрощеного методу розрахунку забезпечує визначення окремої величини, наприклад, температури в перерізі або його частині, несної здатності перерізу або елемента.

(2) Спрощені моделі розрахунку мають забезпечувати одержання консервативних результатів у порівнянні з відповідними випробуваннями або уточненими методами розрахунку. Рекомендовано звертати увагу на (8).

(3) Функцію несної здатності алюмінієвої конструкції або її окремого елемента вважають збереженою в момент часу t в умовах перебігу пожежі з заданими параметрами, якщо виконується умова, що описується формулою (7.1):

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi,t} \quad (7.1)$$

де

$E_{d,fi}$ —розрахункове значення навантажувальних ефектів для проєктного сценарію пожежі згідно з prEN 1991-1-2:2021;

$R_{d,fi,t}$ — розрахунковий опір алюмінієвої конструкції або її окремого конструкційного елемента для проєктного сценарію пожежі в момент часу t .

(4) Рекомендовано визначати розрахунковий опір $R_{d,fi,t}$ для умов пожежі в момент часу t , зазвичай виходячи з гіпотези про рівномірний розподіл температури в поперечному перерізі, змінюванням розрахункового опору для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1 з урахуванням механічних властивостей алюмінієвих сплавів за підвищеної температури (див. 7.2).

Примітка. В 7.2 $R_{d,fi,t}$ перетворюється на $M_{Rd,fi,t}$, $N_{Rd,fi,t}$ тощо (окремо або в комбінації), а відповідні значення $M_{Rd,fi,t}$, $N_{Rd,fi,t}$ тощо являють собою $E_{d,fi}$.

(5) Якщо виходять з припущення про нерівномірний розподіл температури, то розрахунковий опір $R_{d,fi,t}$ можна визначати, виходячи з розподілу температури у елементі.

(6) Вогнестійкість з'єднання, виконаного за допомогою болтів або зварюванням, можна вважати достатньою у разі виконання таких умов:

а) Термічний опір $(d_p/\lambda_p)_c$ вогнезахисту, нанесеного на з'єднання, дорівнює або перевищує мінімальне значення термічного опору $(d_p/\lambda_p)_m$ вогнезахисту, нанесеного на будь-яку із з'єднаних між собою елементів;

де

d_p — товщина вогнезахисного матеріалу ($d_p = 0$ для елементів без вогнезахисту);

λ_p — ефективний коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного матеріалу.

б) Коефіцієнт використання з'єднання дорівнює або менший за коефіцієнт використання будь-якого зі з'єднаних елементів.

Як спрощення, порівняння коефіцієнта використання у межах з'єднань або з'єднаних між собою елементів можна здійснювати для звичайної температури.

(7) Для зварних з'єднань, потрібно враховувати зниження опору зон, які зазнають нагрівання.

(8) Рекомендовано вважати, що (2), (3) і (5) виконуються, якщо в момент часу t температура алюмінію θ_{al} в усіх поперечних перерізах не перевищує 170 °C.

7.2 Опір

7.2.1 Класифікація поперечних перерізів

(1) Для умов проєктного сценарію пожежі, поперечні перерізи можна класифікувати як для проєктування за звичайної температури згідно з 8.1.4 EN 1999-1-1:2023.

Примітка. Це правило ґрунтується на однаковості зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, і модуля пружності. Якщо фактичне зниження модуля пружності приймають згідно з рисунком 5.1, то класифікація перерізу змінюється і в результаті розрахунків можна одержати більш високе значення несної здатності. Положення стосовно того, як це брати до уваги, може містити національний додаток.

7.2.2 Елементи, які працюють на розтяг

(1) Розрахунковий опір для умов пожежі елемента, що працює на розтяг, $N_{Rd,fi,t}$ за нерівномірного розподілу температури у поперечному перерізі в момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.2):

$$N_{Rd,fi,t} = \sum A_i k_{o,\theta,i} f_o / \gamma_{M,fi} \quad (7.2)$$

де

A_i —елементарна площа (ділянка) поперечного перерізу з температурою θ_i з урахуванням її зменшення, якщо необхідно враховувати ефект розм'якшення зони, що зазнає теплового впливу.

Зменшення залежить від зменшуваної товщини $\rho_{o,HAZ} t$ (де t – товщина відповідної будівельної конструкції);

$k_{o,\theta,i}$ — коефіцієнт зменшення межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, за температури θ_i на елементарній ділянці A_i .

(2) Розрахунковий опір $N_{Rd,fi,t}$ елемента, що працює на розтяг, за однорідної температури θ_{al} рекомендовано визначати за формулою (7.3):

$$N_{Rd,fi,t} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.3)$$

де

N_{Rd} — розрахунковий опір для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023. N_{Rd} дорівнює $N_{o,Rd}$ або $N_{u,Rd}$;

γ_{Mx} — коефіцієнт надійності матеріалу згідно з EN 1999-1-1:2023. γ_{M1} використовують в комбінації з $N_{o,Rd}$, а γ_{M1} — в комбінації з $N_{u,Rd}$.

(3) Розрахунковий опір $N_{fi,\theta,Rd}$ рекомендовано визначати як таку комбінацію N_{Rd} та γ_{Mx} , яка забезпечує найнижчу несну здатність.

7.2.3 Балки

(1) Розрахунковий момент опору для умов пожежі поперечного перерізу 1-го або 2-го класу $M_{Rd,fi,t}$ за нерівномірного розподілу температури у момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.4):

$$M_{Rd,fi,t} = \sum A_i z_i k_{o,\theta,i} / \gamma_{M,fi} \quad (7.4)$$

де

z_i — відстань від нейтральної осі пластичного виробу до центру мас елементарної ділянки A_i .

(2) Розрахунковий момент опору для умов пожежі поперечного перерізу 3-го або 4-го класу $M_{Rd,fi,t}$ за нерівномірного розподілу температури у момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.5):

$$M_{Rd,fi,t} = k_{o,\theta,max} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.5)$$

де

$k_{o,\theta,max}$ — коефіцієнт зменшення межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, для міцності алюмінієвих сплавів за температури θ_{al} , яка дорівнює максимальній температурі $\theta_{al,max}$ поперечного перерізу, що досягається в момент часу t ;

M_{Rd} — момент опору поперечного перерізу для розрахунку за звичайної температури для 3-го або 4-го класу згідно з EN 1999-1-1:2023. M_{Rd} дорівнює $M_{c,Rd}$ або $M_{u,Rd}$;

γ_{Mx} — коефіцієнт надійності матеріалу згідно з EN 1999-1-1:2023. γ_{M1} рекомендовано використовувати в комбінації з $M_{c,Rd}$, а γ_{M2} — в комбінації з $M_{u,Rd}$.

Розрахунковий момент опору $M_{Rd,fi,t}$ рекомендовано визначати за комбінацією M_{Rd} та γ_{Mx} , яка забезпечує найнижчий момент опору.

(3) Розрахунковий момент опору для умов пожежі поперечного перерізу для будь-якого класу $M_{Rd,fi,t}$ за рівномірного розподілу температури у момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.6):

$$M_{Rd,fi,t} = k_{o,\theta} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.6)$$

де

$k_{o,\theta}$ — коефіцієнт зменшення межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації для алюмінієвих сплавів за температури θ_{al} ;

M_{Rd} — момент опору поперечного перерізу для розрахунку за звичайної температури, який дорівнює $M_{c,Rd}$ або $M_{u,Rd}$;

γ_{Mx} — коефіцієнт надійності матеріалу згідно з EN 1999-1-1:2023. γ_{M1} використовують у комбінації з $M_{c,Rd}$, а γ_{M2} — у комбінації з $M_{u,Rd}$.

Розрахунковий момент опору $M_{Rd,fi,t}$ рекомендовано визначати за комбінацією M_{Rd} та γ_{Mx} , яка забезпечує найнижчу несну здатність.

(4) Для балок, які працюють на повздовжній згин у боковому напрямку з крутінням, розрахунковий момент опору повздовжньому

згину для умов пожежі для балки без обмеження зміщення в боковому напрямку $M_{b,Rd,fi,t}$ в момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.7):

$$M_{b,Rd,fi,t} = k_{o,\theta,max} M_{b,Rd} (\gamma_{M1} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.7)$$

де

$M_{b,Rd}$ — розрахунковий момент опору повздовжньому згину для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023.

(5) Розрахунковий опір зсуву для умов пожежі для балки $V_{Rd,fi,t}$ в момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.8):

$$V_{Rd,fi,t} = k_{o,\theta} V_{Rd} (\gamma_{M1} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.8)$$

де

$k_{o,\theta}$ — коефіцієнт зменшення межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації для алюмінієвих сплавів за температури θ_{al} , де θ_{al} — максимальна температура тієї частини поперечного перерізу, яка сприймає зусилля зсуву;

V_{Rd} — розрахунковий опір зсуву чистого поперечного перерізу для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023.

Примітка. Значення розрахункових опорів, одержані за допомогою формул (7.5), (7.6) і (7.7), ґрунтуються на однаковості зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, і модуля пружності за підвищених температур. Якщо враховують фактичне зниження модуля пружності, то можна одержати більш високе значення несної здатності. Положення стосовно того, як це брати до уваги, може містити національний додаток.

7.2.4 Колони

(1) Розрахунковий опір повздовжньому згину для умов пожежі для елемента, що працює на стиск, $N_{Rd,fi,t}$ в момент часу t рекомендовано визначати за формулою (7.9):

$$N_{Rd,fi,t} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{M1} / 1,2 \gamma_{M,fi}) \quad (7.9)$$

де

N_{Rd} — опір повздовжньому згину для розрахунку за звичайної температури згідно з EN 1999-1-1:2023;

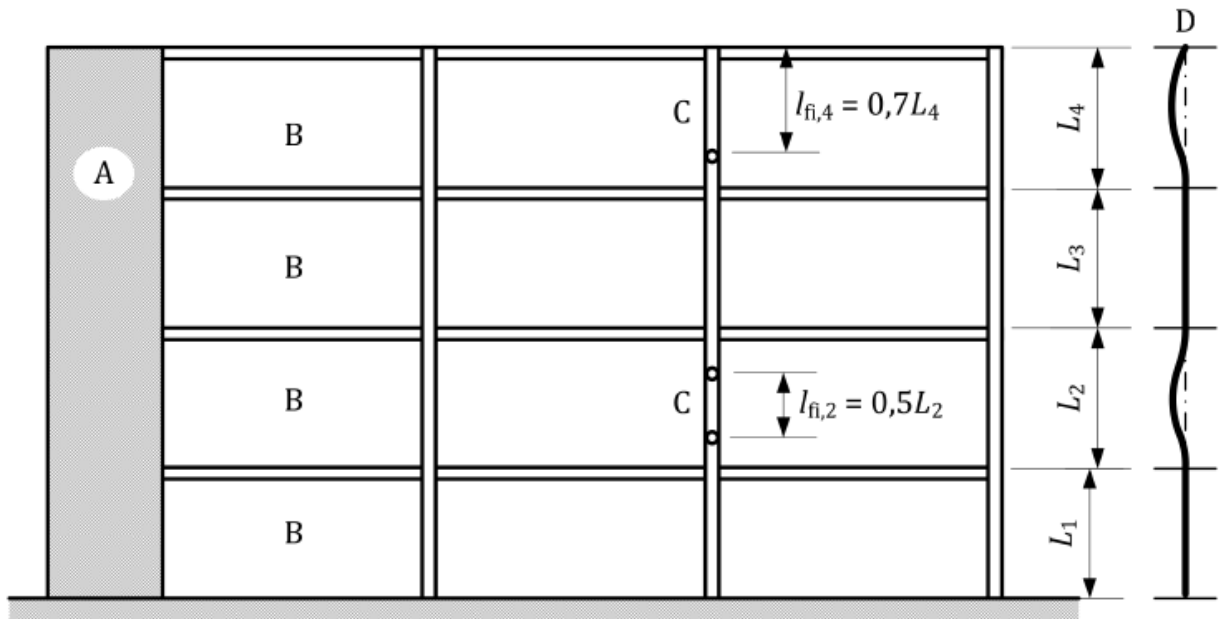
1,2 — Коефіцієнт зниження розрахункового опору через температурно-залежну повзучість алюмінієвих сплавів.

(2) Для визначення відносної податливості рекомендовано застосовувати положення EN 1999-1-1:2023.

(3) Для визначення довжини повздовжнього згину колон l_{fi} рекомендовано застосовувати правила, встановлені EN 1999-1-1:2023, з таким винятком: колону на рівні, що розглядається, повністю з'єднану з колонами, розташованими вище і нижче (за їх наявності), рекомендовано вважати надійно закріпленими для запобігання зміщенню, за умови що вогнестійкість будівельних конструкцій, які відокремлюють рівні, що розглядаються, принаймні дорівнює вогнестійкості колони.

(4) У випадку каркаса із стяжками, кожен поверх у межах якого являє собою окремий протипожежний відсік з достатньою вогнестійкістю, довжину повздовжнього згину колони на проміжному поверсі l_{fi} рекомендовано приймати такою, що дорівнює $l_{fi} = 0,5L$, а на верхньому поверсі – $l_{fi} = 0,7L$, де L – довжина системи на відповідному поверсі (див. рисунок 7.1).

Примітка. Значення розрахункового опору, одержане за допомогою формули (7.9), ґрунтується на однаковості зниження межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, і модуля пружності. Якщо враховують фактичне зниження модуля пружності, то можна одержати більш високе значення несної здатності. Положення стосовно того, як це брати до уваги, може містити національний додаток.



Умовні позначки:

A — роздільна стіна або інша система кріплення

B — окремі протипожежні відсіки на кожному поверсі

C — довжина повздовжнього згину колони

D — режим деформації під час пожежі

Рисунок 7.1 — Приклад величин довжини повздовжнього згину l_{fi} колон у каркасах з кріпленням

(5) Розрахунковий опір повздовжньому згину для умов пожежі елемента, що зазнає впливу комбінації зусиль згину та осьових зусиль, рекомендовано визначати згідно з EN 1999-1-1:2023, користуючись комбінацією правил для розрахунку для звичайної температури:

$$N_{Ed} = N_{Ed,fi}$$

$$M_{y,Ed} = M_{y,Ed,fi}$$

$$M_{z,Ed} = M_{z,Ed,fi}$$

як розрахункові навантаження.

Примітка. Опір елемента в умовах пожежі визначають згідно з 7.2.3 і 7.2.4.

7.3 Підвищення температури алюмінію

7.3.1 Внутрішні алюмінієві елементи без вогнезахисту

(1) Для еквівалентного рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі, підвищення температури в елементі без вогнезахисту $\Delta\theta_{al(t)}$ упродовж проміжку часу Δt рекомендовано визначати за формулою (7.10):

$$\Delta\theta_{al(t)} = k_{sh} \frac{1}{c_{al}\rho_{al}} \frac{A_m}{V} h_{net} \Delta t \quad (7.10) \quad \text{де}$$

k_{sh} — коефіцієнт поправки на ефект затінення, визначений за формулою (7.11) у (2);

A_m/V — коефіцієнт поперечного перерізу для алюмінієвих елементів без вогнезахисту (m^{-1}) (див. (5) і (6));

h_{net} — розрахункове значення результтивного теплового потоку, що припадає на одиницю площі (див. prEN 1991-1-2:2021 і (3)).

(2) Коефіцієнт поправки на ефект затінення рекомендовано визначати таким чином:

– Для двотаврових профілів за номінальних теплових впливах згідно з формулою (7.11):

$$k_{sh} = 0,9 \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \quad (7.11)$$

де

$(A_m/V)_b$ – коробчастий коефіцієнт поперечного перерізу.

– У решті випадків – згідно з формулою (7.12):

$$k_{sh} = \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \leq 1,0 \quad (7.12)$$

Примітка 1. Для поперечних перерізів опуклої форми (наприклад, порожнистих профілів прямокутної або круглої форми), повністю охоплених пожежею, вплив ефекту затінення незначний і, відповідно, коефіцієнт поправки k_{sh} дорівнює одиниці.

Примітка 2. Нехтування ефектом затінення (тобто прийняття $k_{sh} = 1,0$) призводить до одержання консервативних рішень.

(3) Величину $h_{net,d}$ рекомендовано визначати згідно з prEN 1991-1-2:2021, приймаючи $\varepsilon_f = 1,0$, а ε_m – згідно з 5.2.1.4, де ε_f та ε_m являють собою величини, визначені в prEN 1991-1-2:2021.

(4) Величина Δt не має перевищувати 5 с.

(5) У формулі (7.10), величина коефіцієнта поперечного перерізу A_m/V не має бути меншою ніж $10 \text{ (м}^{-1}\text{)}$.

(6) Для розрахунку коефіцієнта поперечного перерізу A_m/V , канавки на поверхні з шириною менше ніж 20 мм не рекомендовано відносити до площі обігрівної поверхні елемента. Для канавок на поверхні з шириною більше ніж 20 мм, площі канавки рекомендовано відносити до площі обігрівної поверхні (див. рисунок 7.2).

Примітка. Формули для розрахунку значень A_m/V для алюмінієвих елементів без вогнезахисту подано в таблиці 7.1.

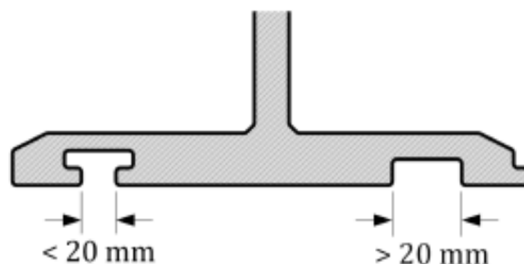
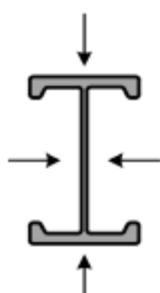
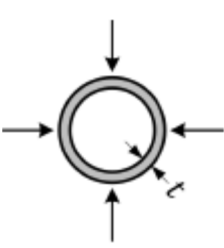
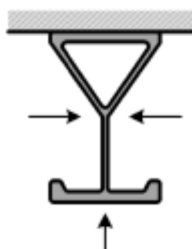
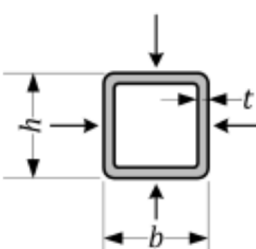
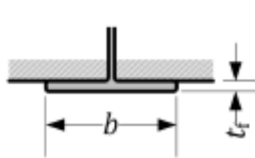
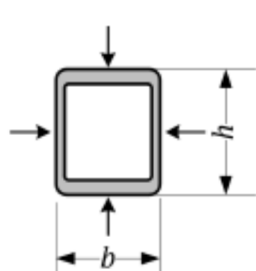


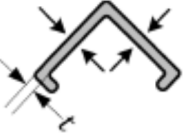
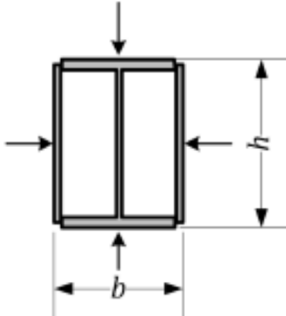
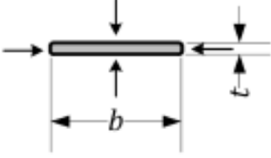
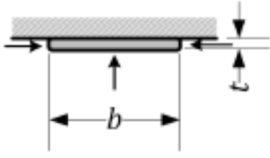
Рисунок 7.2 — Приклади канавок на поверхні шириною $< 20 \text{ мм}$, а також канавок на поверхні шириною $> 20 \text{ мм}$

Таблиця 7.1 — Коефіцієнт поперечного перерізу A_m/V для конструкційних алюмінієвих елементів без вогнезахисту у разі використання методу зосередженої маси

Відкритий переріз, що зазнає вогневого впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{p}{A}$ де p – периметр, а A – площа поперечного перерізу	Труба, що зазнає вогневого впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{1}{t}$
Відкритий переріз, що зазнає вогневого впливу з трьох боків:  $\frac{A_m}{A} = \frac{\text{площа поверхні, що зазнає вогневого впливу}}{\text{площа поперечного перерізу}}$ де A – площа поперечного перерізу	Порожнистий переріз (або зварна коробчаста конструкція однорідної товщини), що зазнає вогневого впливу з усіх боків:  Якщо $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$
Фланець таврового поперечного перерізу, що зазнає вогневого впливу з трьох боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t_f}{bt_f}$ Якщо $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$	Коробчастий переріз, що зазнає вогневого впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{A}$ де A – площа поперечного перерізу

Продовження таблиці 7.1

Кутик (або будь-який відкритий переріз однорідної товщини), що зазнає вогневого	Двотавровий переріз з коробчастим армуванням, що
--	---

впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{2}{t}$	зазнає вогневого впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{A}$ де A – площа поперечного перерізу
Плоский стрижень, що зазнає вогневого впливу з усіх боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+2t}{bt}$ Якщо $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{2}{t}$	Плоский стрижень, що зазнає вогневого впливу з трьох боків:  $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t}{bt}$ Якщо $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$

7.3.2 Внутрішні алюмінієві конструкції, теплоізовані вогнезахисним матеріалом

(1) Для рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі, підвищення температури $\Delta\theta_{al(t)}$ в теплоізованому елементі упродовж проміжку часу Δt рекомендовано визначати за формулами (7.13), (7.14):

$$\Delta\theta_{al(t)} = \frac{\lambda_p/d_p}{c_{al}\rho_{al}} \frac{A_p}{V} \left[\frac{1}{1+\varphi/3} \right] (\theta_{(t)} - \theta_{al(t)}) \Delta t - (e^{\varphi/10} - 1) \Delta\theta_{(t)} \quad (7.13)$$

в якій

$$\varphi = \frac{c_p \rho_p}{c_{al} \rho_{al}} d_p \frac{A_p}{V} \quad (7.14)$$

де

A_p/V — коефіцієнт поперечного перерізу для алюмінієвих елементів, теплоізованих вогнезахисним матеріалом (m^{-1});

$\theta_{(t)}$ — температура навколишнього газового середовища в момент часу t ($^{\circ}C$);

$\theta_{al(t)}$ — температура алюмінію в момент часу t ($^{\circ}C$);

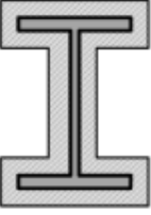
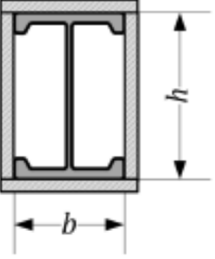
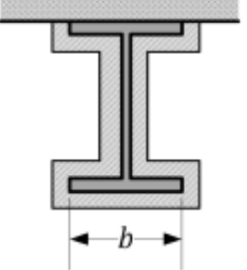
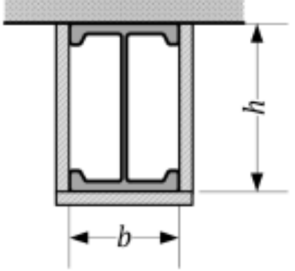
$\Delta\theta_{(t)}$ — підвищення температури навколишнього середовища упродовж проміжку часу Δt (°C).

(2) Величина Δt не має перевищувати 30 с.

(3) Величину коефіцієнта поперечного перерізу A_p/V для теплоізованих алюмінієвих елементів можна визначати, користуючись таблицею 7.2.

(4) Для більшості вогнезахисних матеріалів розраховане підвищення температури алюмінію $\Delta\theta_{al(t)}$ можна змінювати з метою урахування проміжку часу затримки підвищення температури алюмінію, коли вона досягає 100 °C.

Таблиця 7.2 — Коефіцієнт поперечного перерізу A_p/V для конструкційних алюмінієвих елементів, теплоізованих вогнезахисними матеріалами, у разі використання методу зосередженої маси

Ескіз	Опис	Коефіцієнт перерізу (A_p/V)
	Покриття контуру однорідної товщини, що зазнає вогневого впливу з чотирьох боків.	$\frac{p}{A}$ де p – периметр алюмінієвої конструкції, а A – площа поперечного перерізу алюмінієвої конструкції
	Порожнисте покриття (облицювання) однорідної товщини, що зазнає вогневого впливу з чотирьох боків.	$\frac{2(b+h)}{A}$ де A – площа поперечного перерізу алюмінієвої конструкції
	Покриття контуру однорідної товщини, що зазнає вогневого впливу з трьох боків.	$\frac{p-b}{A}$ де p – периметр алюмінієвої конструкції, а A – площа поперечного перерізу алюмінієвої конструкції
	Порожнисте покриття (облицювання) однорідної товщини, що зазнає вогневого впливу з трьох боків.	$\frac{2h+b}{A}$ де A – площа поперечного перерізу алюмінієвої конструкції

7.3.3 Внутрішні алюмінієві конструкції в порожнині, захищені тепловими екранами

(1) Положення 7.3.3 застосовні до:

– алюмінієвих елементів у просторі, огороженому перекриттям зверху і горизонтальним тепловим екраном знизу;

– алюмінієвих елементів у просторі, огороженому вертикальними тепловими екранами з обох боків.

(2) Для внутрішніх алюмінієвих конструкцій, захищених тепловими екранами, розрахунок підвищення температури алюмінію $\Delta\theta_{al}$ рекомендовано визначати методами, поданими в 7.3.1 або 7.3.2 у міру їх застосовності з урахуванням температури навколишнього газового середовища θ_t , яка дорівнює температурі газоподібних речовин у порожнині.

(3) Властивості та експлуатаційні параметри теплових екранів рекомендовано визначати, користуючись процедурою випробування, що відповідає EN 13381-1 або EN 13381-2 у міру їх застосовності.

(4) Підвищення температури навколо алюмінієвих будівельних конструкцій рекомендовано визначати стандартним вогневим випробуванням згідно з EN 13381-1 або EN 13381-2 у міру їх застосовності або розраховувати, користуючись затвердженим методом, вказаним відповідним органом, або, якщо його не вказано, узгодженим для відповідного проєкту методом.

(5) Значеннями коефіцієнтів тепловіддачі для конвекції та випромінювання (α_c та α_r , відповідно), визначеними випробуваннями згідно з EN 13381-1 або EN 13381-2 у міру їх застосовності, рекомендовано користуватися для розрахунку $\Delta\theta_{al}$ як альтернативами значенням, поданим в prEN 1991-1-2:2021.

7.3.4 Зовнішні алюмінієві конструкції

(1) Температуру зовнішніх алюмінієвих конструкцій рекомендовано визначати, беручи до уваги:

– щільність потоку теплового випромінювання від протипожежного відсіку;

– щільність потоку теплового випромінювання і щільність конвекційного теплового потоку від полум'я, що виходить з прорізів;

- втрати потоку теплового випромінювання і конвекційного теплового потоку від алюмінієвої конструкції до навколишнього середовища;

- геометричні розміри і місцезположення конструкційних елементів.

(2) Теплові екрани можна встановлювати на одному, двох або трьох боках зовнішньої алюмінієвої будівельної конструкції з метою її захисту від теплопередачі випромінюванням.

(3) Теплові екрани рекомендовано:

- прикріплювати безпосередньо до тих боків алюмінієвої будівельної конструкції, які передбачено захищати; або

- передбачати достатньо великими для повного екранування цих боків від потоку теплового випромінювання прогнозованої щільності.

(4) Теплові екрани мають бути негорючими і мають мати вогнестійкість не нижче ніж EI 30 згідно з EN 13501-2.

Примітка. Настанови щодо теплопередачі до зовнішніх конструкційних алюмінієвих елементів подано в додатку В.

(5) Температуру в зовнішніх алюмінієвих конструкціях, захищених тепловими екранами, рекомендовано визначати, як вказано в (1), виходячи з припущення про те, що теплопередача до боків, захищених тепловими екранами, не відбувається.

(6) Розрахунки можуть ґрунтуватися на стаціонарних умовах, що впливають зі стаціонарного теплового балансу.

Примітка 1. Настанови щодо методів подано в додатку В.

Примітка 2. Розрахунок згідно з додатком В може ґрунтуватися на моделі, поданій в prEN 1991-1-2:2021, яка описує умови під час пожежі в протипожежному відсіку, а також полум'я, що виходить з прорізів, на якій мають ґрунтуватися розрахунки щільності потоку теплового випромінювання і конвекційного потоку.

8 УТОЧНЕНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

8.1 Загальні положення

(1) Потрібно щоб уточнені методи розрахунку ґрунтувалися на фундаментальних фізичних закономірностях, застосовуючи рівняння локальної рівноваги, які виконуються в кожній точці конструкції.

Примітка. Виконують розрахунки, користуючись числовими моделями, які ґрунтуються на аналізуванні кінцевих елементів або інших відповідних сучасних процедурах. Розв'язання рівнянь, передбачених уточненим методом розрахунку, дає змогу визначити величини у великій кількості точок або вузлів, наприклад, температури в перерізі, зміщення вздовж будівельної конструкції.

(2) Будь-якій потенційній ознаці досягнення граничного стану, яка не охоплюється уточненим методом розрахунку (наприклад, недостатня здатність до повертання, локальний повздовжній згин, вихід з ладу з'єднання, руйнування зі зсувом), рекомендовано запобігати відповідними засобами.

(3) Уточнені методи розрахунку можуть передбачати користування розрахунковими моделями для визначення:

- підвищення і розподілу температури в конструкційних елементах (модель теплового реагування);
- механічної поведінки (роботи) конструкції або будь-якої її частини (модель механічного реагування).

(4) Уточненими методами розрахунку можна користуватися за наявності будь-яких теплових впливів, за умови що властивості матеріалу для відповідного температурного діапазону відомі.

(5) Уточненими методами розрахунку можна користуватися для будь-якого типу поперечного перерізу.

(6) Уточненими моделями розрахунку можна користуватися за наявності потреби в інформації щодо розвитку напруження і розтягу, деформацій та/або температурних полів.

8.2 Тепловий аналіз

(1) Потрібно щоб уточнені методи розрахунку для теплового реагування ґрунтувалися на визнаних принципах і припущеннях теорії теплопередачі.

(2) Потрібно щоб модель теплового реагування враховувала:

– відповідні теплові впливи, вказані в prEN 1991-1-2:2021;

– теплові властивості матеріалів, які залежать від температури (див. 5.2).

(3) За необхідності можна враховувати впливи нерівномірного теплового впливу і теплопередачі до суміжних конструкцій споруди.

(4) У разі застосування консервативного підходу, впливом вологовмісту та міграції вологи всередині вогнезахисного матеріалу можна нехтувати.

8.3 Механічний аналіз

(1) Потрібно щоб уточнені методи розрахунку для механічного аналізу ґрунтувалися на визнаних принципах і припущеннях теорії будівельної механіки.

(2) Потрібно щоб модель механічного реагування враховувала:

– температури матеріалу, розраховані згідно з 8.2;

– механічні властивості матеріалів, які залежать від температури (див. 5.3).

(3) Рекомендовано враховувати ефекти розтягів і напружень, спричинених тепловим впливом і зумовлених як підвищенням температури, так і перепадами температури.

(4) Механічне реагування, яке описує модель, має враховувати також:

– комбіновані ефекти механічних дій, неточності у геометричних параметрах і теплових впливах;

– нелінійні геометричні ефекти;

– нелінійне реагування матеріалу включно з впливом навантаження і розвантаження на жорсткість будівельних конструкцій.

(5) Метод розрахунку має враховувати сумісність усіх частин конструкції.

(6) Деформації, величини яких отримані розрахунковим методом, не мають призводити до досягнення граничного стану, зумовленого втратою надійного кріплення одного з елементів.

(7) За температури металу понад 170 °C, що має місце упродовж більше ніж 30 хв, рекомендовано враховувати належним чином перехідну теплову повзучість.

(8) Для аналізування відокремлених будівельних конструкцій рекомендовано приймати первинну синусоїдальну неточність форми з максимальною величиною $l/1000$ на середині довжини, якщо її не унормовано відповідними стандартами щодо виробів, де l – довжина елемента

8.4 Валідація уточнених методів розрахунку

(1) Верифікацію точності розрахункових моделей рекомендовано проводити на основі відповідних результатів випробувань.

Примітка. Результати розрахунків можуть стосуватися температур, деформацій і проміжків часу збереженості вогнестійкості.

(2) Рекомендовано перевіряти критично значимі параметри для гарантування відповідності моделі принципам ретельного інжинірингу аналізуванням чутливості.

Примітка. Критично важливими параметрами є, наприклад, довжина поздовжнього згину, геометричні розміри будівельних конструкцій та рівень навантаження.

ДОДАТОК А

(довідковий)

ВЛАСТИВОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ТА/АБО РЕЖИМІВ ВІДПУСКУ, НЕ ВНЕСЕНИХ В EN 1999-1-1

А.1 Користування цим довідковим додатком

(1) У цьому довідковому додатку подано додаткові до 5.3.1 настанови щодо властивостей алюмінієвих сплавів та/або режимів відпуску, не внесених в EN 1999-1-1:2023.

Примітка. Інформацію щодо вибору стосовно застосування цього довідкового додатка наведено в національному додатку. Якщо національний додаток не містить інформації щодо застосування цього національного додатка, то ним можна користуватися.

А.2 Сфера застосування і межі застосовності

(1) У цьому довідковому додатку наведено властивості алюмінієвих сплавів та/або режимів відпуску, які не вказано в EN 1999-1-1:2023; їх наведено в таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Коефіцієнт межі текучості, що відповідає 0,2 % відносної деформації, $k_{0,\theta}$, для алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для проміжку часу теплового впливу тривалістю 2 год

Сплав	Режим відпуску	Температура алюмінієвого сплаву, °C							
		20	100	150	200	250	300	350	550
EN AW-3003	O	1,00	1,00	0,90	0,79	0,64	0,46	0,38	0
EN AW-3003	H14	1,00	1,00	0,76	0,51	0,26	0,16	0,10	0
EN AW-3004	H38	1,00	1,00	0,88	0,46	0,25	0,16	0,10	0
EN AW-5005	H18	1,00	0,92	0,85	0,60	0,32	0,15	0,08	0
EN AW-5052	O	1,00	1,00	1,00	0,85	0,63	0,46	0,28	0
EN AW-5052	H38	1,00	0,98	0,80	0,44	0,24	0,16	0,10	0
EN AW-5154	O	1,00	1,00	0,96	0,92	0,70	0,50	0,30	0
EN AW-5154	H34	1,00	1,00	0,89	0,61	0,37	0,26	0,16	0
EN AW-5454	H32	1,00	1,00	0,92	0,78	0,36	0,23	0,14	0
EN AW-5086	O	1,00	1,00	0,96	0,91	0,70	0,46	0,30	0
EN AW-5086	H34	1,00	1,00	0,85	0,58	0,34	0,24	0,15	0
EN AW-6005	T5	1,00	0,93	0,81	0,66	0,42	0,23	0,11	0

(2) Як наближення, коефіцієнтами $k_{0,\theta}$ для сплаву EN AW-3003 можна користуватися для сплаву EN AW-3103.

Додаток В
(обов'язковий)
ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ДО ЗОВНІШНІХ КОНСТРУКЦІЙНИХ
АЛЮМІНІЄВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

В.1 Користування цим довідковим додатком

(1) У цьому довідковому додатку подано додаткові до 7.3.4 настанови щодо теплопередачі до зовнішніх алюмінієвих елементів.

Примітка. Інформацію щодо вибору стосовно застосування цього довідкового додатка наведено в національному додатку. Якщо національний додаток не містить інформації щодо застосування цього національного додатка, то ним можна користуватися.

В.2 Сфера застосування і межі застосовності

(1) У цьому довідковому додатку вважають, що протипожежний відсік обмежено тільки одним поверхом. Виходять з припущення, що всі вікна або інші подібні прорізи у протипожежному відсіку мають прямокутну форму.

В.3 Загальні правила

В.3.1 Основоволожні принципи

(1) Визначення температури в протипожежному відсіку, геометричних розмірів і температури полум'я, яке виходить з прорізів, а також параметрів теплообміну випромінюванням і конвекцією рекомендовано проводити згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021.

(2) Рекомендовано розрізняти елементи, не охоплені полум'ям, і елементи, охоплені ним, залежно від їх місцеположення відносно прорізів у стінах протипожежного відсіку.

(3) Елемент, не охоплений полум'ям, рекомендовано вважати таким, теплопередача випромінюванням до якого відбувається від усіх

прорізів на відповідному боці протипожежного відсіку, а також від полум'я, яке проходить крізь усі ці прорізи.

(4) Елемент, охоплений полум'ям, рекомендовано вважати таким, теплопередача конвекцією до якого відбувається від полум'я, яким його охоплено, і таким, теплопередача випромінюванням до якого відбувається від полум'я, яким його охоплено, а також від прорізу в конструкції протипожежного відсіку, крізь який це полум'я проходить. Теплопередачею випромінюванням від інших джерел полум'я та від інших прорізів можна нехтувати.

В.3.2 Загальноприйняті правила щодо геометричних розмірів

(1) Для цілей цього додатка рекомендовано користуватися прийнятими припущеннями щодо геометричних параметрів, показаними на рисунках В.1, В.2.

В.3.3 Тепловий баланс

(1) Для алюмінієвого елемента, не охопленого полум'ям, середню температуру T_m [K] рекомендовано визначати розв'язанням рівняння теплового балансу, описаним формулою (В.1):

$$\sigma T_m^4 + \alpha_c T_m = \sum I_z + \sum I_f + 293\alpha_c \quad (\text{В.1})$$

де

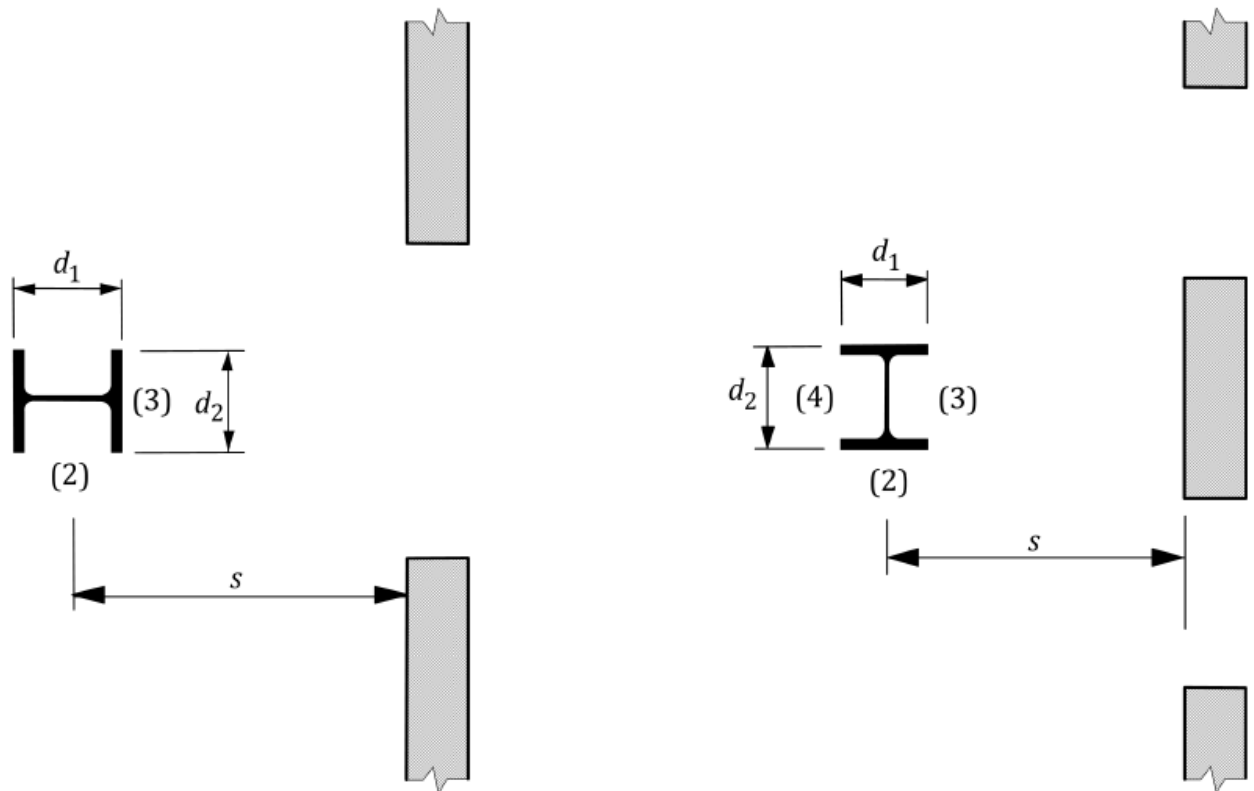
σ — константа Стефана – Больцмана [$56,7 \times 10^{-12}$ кВт/(м²·К⁴)];

α_c — коефіцієнт тепловіддачі конвекцією [кВт/м²·К];

I_z — щільність потоку теплового випромінювання від полум'я [кВт/м²] (див. (4));

(2) Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією рекомендовано приймати згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021 для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції” або “наявності механічної витяжної

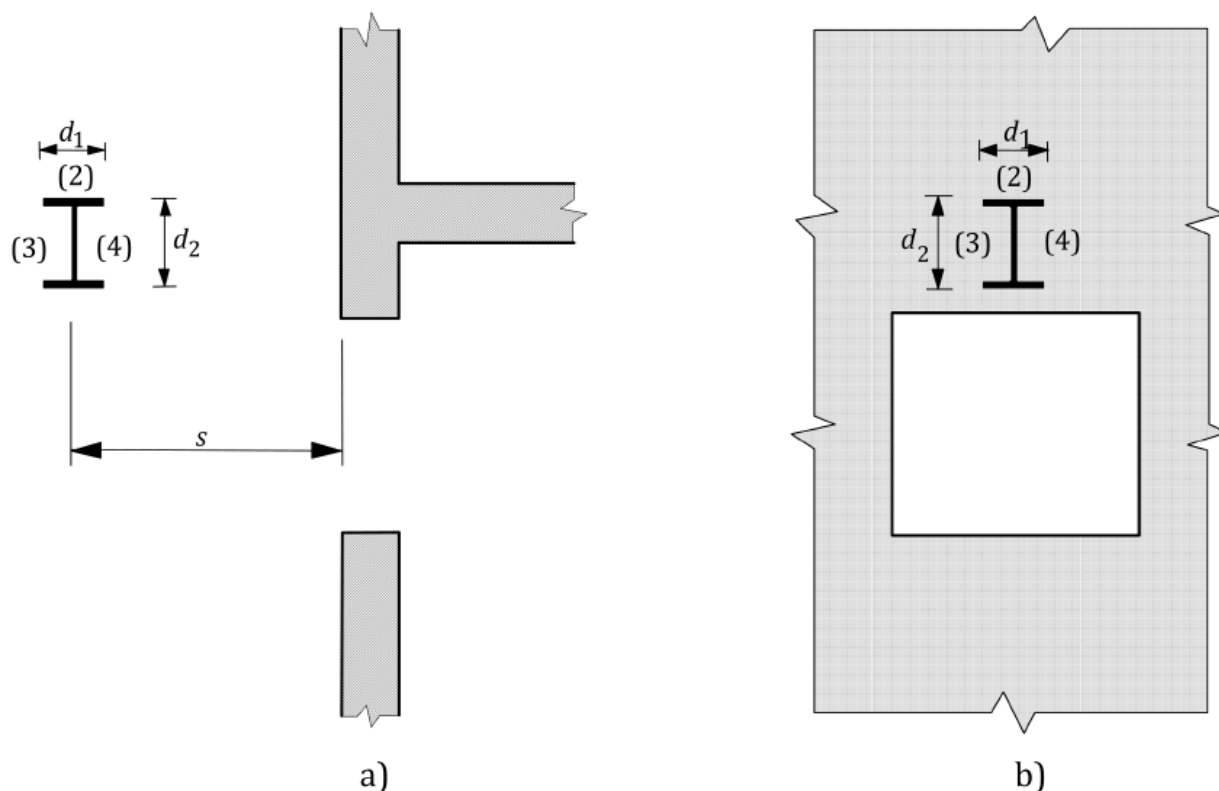
вентиляції” у міру їх застосовності, користуючись ефективним розміром поперечного перерізу $d_{eq} = (d_1 + d_2)/2$.



Умовні позначки:

- a) — колона, протилежна до прорізу (вид в плані)
- b) — колона між прорізами (вид в плані)

Рисунок В.1 — Геометричні розміри елемента та поверхонь (колони)



Умовні позначки:

а) — балка, паралельна до стіни (переріз)

б) — балка, перпендикулярна до стіни (переріз)

Рисунок В.2 — Геометричні розміри елемента та поверхонь (балки)

(3) Для алюмінієвого елемента, охопленого полум'ям, середню температуру T_m [K] рекомендовано визначати розв'язанням рівняння теплового балансу, яке описується формулою (В.2):

$$\sigma T_m^4 + \alpha_c T_m = I_z + I_f + \alpha_c T_z \quad (\text{В.2})$$

де

σ — константа Стефана – Больцмана [$56,7 \times 10^{-12}$ кВт/(м²·К⁴)]

α_c — коефіцієнт тепловіддачі конвекцією [кВт/м²·К];

I_z — щільність потоку теплового випромінювання від полум'я [кВт/м²] (див. (4));

I_f — щільність потоку теплового випромінювання від відповідного прорізу [кВт/м²] (див. (5));

T_z — температура полум'я [K].

(4) Щільність потоку теплового випромінювання від полум'я I_z рекомендовано визначати залежно від ситуації і типу елемента таким чином:

- колони, не охоплені полум'ям (див. В.4);
- балки, не охоплені полум'ям (див. В.5);
- колони, охоплені полум'ям (див. В.6);
- балки, частково або повністю охоплені полум'ям (див. В.7).

В інших випадках можна вчиняти аналогічним чином, приймаючи відповідні припущення в операціях, викладених в В.4 – В.7.

(5) Щільність потоку теплового випромінювання від прорізу I_f рекомендовано визначати за формулою (В.3):

$$I_f = \phi_f \varepsilon_f (1 - a_z) \sigma T_f^4 \quad (\text{В.3})$$

де

ϕ_f — результативний кутовий коефіцієнт елемента для теплопередачі випромінюванням від цього прорізу;

ε_f — коефіцієнт теплового випромінювання прорізу;

a_z — коефіцієнт теплового поглинання полум'я;

T_f — температура під час пожежі [K] згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021.

(6) Коефіцієнт теплового випромінювання ε_f прорізу рекомендовано приймати таким, що дорівнює одиниці (див. додаток В prEN 1991-1-2:2021).

(7) Коефіцієнт теплового поглинання a_z полум'я рекомендовано визначати згідно з В.4 – В.7 у міру їх застосовності.

В.3.4 Результивні кутові коефіцієнти

(1) Результивний кутовий коефіцієнт ϕ_f елемента для теплопередачі випромінюванням від прорізу рекомендовано визначати згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021.

(2) Кутовий коефіцієнт $\phi_{z,i}$ для поверхні елемента, з якої полум'я невидиме, рекомендовано приймати таким, що дорівнює нулю.

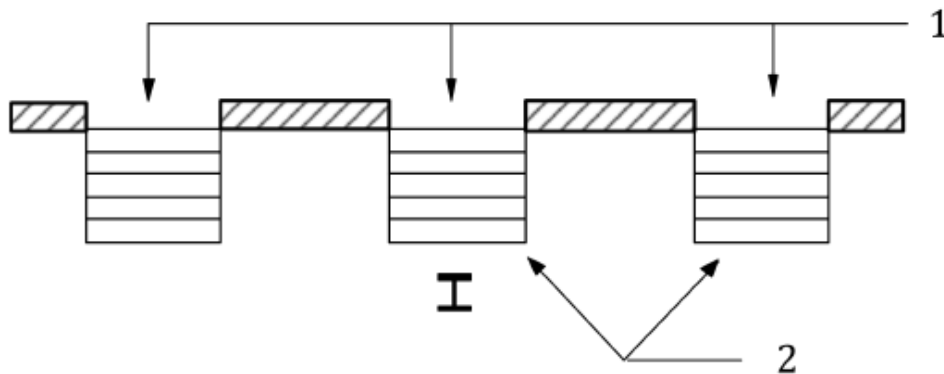
(3) Бік будівельної конструкції може бути захищеним тепловим екраном (див. 7.3.4). Бік елемента, що розташований в безпосередній близькості до стіни протипожежного відсіку, також можна вважати захищеним за умови відсутності прорізів у відповідній частині стіни. Решту боків елемента рекомендовано вважати незахищеними.

В.4 Колона, не охоплена полум'ям

В.4.1 Теплопередача випромінюванням

(1) Рекомендовано розрізняти колону, розташовану навпроти прорізу, і колону, розташовану між прорізами.

Примітка. Ілюстрації подано на рисунках В.3 – В.6.

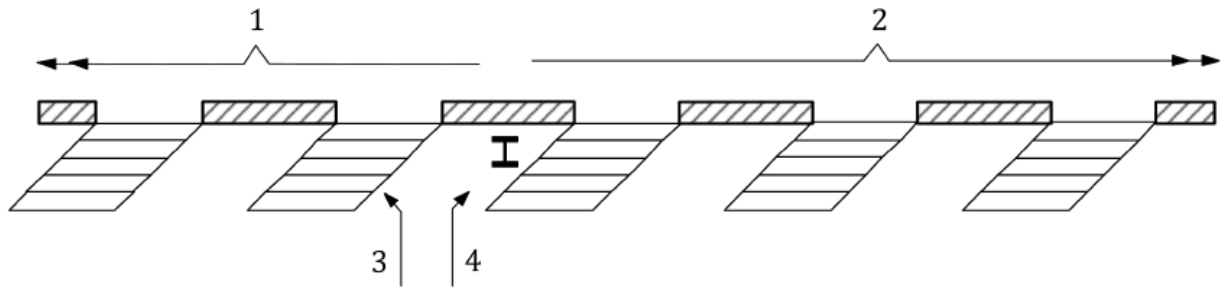


Умовні позначки:

1 — прорізи

2 — полум'я

Рисунок В.3 — Місцеположення колон, умови “відсутності витяжної механічної вентиляції”, колона, протилежна до прорізу



Умовні позначки:

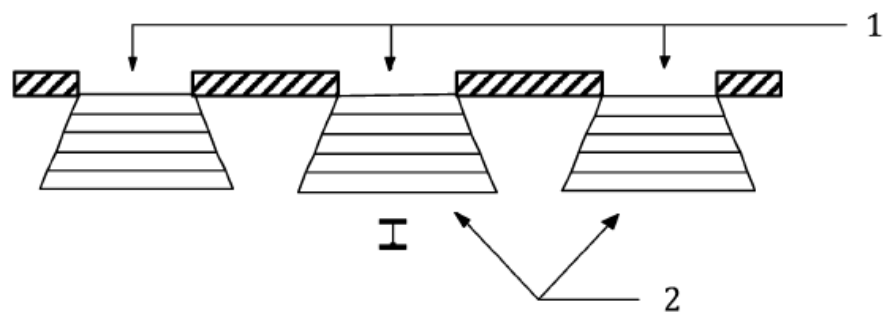
1 — прорізи m

2 — прорізи n

3 — полум'я на боці m

4 — полум'я на боці n

Рисунок В.4 — Місцеположення колон, умови «відсутності витяжної механічної вентиляції», колона між прорізами

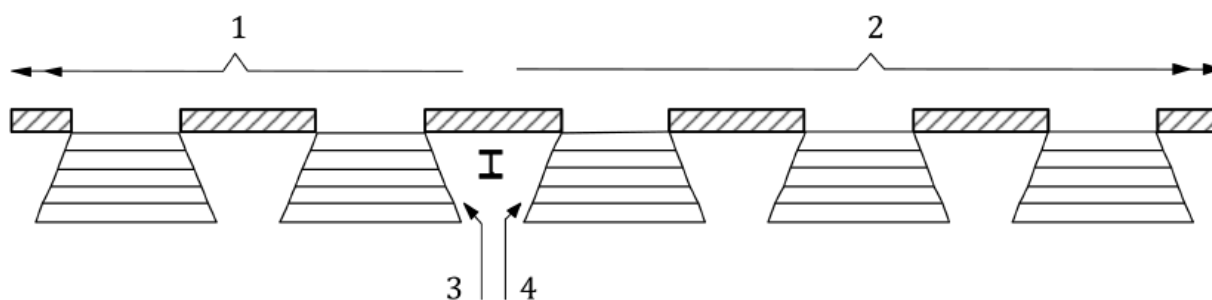


Умовні позначки:

1 — прорізи

2 — полум'я

Рисунок В.5 — Місцеположення колон, умови “наявності витяжної механічної вентиляції”, колона, протилежна прорізу



Умовні позначки:

1 — прорізи m

2 — прорізи n

3 — полум'я на боці m

4 — полум'я на боці n

Рисунок В.6 — Місцеположення колон, умови «наявності витяжної механічної вентиляції», колона між прорізами

(2) Якщо колону розміщено протилежно до прорізу, то щільність потоку теплового випромінювання I_z від полум'я рекомендовано визначати за формулою (В.4):

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{В.4})$$

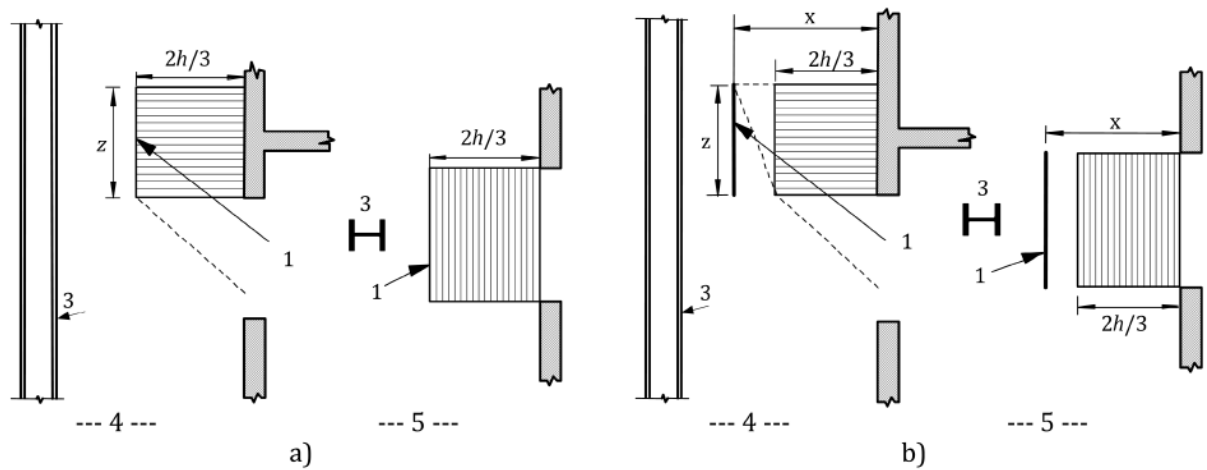
де

ϕ_z — результативний кутовий коефіцієнт колони для теплопередачі випромінюванням від полум'я (див. В.3.4);

ε_z — коефіцієнт теплового випромінювання полум'я (див. В.3.2);

T_z — температура полум'я [K] згідно з В.3.3.

Примітка. Ілюстрації подано на рисунках В.7, В.8.



Умовні позначки:

a) — стіна зверху та $h_{eq} < 1,25w_t$

b) — стіна зверху та $h_{eq} > 1,25w_t$

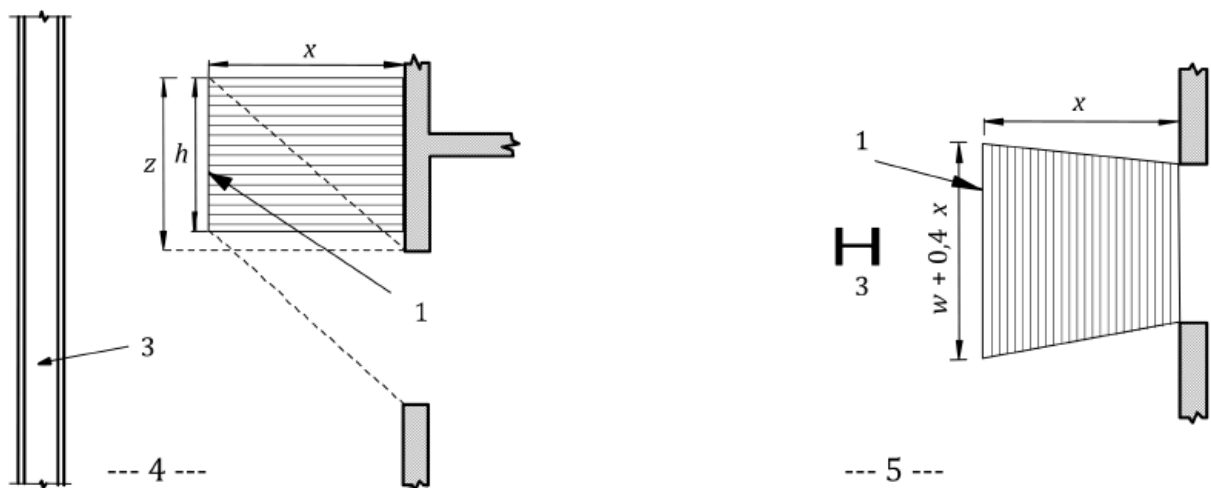
1 — еквівалентна сторона прямокутника

3 — колона

4 — переріз

5 — вид в плані

Рисунок В.7 — Колона, протилежна прорізу, умови “відсутності витяжної механічної вентиляції”



Умовні позначки:

1 — еквівалентна сторона прямокутника

3 — колона

4 — переріз

5 — вид в плані

Рисунок В.8 — Колона, протилежна прорізу, умови “наявності витяжної механічної вентиляції”

(3) Якщо колону розміщено між прорізами, то сумарну щільність потоку теплового випромінювання I_z від полум'я на кожному боці рекомендовано визначати за формулою (B.5):

$$I_z = (\phi_{z,m}\varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n}\varepsilon_{z,n})\sigma T_z^4 \quad (B.5)$$

де

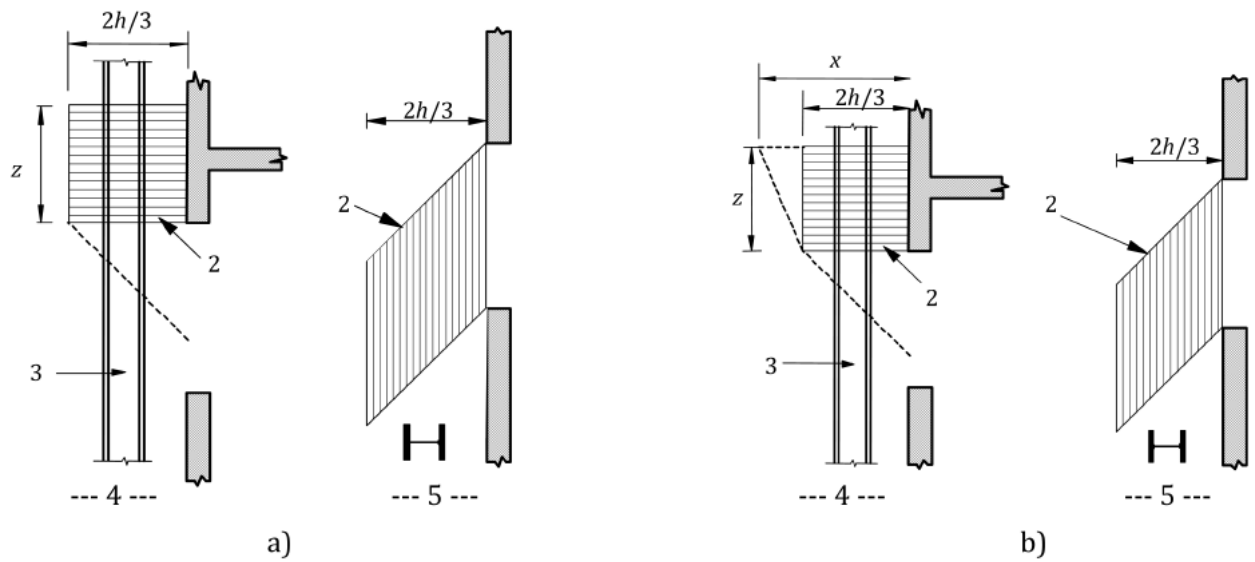
$\phi_{z,m}$ — результативний кутовий коефіцієнт колони для теплопередачі випромінюванням від полум'я на боці m (див. B.3.4);

$\phi_{z,n}$ — результативний кутовий коефіцієнт колони для теплопередачі випромінюванням від полум'я на боці n (див. B.3.4);

$\varepsilon_{z,m}$ — загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці m (див. B.4.2);

$\varepsilon_{z,n}$ — загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці n (див. B.4.2).

Примітка. Примітка. Ілюстрації подано на рисунках B.9, B.10



Умовні позначки:

a) — стіна зверху та $h_{eq} < 1,25w_t$

b) — стіна зверху та $h_{eq} > 1,25w_t$

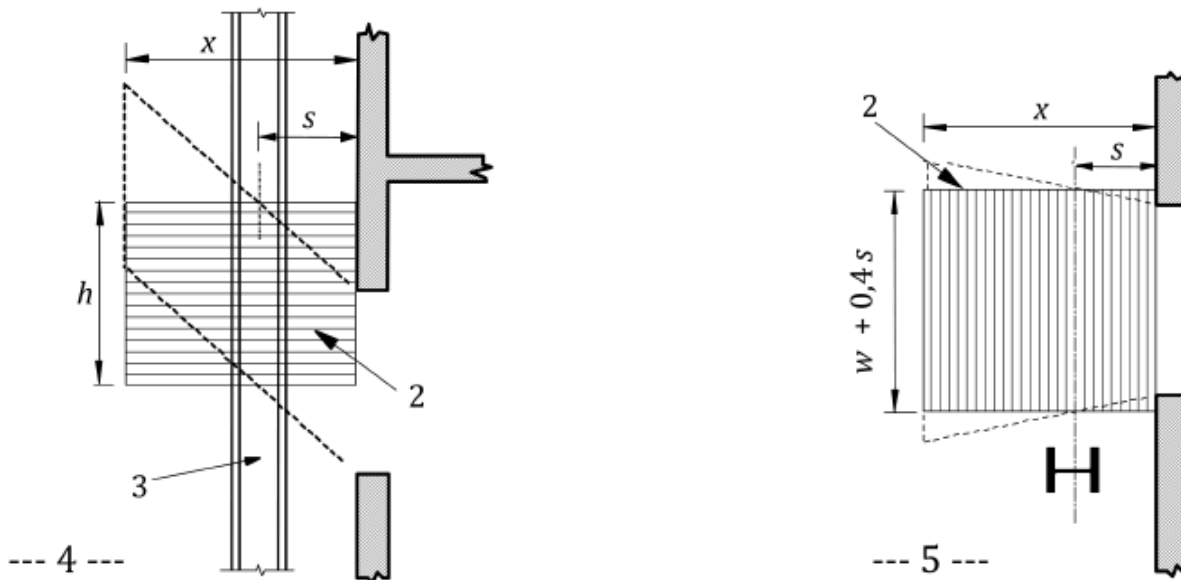
2 — еквівалентна сторона прямокутника

3 — колона

4 — переріз

5 — вид в плані

Рисунок В.9 — Колона між прорізами, умови “відсутності витяжної механічної вентиляції”



Умовні позначки:

- 2 — еквівалентна сторона прямокутника
- 3 — колона
- 4 — переріз
- 5 — вид в плані

Рисунок В.10 — Колона між прорізами, умови “наявності витяжної механічної вентиляції”

В.4.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум’я

(1) Якщо колону розміщено навпроти прорізу, то коефіцієнт теплового випромінювання полум’я ε_z рекомендовано визначати з формули для розрахунку ε , поданої в додатку В прEN 1991-1-2:2021, користуючись розміром найширшої частини полум’я d_f на рівні верху прорізів. За умови відсутності над прорізом навісу або балкона, значення d_f можна приймати таким, яке розраховане за формулами (В.6), (В.7):

— для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_f = 2h_{eq}/3 \quad (B.6)$$

— для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_f = L_H, \text{ але } d_f \leq h_{eq}/L_L \quad (B.7)$$

де

h_{eq} , L_H та L_L — значення, подані в додатку В prEN 1991-1-2:2021.

(2) Якщо колону розміщено між двома прорізами, то загальні коефіцієнти теплового випромінювання полум'я $\varepsilon_{z,m}$ та $\varepsilon_{z,n}$ на боках m та n рекомендовано визначати за формулою для розрахунку ε , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, користуючись величиною сумарного розміру найширшої частини полум'я d_f , визначеною за формулами (B.8), (B.9), (B10) та (B11):

$$\text{— для боку } m: d_f = \sum_{i=1}^m d_{f,i} \quad (B.8)$$

$$\text{— для боку } n: d_f = \sum_{i=1}^n d_{f,i} \quad (B.9)$$

де

m — кількість прорізів на боці m ;

n — кількість прорізів на боці n ;

$d_{f,i}$ — розмір найширшої частини полум'я для i -го прорізу.

(3) Розмір найширшої частини полум'я $d_{f,i}$ рекомендовано визначати таким чином:

— для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_{f,i} = w_{t,i}; \quad (B.10)$$

— для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_{f,i} = w_{t,i} + 0,4s \quad (B.11)$$

де

$w_{t,i}$ — ширина i -го прорізу;

s — відстань за горизонталлю від центральної лінії колони до стіни протипожежного відсіку (див. рисунки В.1, В.2).

В.4.3 Температура полум'я

(1) За температуру полум'я T_z рекомендовано приймати температуру на осі полум'я, визначену за формулою для розрахунку T_z , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, для умов «відсутності механічної витяжної вентиляції» або “наявності механічної витяжної

вентиляції” у міру їх застосовності, на відстані L_x від прорізу, виміряній вздовж осі полум’я, за формулами (В.12), (В.13), (В.14):

– для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$L_x = h_{eq}/2 \quad (В.12)$$

– для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

$$\text{– для колони, розміщеної навпроти прорізу: } L_x = 0 \quad (В.13)$$

– для колони, розміщеної між прорізами, L_x відповідає відстані вздовж осі полум’я до точки, розташованої на відстані s за горизонталлю від стіни протипожежного відсіку

За умови відсутності над прорізом навісу або балкона:

$$L_x = sL_F/L_H \quad (В.14)$$

де

L_F та L_H — значення, подані в додатку В прEN 1991-1-2:2021.

В.4.4 Коефіцієнт теплового поглинання полум’я

(1) Для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції” коефіцієнт теплового поглинання полум’я a_z рекомендовано приймати таким, що дорівнює нулю.

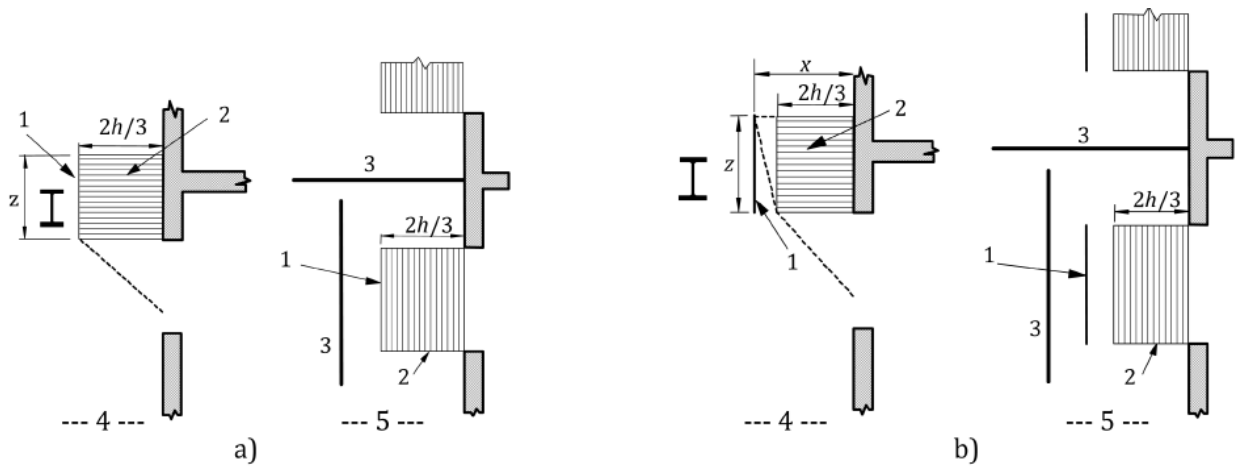
(2) Для умов «наявності механічної витяжної вентиляції» коефіцієнт теплового поглинання полум’я a_z рекомендовано приймати таким, що дорівнює коефіцієнту теплового випромінювання ε_z відповідного полум’я (див. В.3.2).

В.5 Балка, не охоплена полум’ям

В.5.1 Теплопередача випромінюванням

(1) У В.5 вважається, що рівень нижньої межі балки розташований не нижче за рівень верху прорізів у протипожежному відсіку.

Примітка. Ілюстрації подано на рисунках В.11, В.12.



Умовні позначки:

a) — стіна зверху та $h_{eq} < 1,25w_t$

b) — стіна зверху та $h_{eq} > 1,25w_t$

1 — еквівалентний фронтальний прямокутник

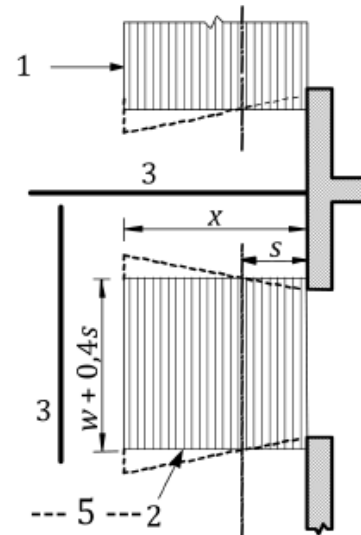
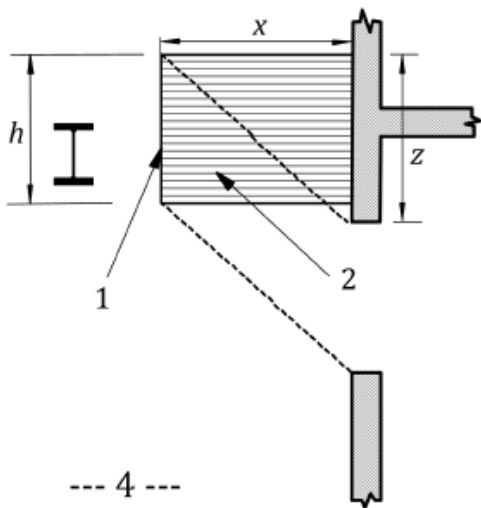
2 — еквівалентна сторона прямокутника

3 — балка

4 — переріз

5 — вид в плані

Рисунок В.11 — Балка, не охоплена полум'ям, умови “відсутності витяжної механічної вентиляції”



Умовні позначки:

- 1 — еквівалентний фронтальний прямокутник
- 2 — еквівалентна сторона прямокутника
- 3 — балка
- 4 — переріз
- 5 — вид в плані

Рисунок В.12 — Балка, не охоплена полум'ям, умови “наявності витяжної механічної вентиляції”

(2) Слід розрізняти балку, паралельну до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, і балку, перпендикулярну до цієї стіни (див. рисунки В.11, В.12).

(3) Якщо балка паралельна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середню температуру алюмінієвого елемента T_m рекомендовано визначати для точки, розташованої за довжиною балки, безпосередньо над центром прорізу. Для цього випадку щільність потоку теплового випромінювання рекомендовано визначати за формулою (В.15):

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{В.15})$$

де

ϕ_z — результативний кутовий коефіцієнт для полум'я на ділянці, розташованій безпосередньо навпроти балки (див. В.3.4);

ε_z — теплового випромінювання полум'я (див. В.5.2);

T_z — температура, визначена згідно з В.5.3 [K].

(4) Якщо балка перпендикулярна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середню температуру в балці рекомендовано визначати в ряді точок, розташованих на відстані 100 мм одна від одної за довжиною балки. В такому разі за середню температуру алюмінієвої балки T_m рекомендовано приймати максимальне з цих значень. У цьому випадку щільність потоку теплового випромінювання I_z від полум'я слід визначати за формулою (В.16):

$$I_z = (\phi_{z,m}\varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n}\varepsilon_{z,n})\sigma T_z^4 \quad (\text{В.16})$$

де

$\phi_{z,m}$ — результативний кутовий коефіцієнт балки для теплопередачі випромінюванням від полум'я на боці m (див. В.5.2);

$\phi_{z,n}$ — результативний кутовий коефіцієнт балки для теплопередачі випромінюванням від полум'я на боці n (див. В.5.2);

$\varepsilon_{z,m}$ — загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці m (див. В.5.3);

$\varepsilon_{z,n}$ — загальний коефіцієнт теплового випромінювання полум'я на боці n (див. В.5.3);

T_z — температура полум'я [K] (див. В.5.4).

В.5.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я

(1) Якщо балка паралельна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку і розташована над прорізом, то коефіцієнт теплового випромінювання полум'я ε_z рекомендовано визначати за формулою для розрахунку ε , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, користуючись розміром найширшої частини полум'я d_f на рівні верху прорізів. За умови відсутності над прорізом навісу або балкона,

значення d_f можна приймати таким, яке розраховане за формулами (B.17), (B.18):

– для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_f = 2h_{eq}/3 \quad (B.17)$$

– для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_f = L_H, \text{ але } d_f \leq h_{eq}L_H/L_L \quad (B.18)$$

де

h_{eq} , L_H та L_L – значення, подані в додатку В prEN 1991-1-2:2021.

(2) Якщо балка перпендикулярна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку і розташована між двома прорізами, то загальні коефіцієнти теплового випромінювання $\varepsilon_{z,m}$ та $\varepsilon_{z,n}$ полум'я на боках m та n рекомендовано визначати за формулою для розрахунку ε , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, користуючись розміром найширшої частини полум'я d_f , розрахованим за формулами (B.19), (B.20):

$$\text{– для боку } m: d_f = \sum_{i=1}^m d_{f,i} \quad (B.19)$$

$$\text{– для боку } n: d_f = \sum_{i=1}^n d_{f,i} \quad (B.20)$$

де

m — кількість прорізів на боці m ;

n — кількість прорізів на боці n ;

$d_{f,i}$ — розмір найширшої частини полум'я для i -го прорізу.

(3) Розмір найширшої частини полум'я $d_{f,i}$ рекомендовано приймати таким, який визначено за формулами (B.21), (B.22):

– для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_{f,i} = w_{f,i} \quad (B.21)$$

– для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

$$d_{f,i} = w_{f,i} + 0,4s \quad (B.22)$$

де

$w_{t,i}$ — ширина i -го прорізу;

s — відстань за горизонталлю від стіни протипожежного відсіку до відповідної точки на балці (див. рисунки В.11, В.12).

В.5.3 Температура полум'я

(1) За температуру полум'я T_z рекомендовано приймати температуру на осі полум'я, визначену за формулою для розрахунку T_z , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції” або “наявності механічної витяжної вентиляції” у міру їх застосовності, на відстані L_x від прорізу, виміряній вздовж осі полум'я, за формулами (В.23), (В.24), (В.25):

– для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$L_x = h_{eq}/2 \quad (В.23)$$

– для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

– для балки, паралельної до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, розташованої над прорізом:

$$L_z = 0 \quad (В.24)$$

– для балки, перпендикулярної до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, розташованої між прорізами, L_x відповідає відстані вздовж осі полум'я до точки, розташованої на відстані s за горизонталлю від стіни протипожежного відсіку. За умови відсутності над прорізом навісу або балкона.

$$L_x = sL_F/L_H \quad (В.25)$$

де

L_F та L_H — значення, подані в додатку В prEN 1991-1-2:2021.

В.5.4 Коефіцієнт теплового поглинання полум'я

(1) Для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції” коефіцієнт теплового поглинання полум'я α_z рекомендовано приймати таким, що дорівнює нулю.

(2) Для умов “наявності механічної витяжної вентиляції” коефіцієнт теплового поглинання полум’я a_z рекомендовано приймати таким, що дорівнює коефіцієнту теплового випромінювання ε_z відповідного полум’я (див. В.4.2).

В.6 Колона, охоплена полум’ям

(1) Щільність потоку теплового випромінювання I_z від полум’я рекомендовано визначати за формулою (В.26):

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2} \quad (\text{В. 26})$$

в якій

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_z^4$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_z^4$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma T_o^4$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma T_z^4$$

де

$I_{z,i}$ — щільність потоку теплового випромінювання від полум’я, що падає на i -й бік колони;

$\varepsilon_{z,i}$ — коефіцієнт теплового випромінювання для i -го боку колони;

i — індекс боку колони для боків 1, 2, 3 або 4;

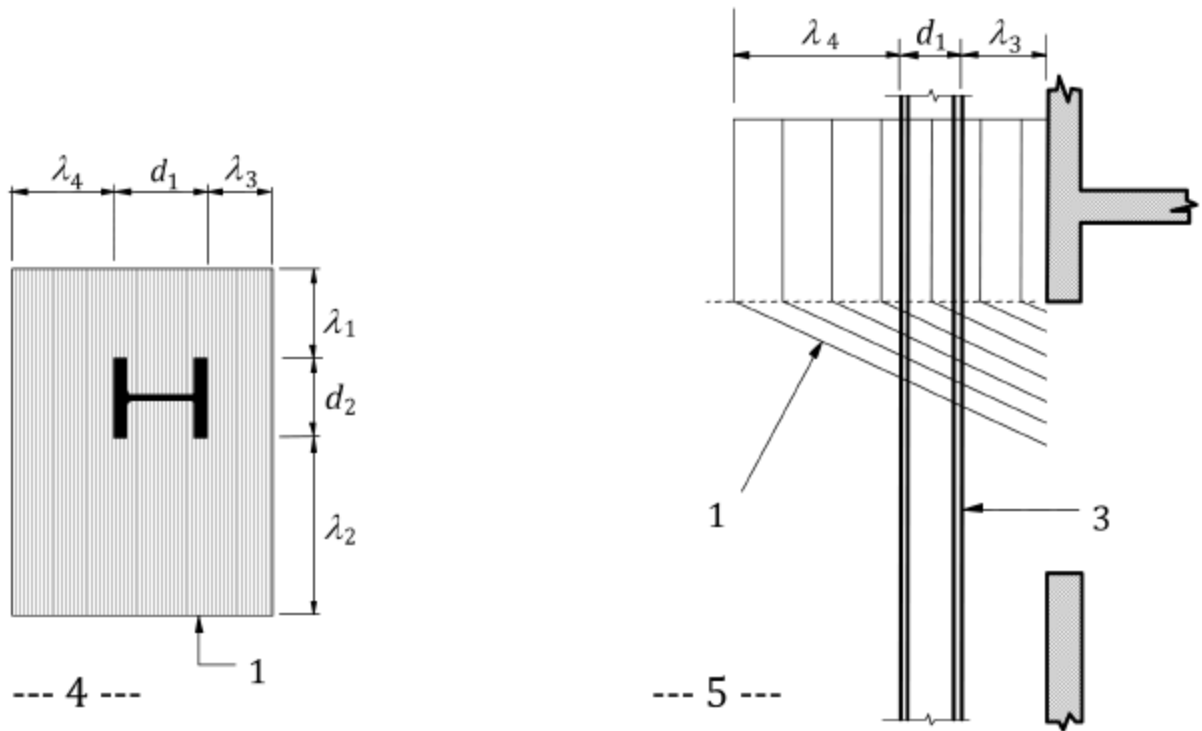
C_i — коефіцієнт захищеності i -го боку елемента (див. В.3.4);

T_z — температура полум’я [K];

T_o — температура полум’я в прорізі, [K], згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021.

(2) Коефіцієнт чорноти полум’я $\varepsilon_{z,i}$ для кожного з боків 1, 2, 3 і 4 колони рекомендовано визначати за формулою для розрахунку ε , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, користуючись розміром

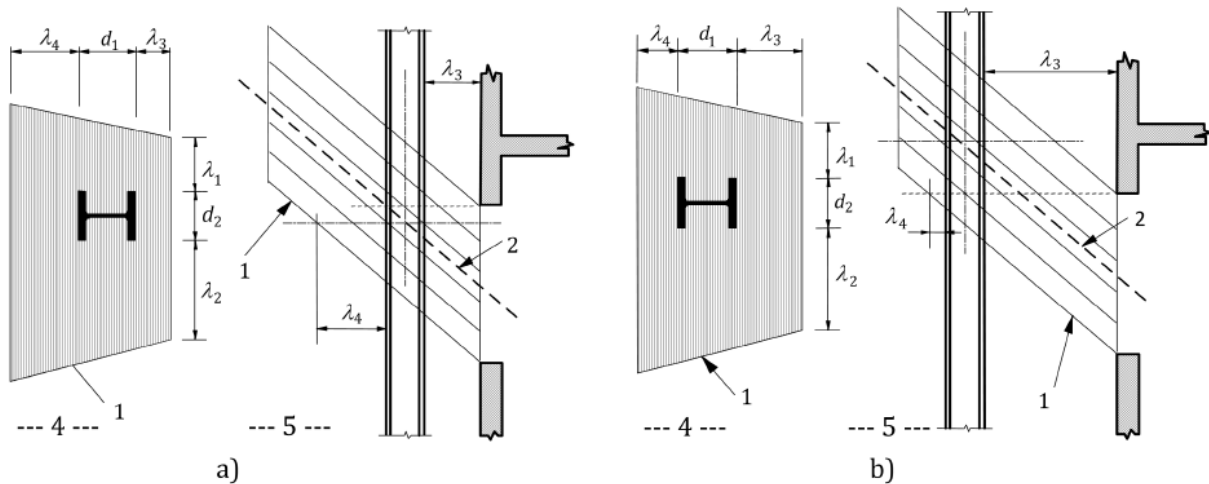
найширшої частини полум'я d_f , який відповідає розміру $d_{f,i}$, показаному на рисунках В.13, В.14 для i -го боку колони.



Умовні позначки:

- 1 — полум'я
- 2 — вісь полум'я
- 3 — колона
- 4 — вид в плані
- 5 — переріз

Рисунок В.13 – Колона, охоплена полум'ям, умови “відсутності механічної витяжної вентиляції”



Умовні позначки:

- a) Вісь полум'я перетинає вісь колони нижче верха прорізу
- b) Вісь полум'я перетинає вісь колони вище верха прорізу
- 1 — полум'я
- 2 — вісь полум'я
- 3 — колона
- 4 — вид в плані
- 5 — переріз

Рисунок В.14 – Колона, охоплена полум'ям, умови “наявності механічної витяжної вентиляції”

(3) Для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”, слід користуватися значеннями $d_{f,1}$ на рівні верху прорізу (див. рисунок В.13).

(4) Для умов “наявності механічної витяжної вентиляції”:

а) якщо рівень точки перетину осі полум'я і центральної лінії колони розташований нижче рівня верху прорізу, то рекомендовано користуватися значеннями $d_{f,i}$ для рівня точки перетину, вказаними на рисунку В.14 1);

б) в іншому разі рекомендовано користуватися значеннями $d_{f,i}$ для рівня верху прорізу, вказаними на рисунку В.14 2), з таким винятком: якщо на цьому рівні $d_{f,4} < 0$, то рекомендовано користуватися значеннями для рівня, на якому $d_{f,4} = 0$.

(5) За температуру полум'я T_z рекомендовано приймати температуру на осі полум'я, визначену за формулою для розрахунку T_z , наведеною в додатку В prEN 1991-1-2:2021, для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції” або “наявності механічної витяжної вентиляції” у міру їх застосовності, на відстані L_x від прорізу, виміряній вздовж осі полум'я, за формулами (В.27), (В.28):

– для умов “відсутності механічної витяжної вентиляції”:

$$L_x = h_{eq}/2 \quad (В.27)$$

де

h_{eq} , L_F , L_H та L_L значення, подані в додатку В prEN 1991-1-2:2021.

(6) Коефіцієнт теплового поглинання a_z полум'я рекомендовано визначати за формулою (В.29):

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} \quad (В.29)$$

де

$\varepsilon_{z,1}$, $\varepsilon_{z,2}$ та $\varepsilon_{z,3}$ коефіцієнти чорноти полум'я для боків колони 1, 2, 3.

В.7 Балка, повністю або частково охоплена полум'ям

В.7.1 Теплопередача випромінюванням

В.7.1.1 Загальні положення

(1) У В.7 вважається, що рівень нижньої межі балки розташований не нижче за рівень верху прорізів у протипожежному відсіку.

(2) Рекомендовано розрізняти балку, паралельну до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, і балку, перпендикулярну до цієї стіни (див. рисунки В.15, В.16).

(3) Якщо балка паралельна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то її середню температуру T_m рекомендовано визначати для

точки, розташованої за довжиною балки, безпосередньо над центром прорізу.

(4) Якщо балка перпендикулярна до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середню температуру в балці рекомендовано визначати в ряді точок, розташованих на відстані 100 мм одна від одної за довжиною балки. В такому разі за середню температуру алюмінієвої балки T_m рекомендовано приймати максимальне з цих значень.

(5) Щільність потоку теплового випромінювання I_z від полум'я рекомендовано визначати за формулою (B.30):

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2} \quad (\text{B.30})$$

де

$I_{z,i}$ — щільність потоку теплового випромінювання від полум'я до i -го боку балки;

i — індекс боку балки для боків 1, 2, 3 або 4.

B.7.1.2 Умови “відсутності витяжної механічної вентиляції”

(1) Для умов «відсутності витяжної механічної вентиляції», рекомендовано розрізняти випадки, коли верхня частина полум'я знаходиться вище верхнього краю балки, і випадки, коли вона знаходиться нижче цього краю.

(2) Якщо верхня частина полум'я знаходиться вище верхнього краю балки, то слід застосовувати формули (B.31), (B.32), (B.33), (B.34):

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.31})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.32})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.33})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.34})$$

де

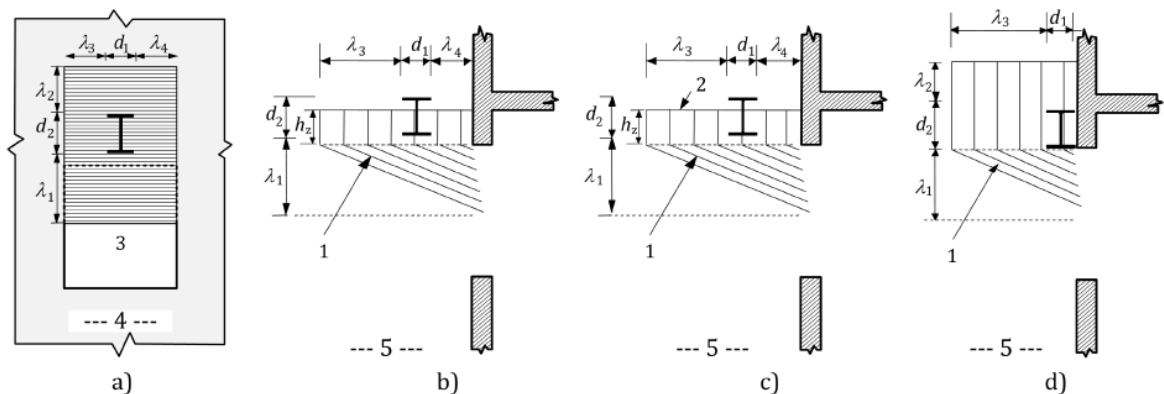
$\varepsilon_{z,i}$ — коефіцієнт чорноти полум'я щодо i -го боку балки (див. В.6.2);

T_o — температура в прорізі, подана в [K], згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021;

$T_{z,1}$ — температура полум'я, подана в [K], згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021, в нижньому краї балки;

$T_{z,2}$ — температура полум'я, подана в [K], згідно з додатком В prEN 1991-1-2:2021, в верхній частині балки.

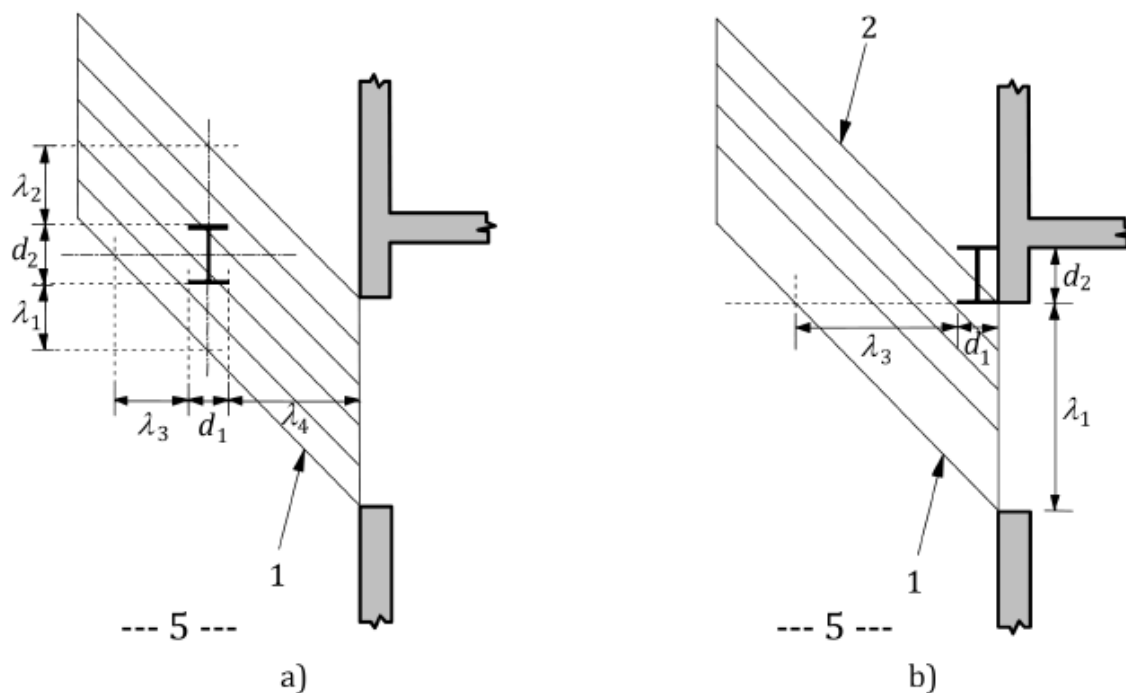
(3) У випадку балки, паралельної до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, C_4 можна приймати таким, що дорівнює нулю, за умови що балка безпосередньо прилягає до стіни (див. рисунки В.15, В.16).



Умовні позначки:

- a) — балка, перпендикулярна до стіни
- b) — балка, паралельна до стіни
- c) — верхня частина полум'я під верхнім краєм балки
- d) — балка безпосередньо біля стіни
- 1 — полум'я
- 2 — верхня частина полум'я
- 3 — проріз
- 4 — вертикальна проекція
- 5 — переріз

Рисунок В.15 — Балка, охоплена полум'ям, умови “відсутності механічної витяжної вентиляції”



Умовні позначки:

а) — балка, віддалена від стіни

b) — балка безпосередньо біля стіни

1 — полум'я

2 — верхня частина полум'я

3 — проріз

4 — вертикальна проекція

5 — переріз

Рисунок В.16 — Балка, охоплена полум'ям, умови «наявності механічної витяжної вентиляції»

(4) Якщо верхня частина полум'я розташована нижче за рівень верхнього краю балки, то рекомендовано застосовувати формули (B.35), (B.36), (B.37), (B.38):

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_0^4 \quad (\text{B.35})$$

$$I_{z,2} = 0 \quad (\text{B.36})$$

$$I_{z,3} = (h_z/d_2)C_3\varepsilon_{z,3}\sigma(T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.37})$$

$$I_{z,4} = (h_z/d_2)C_4\varepsilon_{z,4}\sigma(T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.38})$$

де

T_x — температура в верхній частині полум'я [813 K];

h_z — висота розташування верхньої частини полум'я відносно нижньої поверхні балки.

В.7.1.3 Умови “наявності витяжної механічної вентиляції”

(1) Для умов «наявності механічної витяжної вентиляції»², у випадку балок, паралельних до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, рекомендовано розрізняти балки, які безпосередньо прилягають до стіни, і балки, які не прилягають до неї безпосередньо.

Примітка. Ілюстрації подано на рисунках В.15, В.16.

(2) Для балки, яка паралельна до стіни, але не прилягає до неї безпосередньо, або для балки, перпендикулярної до стіни, рекомендовано застосовувати формули (В.39), (В.40), (В.41), (В.42):

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{В.39})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{В.40})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{В.41})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{В.42})$$

(3) Якщо балка паралельна до стіни і прилягає до неї безпосередньо, то таким, який повністю охоплено полум'ям, рекомендовано вважати тільки нижній бік балки, а один бік і верх рекомендовано вважати такими, які зазнають впливу теплопередачі випромінюванням від верхньої межі полум'я (див. рисунок В.16 2). Тому застосовні формули (В.43), (В.44), (В.45), (В.46):

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{В.43})$$

$$I_{z,2} = \phi_{z,2} C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{В.44})$$

$$I_{z,3} = \phi_{z,3} C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{В.45})$$

$$I_{z,4} = 0 \quad (\text{В.46})$$

де

$\phi_{z,i}$ — кутовий коефіцієнт щодо верхньої межі полум'я для i -го боку балки згідно з додатком G prEN 1991-1-2:2021.

В.7.2 Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я

(1) Коефіцієнт теплового випромінювання полум'я $\varepsilon_{z,i}$ для кожного з боків 1, 2, 3, 4 балки рекомендовано визначати за формулою для розрахунку ε , поданою в додатку В prEN 1991-1-2:2021, користуючись розміром найширшої частини полум'я d_f , який дорівнює розміру $d_{f,i}$, вказаному на рисунках В.15, В.16, що відповідає i -му боку балки.

В.7.3 Коефіцієнт теплового поглинання полум'я

(1) Коефіцієнт теплового поглинання полум'я a_z слід визначати за формулою (В.47):

$$a_z = 1 - e^{0,3h_{eq}} \quad (\text{В.47})$$

де

h_{eq} — висота прорізу (див. рисунок В.16) (висоту позначено як $d_{f,1}$).

БІБЛІОГРАФІЯ

Цю Бібліографію поділено на дві частини:

- Документи, посилання на які подано в пунктах з рекомендаціями (тобто через пункти «рекомендовано»);
- Документи, посилання на які подано для інформації (тобто, через пункти «має можливість»).

Документи, посилання на які подано в пунктах з рекомендаціями (тобто через пункти «рекомендовано»)

Посилання на названі нижче документи подано в тексті так, що частина або всі їхні положення, хоча й не є вимогами, яких потрібно суворо дотримуватися, являють собою настійно рекомендовані варіанти вибору або способи дій відповідно до цього стандарту. Залежно від національних нормативних документів та/або положень контракту, можна користуватися/приймати альтернативні стандарти, якщо це технічно виправдано. У разі датованих посилань застосовують тільки вказане видання. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання стандарту, на який подано посилання (зі змінами).

EN 1991-1-1 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings

EN 13381-1 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 1: Horizontal protective membranes

EN 13381-2 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 2: Vertical protective membranes

EN 13501-2 Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1991-1-1 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна маса, експлуатаційні навантаження для споруд

EN 13381-1 Методи випробування для визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 1. Горизонтальні вогнезахисні екрани

EN 13381-2 Методи випробування для визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 2. Вертикальні вогнезахисні екрани

EN 13501-2 Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 2. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість, крім складників вентиляційних систем

Документи, посилання на які подано для інформації (тобто, через пункти «має можливість»)

EN 485-2 Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 2: Mechanical properties

EN 755-2 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles – Part 2: Mechanical properties

EN 1090-3 Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 485-2 Алюміній та алюмінієві сплави. Листи, стрічки та плити. Частина 2. Механічні властивості

EN 755-2 Алюміній та алюмінієві сплави. Пресований прут, труби та профілі. Частина 2. Механічні властивості

EN 1090-3 Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 3. Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій

ДОДАТОК НА

(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ, ІДЕНТИЧНИХ
ЄВРОПЕЙСЬКИМ СТАНДАРТАМ, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В ЦЬОМУ
СТАНДАРТІ**

1. ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод. Основи проектування
конструкцій (EN 1990:2002, IDT)

Код згідно з НК 004: 13.220.50; 91.010.030; 91.080.17

Ключові слова: вогнестійкість, критична температура алюмінію, температурні деформації, конструктивна система, протипожежна стіна, стандартний температурний режим, пожежна безпека.

Генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
заслужений діяч науки і техніки України,
член-кореспондент НАНУ, д.т.н., проф.

О. В. Шимановський

Заступник генерального директора з
науково-технічної політики,
заступник голови ТК 301

В. П. Адріанов

Завідувач відділу науково-технічного
розвитку
(науковий керівник розробки)

О. І. Кордун

Завідувач групи

Я. В. Лимар

Провідний редактор-перекладач

В. П. Гаврилова