



**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

**ЄВРОКОД 9. ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість**

**(EN 1999-1-2:2007, IDT)**

**ДСТУ-Н EN 1999-1-2: 2010**

**Видання офіційне**

**Київ**  
**Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства**  
**України**  
**2011**

## ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: Бакін П.І.; Поклонський В.Г., канд. техн. наук (науковий керівник); Расюк Р.В.; Тарасюк В.Г., канд. техн. наук; Фесенко О.А. (Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»); Нефедченко Л.М.; Новак С.В., канд. техн. наук; Харченко І.О., канд. техн. наук (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України); Круковський П.Г., доктор техн. наук (Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України); Некора О.В., канд. техн. наук; Поздєєв С.В., канд. техн. наук (Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля МНС України); Фомін С.Л., доктор техн. наук (Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури); Гладишко О.О.; Євсеєнко О.О.; Мусійчук С.В.; Сокол В.Г. (Державний департамент пожежної безпеки МНС України); Демчина Б.Г., доктор техн. наук; Шналь Т.М., канд. техн. наук (Національний університет «Львівська політехніка»)

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Мінрегіонбуду України від 27.12.2010 р. № 549 з 01.07.2013

3 Національний стандарт відповідає EN 1999-1-2:2002 Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-2: Structural fire design (Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій – Частина 1-2: Розрахунок конструкцій на вогнестійкість) з технічною поправкою EN 1999-1-2:2007/AC:2009

Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

**Цей стандарт видано з дозволу CEN**

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей документ належить державі.

Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

© Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2011

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1999-1-2:2002 Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1-2: Structural fire design (Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій – Частина 1-2: Розрахунок конструкцій на вогнестійкість) з технічною поправкою EN 1999-1-2:2007/AC:2009.

EN 1999-1-2:2007 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріатом якого керує BSI.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1991-1-2:2002, IDT), викладена українською мовою.

Відповідно до ДБН А.1.1-1-2009 «Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення» цей стандарт відноситься до комплексу В.2.6 «Конструкції будинків і споруд».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

Науково-технічна організація, відповідальна за цей стандарт – ДП НДІБК.

До цього стандарту внесено такі редакційні зміни:

- структурні елементи стандарту: «Обкладинка», «Титульна аркуш», «Передмова», «Національний вступ», «Зміст» – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- крапку замінено на кому як вказівник десяткових знаків.

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1999-1-2:2007, разом з технічною поправкою, наведено в додатку НА.

Копії європейських стандартів, неприйнятих як національні стандарти, на які є посилання в EN 1999-1-2:2007, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ»

Технічна поправка EN 1999-1-2:2007/AC:2009 до EN 1999-1-2:2007 наведена в кінці ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 після додатку НА.

## ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	VI
Основи програми Єврокодів.....	1
Статус та сфера застосування Єврокодів.....	2
Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди.....	3
Зв'язок Єврокодів із гармонізованими технічними умовами (ENs та ETAs) для виробів.....	4
Додаткова інформація, що є спеціальною для EN 1991-1-2.....	4
Вимоги безпеки.....	4
Методики розрахунку.....	6
Засоби проектування.....	7
Національний додаток до EN 1991-1-2.....	7
1 Загальні положення.....	9
1.1 Сфера застосування.....	9
1.2 Нормативні посилання.....	10
1.3 Припущення.....	11
1.4 Відмінність між принципами та правилами застосування.....	11
1.5 Терміни та визначення понять.....	11
1.5.1 Спеціальні терміни, що стосуються проектування загалом.....	12
1.5.2 Терміни, що стосуються теплових впливів.....	12
1.5.3 Терміни, що стосуються матеріалів та виробів.....	12
1.5.4 Терміни, що стосуються аналізу теплопередачі.....	13
1.5.5 Терміни, що стосуються аналізу механічних характеристик.....	14
1.6 Позначення.....	14
2 Основи проектування.....	16
2.1 Вимоги.....	16
2.1.1 Загальні вимоги.....	16
2.1.2 Номінальний вогневий вплив.....	17
2.1.3 Параметричний вогневий вплив.....	17
2.2 Впливи.....	17
2.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів.....	17
2.4 Методи перевірки.....	18
2.4.1 Загальні положення.....	18
2.4.2 Розрахунок конструкції.....	19
2.4.3 Аналіз частин конструктивної системи.....	20
2.4.4 Загальний розрахунок конструктивної системи.....	21
3 Матеріали.....	22
3.1 Загальні положення.....	22
3.2 Термомеханічні властивості алюмінієвих сплавів.....	22
3.2.1 Міцнісні та деформаційні властивості.....	22
3.2.2 Одиниця маси.....	26
3.3 Теплофізичні властивості.....	26
3.3.1 Алюмінієві сплави.....	26
3.3.1.1 Температурне видовження.....	26
3.3.1.2 Питома теплоємність.....	27
3.3.1.3 Теплопровідність.....	28
3.3.2 Вогнезахисні покриття.....	28
4 Розрахунок на вогнестійкість.....	29
4.1 Загальні положення.....	29
4.2 Прості розрахункові моделі.....	29
4.2.1 Загальні положення.....	29

4.2.2	Опір.....	30
4.2.2.1	Класифікація поперечних перерізів.....	30
4.2.2.2	Розтягнута конструкція.....	30
4.2.2.3	Балки.....	31
4.2.2.4	Колони.....	32
4.2.3	Зміна температурного режиму в алюмінії.....	34
4.2.3.1	Незахищені внутрішні алюмінієві конструкції.....	34
4.2.3.2	Внутрішні алюмінієві конструкції, що захищені вогнезахисним покриттям.....	37
4.2.3.3	Внутрішні алюмінієві конструкції в порожнині, що захищені тепловими екранами.....	39
4.2.3.4	Зовнішні алюмінієві конструкції.....	40
4.3	Уточнені розрахункові моменти.....	41
4.3.1	Загальні положення.....	41
4.3.2	Теплотехнічний розрахунок.....	41
4.3.3	Статичний розрахунок.....	42
4.3.4	Обґрунтування найновіших розрахункових моделей.....	42
Додаток А Властивості алюмінієвих сплавів та/або сумішей, що не зазначені в EN 1999-1-1.....		44
Додаток В Теплообмін зовнішніх будівельних алюмінієвих конструкцій.....		45
B.1	Загальні положення.....	45
B.1.1	Основи.....	45
B.1.2	Позначення розмірів.....	45
B.1.3	Тепловий баланс.....	45
B.1.4	Загальний кутовий коефіцієнт.....	48
B.2	Колони непоглинуті полум'ям.....	49
B.2.1	Променевий теплообмін.....	49
B.2.2	Випромінювальна здатність полум'я.....	50
B.2.3	Температура полум'я.....	57
B.2.4	Поглинаюча здатність полум'я.....	57
B.3	Балки непоглинуті полум'ям.....	58
B.3.1	Променевий теплообмін.....	58
B.3.2	Випромінювальна здатність полум'я.....	60
B.3.3	Температура полум'я.....	61
B.3.4	Поглинаюча здатність полум'я.....	62
B.4	Колони поглинуті полум'ям.....	62
B.5	Балки повністю або частково поглинуті полум'ям.....	65
B.5.1	Променевий теплообмін.....	65
B.5.1.1	Загальні положення.....	65
B.5.1.2	Умови «невимушеної (природної) тяги».....	66
B.5.1.3	Умови «штучної (примусової) тяги».....	69
B.5.2	Випромінювальна здатність полум'я.....	69
B.5.3	Поглинаюча здатність полум'я.....	69
Бібліографія.....		70
Додаток НА Перелік національних стандартів України (ДСТУ) ідентичних МС, посилання на які є в EN 1999-1-2:2002.....		71
Технічна поправка EN 1999-1-2:2007/AC:2009.....		72

## **ВСТУП**

Цей європейський стандарт (EN 1999-1-2:2007) підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого утримується BSI.

Цьому європейському стандарту буде надано національний статус опублікуванням ідентичного тексту або ухваленням не пізніше серпня 2007 р., а національні стандарти, що мають з ним розбіжності, будуть вилучені не пізніше березня 2010 р.

Цей європейський стандарт замінює ENV 1999-1-2:1998.

CEN/TC 250 відповідальний за всі Будівельні Єврокоди.

Згідно з внутрішніми постановами CEN-CENELEC цей стандарт зобов'язані впровадити національні організації зі стандартизації таких країн: Австрії, Бельгії, Кіпру, Республіки Чехія, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Словаччини, Словенії, Іспанії, Швеції, Швейцарії та Об'єднаного Королівства.

## **FOREWORD**

This European Standard (EN 1999-1-2:2007) has been prepared by Technical Committee CEN/TC250 « Structural Eurocodes », the secretariat of which is held by BSI.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by August 2007, and conflicting national standards shall be withdrawn at latest by March 2010.

This European Standard supersedes ENV 1999-1-2:1998.

CEN/TC250 is responsible for all Structural Eurocodes.

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the National Standard Organizations of the following countries are bound to implement these European Standard: Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

---

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

**ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ****Частина 1-2: Вогнестійкість****ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Часть 1-2: Огнестойкость****DESIGN OF ALUMINIUM STRUCTURES****Part 1-2: Structural fire design**

---

Чинний від **20XX-XX-XX****ОСНОВИ ПРОГРАМИ ЄВРОКОДІВ**

В 1975 році комісія Європейської спільноти прийняла рішення щодо плану дій у сфері будівництва на підставі статті 95 Угоди. Метою плану дій було усунення технічних перешкод для торгівлі та узгодження технічних умов.

В межах цього плану дій Комісія почала впроваджувати систему узгоджених технічних правил для проектування будівель та споруд, що на першому етапі мали стати альтернативою чинним державним нормам держав-членів, а зрештою мали замінити їх.

Протягом п'ятнадцяти років Комісія за допомогою Робочого комітету, до складу якого входили представники держав-членів, розробляла програму Єврокодів, результатом чого стала публікації першого покоління Європейських норм у 80-х роках.

В 1989 році Комісія та держави-члени ЕУ (Європейської спільноти) і ЕФТА (Європейської асоціації вільної торгівлі), на підставі угоди<sup>1</sup> між Комісією та CEN (Європейським комітетом зі стандартизації), вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів до CEN за допомогою серії Мандатів, щоб у майбутньому надати Єврокодам статус Європейського стандарту (EN). Це фактично пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради та/або рішень Комісії стосовно Європейських стандартів (наприклад, Директива Ради 89/106/ЕЕС щодо

**BACKGROUND TO THE EUROCODE PROGRAMME**

In 1975, the Commission of the European Community decided on an action programme in the field of construction, based on article 95 of the Treaty. The objective of the programme was the elimination of technical obstacles to trade and the harmonization of technical specifications.

Within this action programme, the Commission took the initiative to establish a set of harmonized technical rules for the design of construction works which, in a first stage, would serve as an alternative to the national rules in force in the Member States and, ultimately, would replace them.

For fifteen years, the Commission, with the help of a Steering Committee with Representatives of Member States, conducted the development of the Eurocodes programme, which led to the first generation of European codes in the 1980s.

In 1989, the Commission and the Member States of the EU and EFTA decided, on the basis of an agreement<sup>1</sup> between the Commission and CEN, to transfer the preparation and the publication of the Eurocodes to CEN through a series of Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN). This links *de facto* the Eurocodes with the provisions of all the Council's Directives and/or Commission's Decisions dealing with European standards (e.g. the Council Directive 89/106/EEC on construction products - CPD - and Council Directives 93/37/EEC, 92/50/EEC and

---

<sup>1</sup> Угода між Комісією Європейських Спільнот і Європейським комітетом стандартизації (CEN) щодо роботи над Єврокодами для проектування будівель та споруд (BC/CEN/03/89).

---

<sup>1</sup> Agreement between the Commission of the European Communities and the European Committee for Standardisation (CEN) concerning the work on EUROCODES for the design of building and civil engineering works (BC/CEN/03/89).

будівельних виробів – СРО – та Директиви Ради 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС і 89/440/ЕЕС щодо громадських проектів та комунальних послуг і рівноцінних Директив ЕФТА, що започатковані з метою становлення внутрішнього ринку).

Програма будівельних Єврокодів включає такі стандарти, що в основному складаються з декількох частин:

EN 1990 Єврокод 0: 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

Єврокоди визначають відповідальність розпорядчих органів держав-членів та захищають їх право визначати величини, що стосуються питань регулювання безпеки на національному рівні, якщо ці величини відрізняються для всіх держав-членів.

## **СТАТУС ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ЄВРОКОДІВ**

Держави-члени ЕУ та ЕФТА визнають, що Єврокоди служать основоположними документами для таких цілей:

– як засоби забезпечення відповідності будівель та споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі №1 «Механічний опір та стійкість» та основній вимозі №2 «Пожежна безпека»

– як основа для укладання угод на будівельні роботи та супутні інженерні послуги

– як основа для розроблення узгоджених технічних умов на будівельні вироби (ENs та

89/440/ЕЕС on public works and services and equivalent EFTA Directives initiated in pursuit of setting up the internal market).

The Structural Eurocode programme comprises the following standards generally consisting of a number of Parts:

EN 1990 Eurocode 0: Basis of Structural Design

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures

EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures

EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures

EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium structures

Eurocode standards recognize the responsibility of regulatory authorities in each Member State and have safeguarded their right to determine values related to regulatory safety matters at national level where these continue to vary from State to State.

## **STATUS AND FIELD OF APPLICATION OF EUROCODES**

The Member States of the EU and EFTA recognize that Eurocodes serve as reference documents for the following purposes:

– as a means to prove compliance of building and civil engineering works with the essential requirements of Council Directive 89/106/ЕЕС, particularly Essential Requirement N°1 – Mechanical resistance and stability – and Essential Requirement N°2 – Safety in case of fire

– as a basis for specifying contracts for construction works and related engineering services

– as a framework for drawing up harmonized technical specifications for



ETAs)

Оскільки Єврокоди безпосередньо стосуються будівельних робіт, вони мають прямий зв'язок з Тлумачними документами<sup>2</sup>, що посилаються на статтю 12 CPD, хоча відрізняються від гармонізованих стандартів на вироби<sup>3</sup>. Таким чином, технічні аспекти, що виникають при застосуванні Єврокодів, мають бути відповідно розглянуті Технічними комітетами CEN та/або робочими групами EOTA, що розробляють стандарти на будівельні вироби, для досягнення повної відповідності технічних умов Єврокодам.

Єврокоди встановлюють загальні правила проектування для повсякденного застосування як для проектування будівель в цілому, так і їх складових частин, як традиційних, так і нових. У випадках нетипової форми конструкції або умов проектування, що конкретно не розглядаються, необхідна додаткова експертна оцінка проектувальника.

### НАЦІОНАЛЬНІ СТАНДАРТИ, ЩО ВПРОВАДЖУЮТЬ ЄВРОКОДИ

Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди, містять повний текст Єврокоду (включно з усіма додатками), що виданий CEN, який може доповнювати Національний титульний аркуш та Національний вступ на початку, а також Національний додаток (довідковий) в кінці.

Національний додаток (довідковий) може містити інформацію лише стосовно тих параметрів, що залишені відкритими в

construction products (ENs and ETAs)

The Eurocodes, as far as they concern the construction works themselves, have a direct relationship with the Interpretative Documents<sup>2</sup> referred to in Article 12 of the CPD, although they are of a different nature from harmonized product standards<sup>3</sup>. Therefore, technical aspects arising from the Eurocodes work need to be adequately considered by CEN Technical Committees and/or EOTA Working Groups working on product standards with a view to achieving full compatibility of these technical specifications with the Eurocodes.

The Eurocode standards provide common structural design rules for everyday use for the design of whole structures and component products of both a traditional and an innovative nature. Unusual forms of construction or design conditions are not specifically covered and additional expert consideration will be required by the designer in such cases.

### NATIONAL STANDARDS IMPLEMENTING EUROCODES

The National Standards implementing Eurocodes will comprise the full text of the Eurocode (including any Annexes), as published by CEN, which may be preceded by a National title page and National foreword, and may be followed by a National Annex (informative).

The National Annex (informative) may only contain information on those parameters which are left open in the Eurocode for national

<sup>2</sup> Відповідно до ст. 3.3 CPD основні вимоги (ERs) набудуть чіткої форми у тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між основними вимогами та мандатами на гармонізовані ENs та ETAGs/ETAs.

<sup>3</sup> Відповідно до ст. 12 CPO тлумачні документи мають:

a) надати чітку форму основним вимогам, узгодивши термінологію та технічні засади, і вказавши класи або рівні для кожної вимоги, де це необхідно;

b) вказати методи співставлення цих класів або рівнів вимог з технічними умовами, наприклад, методами розрахунку та перевірки, технічними правилами проектування тощо;

c) слугувати рекомендацією для впровадження узгоджених стандартів та настанов для європейського технічного ухвалення.

Єврокоди фактично відіграють подібну роль у сфері ER 1 та частини ER 2.

<sup>2</sup> According to Art. 3.3 of the CPD, the essential requirements (ERs) shall be given concrete form in interpretative documents for the creation of the necessary links between the essential requirements and the mandates for harmonized ENs and ETAGs/ETAs.

<sup>3</sup> According to Art. 12 of the CPD the interpretative documents shall:

a) give concrete form to the essential requirements by harmonizing the terminology and the technical bases and indicating classes or levels for each requirement where necessary;

b) indicate methods of correlating these classes or levels of requirement with the technical specifications, e.g. methods of calculation and of proof, technical rules for project design, etc.;

c) serve as a reference for the establishment of harmonized standards and guidelines for European technical approvals.

The Eurocodes, *de facto*, play a similar role in the field of the ER 1 and a part of ER 2.

Єврокодах для національного вибору, так звані Національно визначені параметри, та застосовуються для проектування та будівництва у конкретній країні країні, а саме:

- значення коефіцієнту надійності та/або класи, які в Єврокодi даються на вибір;
- значення, для яких у Єврокодi дано лише позначення;
- географічні та кліматичні дані, що визначені для держав-членів, наприклад, карта снігового покриву;
- методика, для якої в Єврокодi дано альтернативні методики;
- посилання на додаткову несуперечливу інформацію, що допомагає користувачеві щастосовувати Єврокод.

### **ЗВ'ЯЗОК МІЖ ЄВРОКОДАМИ ТА ГАРМОНІЗОВАНИМИ ТЕХНІЧНИМИ УМОВАМИ (ENs TA ETAs) ДЛЯ ВИРОБІВ**

Необхідно узгодити гармонізовані технічні умови для будівельних виробів та технічні норми для будівельних споруд<sup>4</sup>. Крім того, повна інформація, що супроводжує CE маркування будівельних виробів, де є посилання на Єврокоди, має чітко зазначати, які Національно визначені параметри були враховані.

### **ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ, ЩО Є СПЕЦІАЛЬНОЮ ДЛЯ EN 1999-1-2**

EN 1999-1-2 містить принципи, вимоги та правила проектування будівель та споруд зі конструкцій, що зазнали вогневого впливу, враховуючи такі аспекти.

#### Вимоги безпеки

EN 1999-1-2 призначений для замовників будівельних робіт (наприклад, для викладення їх особливих вимог), проектувальників, підрядників та органів державної влади.

Основною метою захисту від пожежі є обмеження ризику для людини та групи людей, їх майна та, у разі потреби, навколишнього середовища або майна, що безпосередньо зазнає впливу вогню у разі пожежі.

Директива 89/106/EEC встановлює

<sup>4</sup> Див. ст. 3.3 та ст.12 CPD, а також 4.2, 4.3.1, 4.3.2 та 5.2 ID №1.

choice, known as Nationally Determined Parameters, to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the country concerned, *i.e.*:

- values for partial factors and/or classes where alternatives are given in the Eurocode;
- values to be used where a symbol only is given in the Eurocode;
- geographical and climatic data specific to Member State, *e.g.* snow map;
- the procedure to be used where alternative procedures are given in the Eurocode;
- references to non-contradictory complementary information to assist the user to apply the Eurocode.

### **LINKS BETWEEN EUROCODES AND HARMONIZED TECHNICAL SPECIFICATIONS (ENs AND ETAs) FOR PRODUCTS**

There is a need for consistency between the harmonized technical specifications for construction products and the technical rules for works<sup>4</sup>. Furthermore, all the information accompanying the CE Marking of the construction products which refer to Eurocodes should clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

### **ADDITIONAL INFORMATION SPECIFIC TO EN 1999-1-2**

EN 1999-1-2 describes the principles, requirements and rules for the structural design of buildings exposed to fire, including the following aspects.

#### Safety requirements

EN 1999-1-2 is intended for owners of construction works (*e.g.* for the formulation of their specific requirements), designers, contractors and relevant authorities.

The general objectives of fire protection are to limit risks with respect to the individual and society, neighbouring property, and where required, environment or directly exposed property, in the case of fire.

Construction	Products	Directive
--------------	----------	-----------

<sup>4</sup> see Art.3.3 and Art.12 of the CPD, as well as clauses 4.2, 4.3.1, 4.3.2 and 5.2 of ID 1.

основні вимоги для обмеження пожежних ризиків:

«Будівлі та споруди проектують і зводять так, щоб у разі виникнення пожежі

- забезпечувалася несуча здатність конструктивної системи протягом певного проміжку часу;
- обмежувалося виникнення та поширення вогню і диму в будівлях;
- обмежувалося поширення вогню на сусідні будівлі;
- мешканці могли залишити будівлі або врятуватися іншими способами;
- враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів».

Згідно з тлумачним Документом №2 «Пожежна безпека»<sup>5</sup> основна вимога може бути дотримана різними можливостями стратегій пожежної безпеки, що переважають у державах-членах, такими як сценарії умовної пожежі (номінальні пожежі) або сценарії реальної (параметричної) пожежі, враховуючи пасивні та/або активні заходи вогнезахисту.

Частини Будівельних єврокодів, що встановлюють правила для розрахунку конструкцій на вогнестійкість, стосуються особливих підходів до пасивного вогнезахисту щодо проектування конструкцій та будь-яких їх частин для необхідної несучої здатності та обмеження поширення пожежі як встановлено.

Можуть бути визначені необхідні функції та рівні роботи або через класифікацію вогнестійкості для стандартного температурного режиму, що наведена в національних нормах з пожежної безпеки, або через використання інженерно-технічних заходів для оцінки пасивного та активного протипожежного захисту.

Додаткові вимоги, що стосуються, наприклад

- можливого улаштування та експлуатації систем автоматичного пожежогасіння;
- умов використання будівлі або протипожежного відсіку;
- використання допустимих ізоляційних та вогнезахисних матеріалів, включаючи їх

89/106/EEC gives the following essential requirement for the limitation of fire risks:

“The construction works must be designed and built in such a way, that in the event of an outbreak of fire

- the load bearing resistance of the construction can be assumed for a specified period of time;
- the generation and spread of fire and smoke within the works are limited;
- the spread of fire to neighbouring construction works is limited;
- the occupants can leave the works or can be rescued by other means;
- the safety of rescue teams is taken into consideration”.

According to the Interpretative Document №2 "Safety in Case of Fire"<sup>5</sup> the essential requirement may be observed by following various possibilities for fire safety strategies prevailing in the Member States like conventional fire scenarios (nominal fires) or "natural" (parametric) fire scenarios, including passive and/or active fire protection measures.

The fire parts of Structural Eurocodes deal with specific aspects of passive fire protection in terms of designing structures and parts thereof for adequate load bearing resistance and for limiting fire spread as relevant.

Required functions and levels of performance can be specified either in terms of nominal (standard) fire resistance rating, generally given in national fire regulations or by referring to fire safety engineering for assessing passive and active measures.

Supplementary requirements concerning, for example

- the possible installation and maintenance of sprinkler systems;
- conditions on occupancy of building or fire compartment;
- the use of approved insulation and coating materials, including their maintenance are not

<sup>5</sup> дивись ст. 2.2, 3.2(4) та 4.2.3.3

<sup>5</sup> see clause 2.2, 3.2(4) and 4.2.3.3

обслуговування, в цьому документі не розглядаються, оскільки ці вимоги є предметом розгляду компетентних організацій.

Значення часткових коефіцієнтів та інших показників надійності наведені як рекомендовані значення, що забезпечують прийнятний рівень надійності. Вони були враховані за умови, що застосовується відповідний рівень кваліфікації і управління якістю.

#### Методики розрахунку

Повна аналітична методика розрахунку на вогнестійкість має враховувати роботу конструктивної системи за підвищених температур, можливий вплив тепла та сприятливі впливи активних і пасивних систем вогнезахисту, а також невизначеності, що пов'язані з цими трьома властивостями, та відповідальність конструктивної системи (наслідки руйнування).

На даний час можливо застосовувати методику для встановлення дійсної роботи конструкції, що включає деякі – якщо не всі – з цих параметрів, та довести, що конструктивна система або її частини відтворюватиме дійсну роботу при реальній пожежі у будинку. Однак, якщо методика ґрунтується на номінальному (стандартному) температурному режимі, то класифікація, що передбачає визначені межі вогнестійкості, враховує (приблизно) вищенаведені властивості та невизначеності.

Порядок застосування методики розрахунку приведено на рисунку 0.1. Розрізняють визначені підходи та підходи засновані на роботі конструкцій. Визначені підходи використовують номінальний температурний режим для генерування теплових впливів. Підхід заснований на роботі конструкцій, що використовує інженерно-технічне забезпечення пожежної безпеки, стосуються теплових впливів, що залежать від фізичних і хімічних параметрів.

ПРИМІТКА Табличні дані, що наведені на рисунку 0.1,

Для проектування згідно з цим стандартом необхідно використовувати EN 1999-1-2 для визначення теплових та механічних впливів на конструктивну систему.

given in this document, because they are subject to specification by the competent authority.

Numerical values for partial factors and other reliability elements are given as recommended values that provide an acceptable level of reliability. They have been selected assuming that an appropriate level of workmanship and of quality management applies.

#### Design procedures

A full analytical procedure for structural fire design would take into account the behaviour of the structural system at elevated temperatures, the potential heat exposure and the beneficial effects of active and passive fire protection systems, together with the uncertainties associated with these three features and the importance of the structure (consequences of failure).

At the present time it is possible to undertake a procedure for determining adequate performance which incorporates some, if not all, of these parameters and to demonstrate that the structure, or its components, will give adequate performance in a real building fire. However where the procedure is based on a nominal (standard) fire, the classification system, which calls for specific periods of fire resistance, takes into account (though not explicitly) the features and uncertainties described above.

The design procedure for structural fire design is illustrated in Figure 0.1. The prescriptive approach and the performance-based approach are identified. The prescriptive approach uses nominal fires to generate thermal actions. The performance-based approach, using fire safety engineering, refers to thermal actions based on physical and chemical parameters.

NOTE Tabulated data, as shown in Figure 0.1, are not available for aluminium components.

For design according to this part, EN 1999-1-2 is required for the determination of thermal and mechanical actions to the structure.

Засоби проектування

Очікується, що засоби проектування, які ґрунтуються на розрахункових моделях, що наведені в EN 1999-1-2, будуть розроблені компетентними сторонніми організаціями.

Основний текст EN 1999-1-2 містить більшість головних принципів та правил, що необхідні для описання теплових та механічних впливів на будівлі та споруди.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДО EN 1999-1-2**

Цей стандарт надає альтернативні методики, значення та рекомендації для класів з примітками, що вказують де необхідно зробити національний вибір. Таким чином, національний стандарт, що впроваджує EN 1999-1-2, має містити Національний додаток, який включав би всі національно визначені параметри, що використовуються для проектування будівель та споруд, які будуть побудовані у відповідній країні.

Національний вибір дозволено в EN 1999-1-2 у таких пунктах:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 2.4.2 (3)
- 4.2.2.1 (1)
- 4.2.2.3 (5)
- 4.2.2.4 (5)

Design aids

It is expected, that design aids based on the calculation models given in EN 1999-1-2 will be prepared by interested external organizations.

The main text of EN 1999-1-2 includes most of the principal concepts and rules necessary for describing thermal and mechanical actions on structures.

**NATIONAL ANNEX FOR EN 1999-1-2**

This standard gives alternative procedures, values and recommendations for classes with notes indicating where national choices have to be made. Therefore the national standard implementing EN 1999-1-2 should have a national annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1999-1-2 through:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 2.4.2 (3)
- 4.2.2.1 (1)
- 4.2.2.3 (5)
- 4.2.2.4 (5)

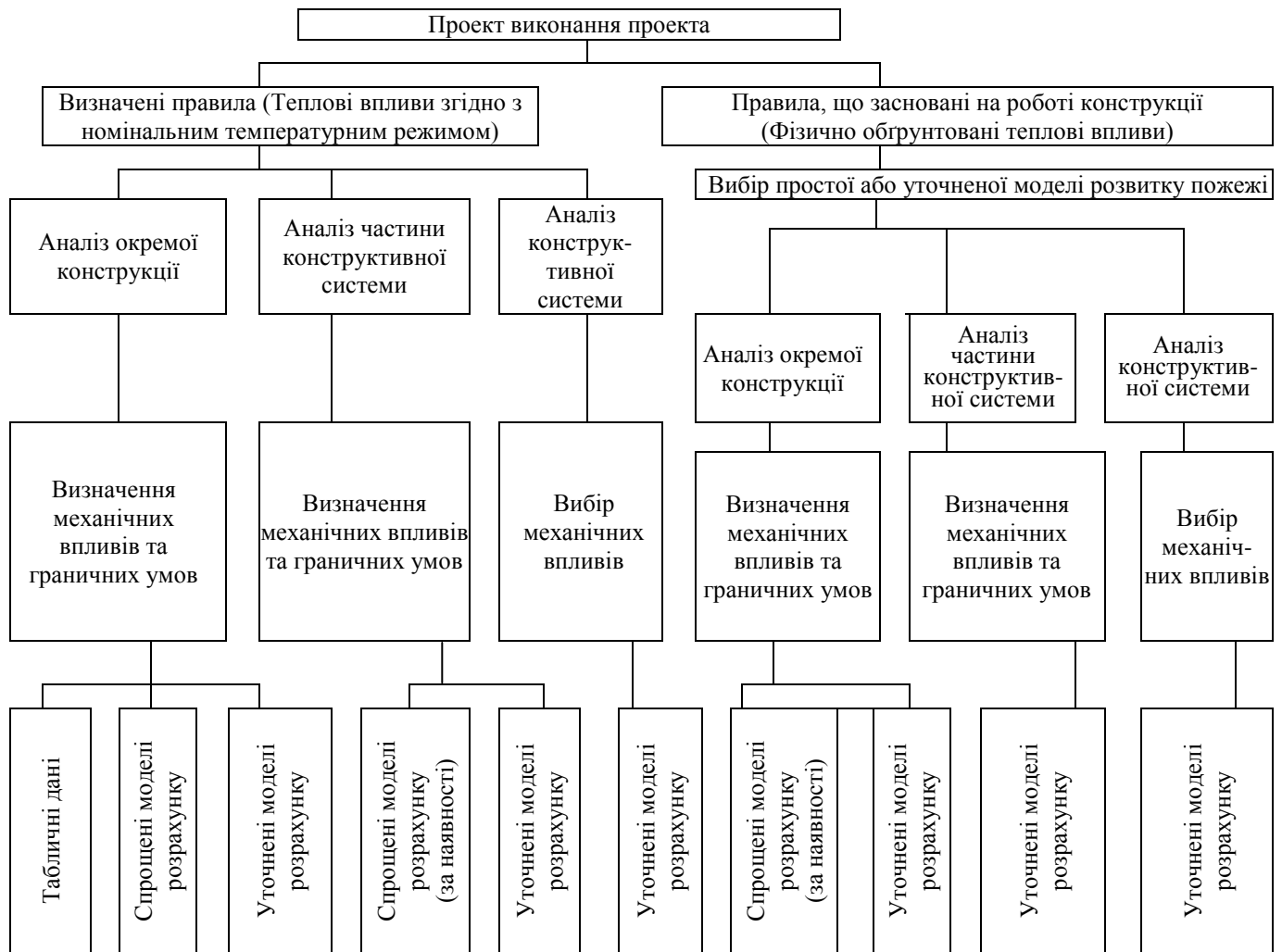


Рисунок 0.1 – Загальний вигляд методики розрахунку на вогнестійкість

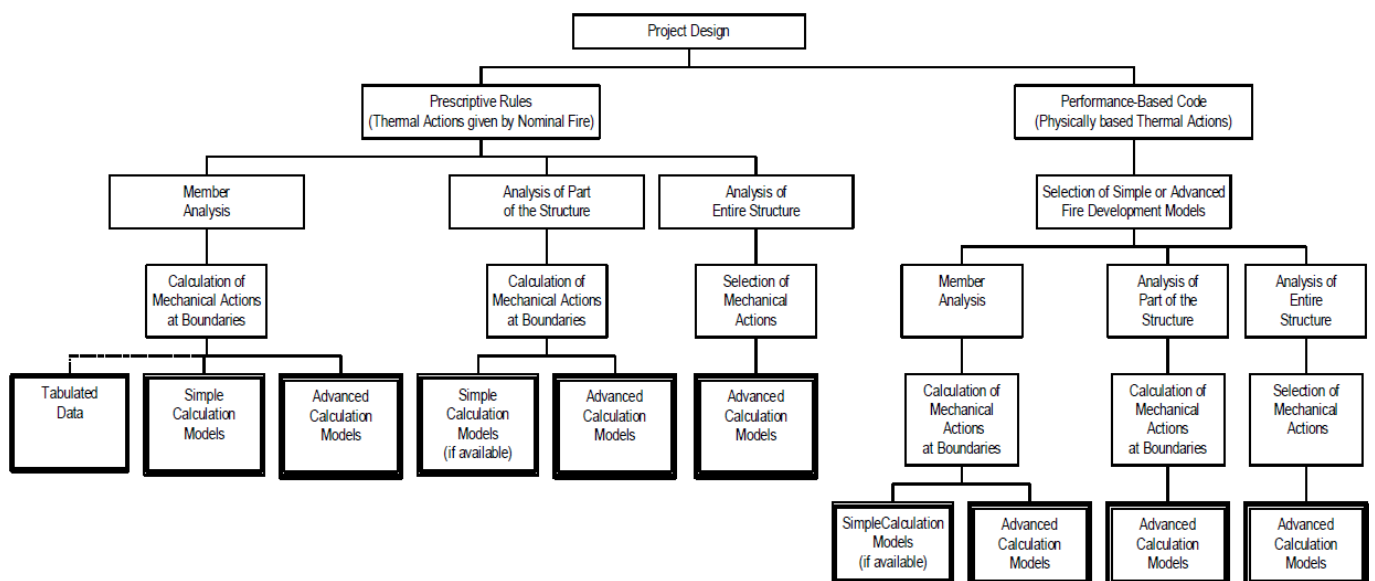


Figure 0.1 – A general illustration of the design procedure for fire design

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 1.1 Сфера застосування

#### 1.1.1 Сфера застосування EN 1999

(1)P EN 1999 поширюється на проектування будинків та споруд з конструкціями із алюмінію. Він відповідає основним положенням і вимогам щодо їх безпеки та експлуатаційної придатності, основ їх проектування та контролю, які наведені в EN 1990 – Основи проектування конструкцій.

(2)P EN 1999 стосується лише вимог міцності, експлуатаційної придатності, довговічності та вогнестійкості алюмінієвих конструкцій. Інші вимоги, наприклад, стосовно тепло- та звукоізоляції, не розглядаються.

(3) Передбачається користування EN 1999 разом з:

- EN 1990 «Основи проектування конструкцій»

- EN 1991 «Дії на конструкції», усі наявні частини

- Європейські Стандарти для будівельних виробів, що стосуються алюмінієвих конструкцій

- EN 1998 «Проектування сейсмостійких конструкцій», якщо залізобетонні конструкції зводяться в сейсмічних районах

(4) EN 1999 поділяється на п'ять частин:

- EN 1999-1-1 Проектування алюмінієвих конструкцій: Загальні правила для конструкцій

- EN 1999-1-2 Проектування алюмінієвих конструкцій: Розрахунок конструкцій на вогнестійкість

- EN 1999-1-3 Проектування алюмінієвих конструкцій: Конструкції, що сприйнятливі до втоми

- EN 1999-1-4 Проектування алюмінієвих конструкцій: Холодно деформовані конструкції з листового прокату

- EN 1999-1-5 Проектування алюмінієвих конструкцій: Тонкостінні оболонки

#### 1.1.2 Сфера застосування EN 1999-1-2

(1) EN 1999-1-2 поширюється на проектування алюмінієвих конструкцій на випадок аварійних ситуацій під час пожежі та призначена для використання разом з EN 1999-1-1 та EN 1991-1-2. EN 1999-1-2 визначає відмінності або доповнює вимоги до проектування за нормальної температури.

## GENERAL

### 1.1 Scope

#### 1.1.1 Scope of EN 1999

(1)P EN 1999 applies to the design of buildings and civil engineering works in aluminium. It complies with the principles and requirements for the safety and serviceability of structures, the basis of their design and verification that are given in EN 1990 – Basis of structural design.

(2)P EN 1999 is only concerned with requirements for resistance, serviceability, durability and fire resistance of aluminium structures. Other requirements, e.g. concerning thermal or sound insulation, are not considered.

(3) EN 1999 is intended to be used in conjunction with:

- EN 1990 “Basis of structural design”

- EN 1991 “Actions on structures”, all relevant parts

- European Standards for construction products relevant for aluminium structures

- EN 1998 “Design of structures for earthquake resistance”, where aluminium structures are built in seismic regions

(4) EN 1999 is subdivided in five parts:

- EN 1999-1-1 Design of aluminium structures: General structural rules

- EN 1999-1-2 Design of aluminium structures: Structural fire design

- EN 1999-1-3 Design of aluminium structures: Structures susceptible to fatigue

- EN 1999-1-4 Design of aluminium structures: Cold formed structural sheeting

- EN 1999-1-5 Design of aluminium structures: Shell structures

#### 1.1.2 Scope of EN 1999-1-2

(1) EN 1999-1-2 deals with the design of aluminium structures for the accidental situation of fire exposure and is intended to be used in conjunction with EN 1999-1-1 and EN 1991-1-2. EN 1999-1-2 only identifies differences from, or supplements to, normal temperature design.

(2) EN 1999-1-2 стосується тільки пасивних методів вогнезахисту. Активні методи захисту не наведені.

(3) EN 1999-1-2 поширюється на алюмінієві конструкції, що мають забезпечувати несучу здатність під час пожежі, тобто мають запобігати передчасному руйнуванню конструкції.

ПРИМІТКА Ця частина не містить вимоги щодо огороджуючої здатності.

(4) EN 1999-1-2 наводить основні положення щодо розрахунку алюмінієвих конструкцій за особливими вимогами з огляду на вищенаведене.

(5) EN 1999-1-2 стосується конструкцій або частини конструктивної системи, які перебувають в межах дії EN 1999-1-1 та запроектовані відповідним чином.

(6) Наведені в частині 1-2 EN 1999 властивості алюмінієвих сплавів відносяться до таких алюмінієвих сплавів:

EN AW-3004 – H34	EN AW-5083 – O та/and H12	EN AW-6063 – T5 та/and T6
EN AW-5005 – O та/and H34	EN AW-5454 – O та/and H34	EN AW-6082 – T4 та/and T6
EN AW-5052 – H34	EN AW-6061 – T6	

(7) Наведені в EN 1999-1-2 методи застосовують також для інших алюмінієвих сплавів/сумішей, що зазначені в EN 1999-1-1, якщо наявні достовірні властивості матеріалу за підвищених температур, або якщо застосовується спрощення ще припущення, що наведене 3.2.1.

## 1.2 Нормативні посилання

(1) Цей європейський стандарт містить в собі як датовані так і недатовані посилання, положення з інших видань. Ці нормативні посилання згадуються у відповідних місцях тексту, а документи вносяться в перелік. Подальші поправки або зміни для будь яких документів датованих посилань стосуються цього Європейського Стандарту лише у випадку, якщо в ньому враховані поправки або зміни. Для недатованих посилань застосовується остання версія документа (включаючи поправки).

EN 485-2 Алюміній та алюмінієві сплави. Листовий прокат, брус та плита. Частина 2: Механічні властивості

EN 755-2 Алюміній та алюмінієві сплави. Видавлені стрижень/прут, труба та профіль. Частина 2: Механічні властивості

EN 1990 Основи проектування будівель та споруд

(2) EN 1999-1-2 deals only with passive methods of fire protection. Active methods are not covered.

(3) EN 1999-1-2 applies to aluminium structures that are required to fulfil load bearing function if exposed to fire, in terms of avoiding premature collapse of the structure.

NOTE This part does not include rules for separating elements.

(4) EN 1999-1-2 gives principles and application rules for design of structures for specified requirements in respect of the load bearing function and the levels of performance.

(5) EN 1999-1-2 applies to structures, or parts of structures, that are within the scope of EN 1999-1-1 and are designed accordingly.

(6) The aluminium alloy properties given in the Part 1-2 of EN 1999 apply to the following aluminium alloys:

(7) The methods given in EN 1999-1-2 are applicable also to the other aluminium alloy/tempers of EN 1999-1-1 if reliable material properties at elevated temperatures are available or the simplified assumptions in 3.2.1 are applied.

## 1.2 Normative references

(1) This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only if incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

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 1990 Basis of structural design



EN 1991-1-2 Основи проектування та навантаження на будівлі та споруди: Частина 1-2: навантаження на будівлі та споруди під час пожежі

EN 1999-1-1 Проектування алюмінієвих конструкцій: Частина 1-1: Загальні вимоги проектування

EN 1090-3<sup>6</sup> Зведення сталевих та алюмінієвих конструкцій – Частина 3: Технічні умови для алюмінієвих конструкцій

EN 13501-2 Пожежно-технічна класифікація будівельних матеріалів та конструкцій. Частина 2 Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість

ENV 13381-1 Методи випробувань на вогнестійкість елементів будівельних конструкцій: Частина 1: Метод випробування для визначення покращення вогнестійкості елементів конструкцій: Горизонтальними захисними мембранами

ENV 13381-2 Методи випробувань на вогнестійкість елементів будівельних конструкцій: Частина 2: Метод випробування для визначення покращення вогнестійкості елементів конструкцій: Вертикальними захисними мембранами

ENV 13381-4 Методи випробувань на вогнестійкість елементів будівельних конструкцій: Частина 4: Метод випробування для визначення покращення вогнестійкості елементів конструкцій: Нанесення покриття на сталеві елементи конструкції

### 1.3 Припущення

(1) На додаток до загальних припущень EN 1990 також застосовуються наступні припущення:

Будь-які пасивні вогнезахисні системи враховані під час проектування мають підтримуватись в належному стані.

### 1.4 Відмінність між принципами та правилами застосування

(1) Застосовують правила, що наведені в 1.4 EN 1990.

### 1.5 Терміни та визначення понять

(1) Застосовують правила, що наведені в 1.5 EN 1990.

(2) Наступні терміни використані в

EN 1991-1-2 Basis of design and actions on structures Part 1-2: Actions on structures exposed to fire

EN 1999-1-1 Design of aluminium structures: Part 1-1: General structural rules

EN 1090-3<sup>6</sup> Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures

EN 13501-2 Fire classification of construction products and building elements. Part 2 Classification using data from fire resistance tests

ENV 13381-1 Fire tests on elements of building construction: Part 1: Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members: By horizontal protective membranes

ENV 13381-2 Fire tests on elements of building construction. Part 2: Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members: By vertical protective membranes.

ENV 13381-4 Fire tests on elements of building construction. Part 4: Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members: By applied protection to steel structural elements.

### 1.3 Assumptions

(1) In addition to the general assumptions of EN 1990 the following assumption applies:

Any passive fire protection systems taken into account in the design will be adequately maintained.

### 1.4 Distinction between principles and application rules

(1) The rules given in EN 1990 1.4 apply.

### 1.5 Terms and definitions

(1) The rules in EN 1990 1.5 apply.

(2) The following terms are used in

<sup>6</sup> має бути виданий

<sup>6</sup> to be published

EN 1999-1-2 в наступних значеннях:

**1.5.1 Спеціальні терміни що стосуються проектування загалом**

**1.5.1.1**

**частина конструктивної системи**

ізолювана частина всієї конструктивної системи з відповідними умовами опирання та граничними умовами

**1.5.1.2**

**захищені конструкції**

конструкції, для яких вжиті заходи щодо зменшення зростання температури в елементі, що спричинене пожежею

**1.5.2 Терміни, що стосуються теплових впливів**

**1.5.2.1**

**стандартний температурний режим**

номінальний температурний режим, що визначена у EN 13501-2 для представлення моделі повністю розвинутої пожежі у протипожежному відсіку

**1.5.2.2**

**температурні режими**

залежність температури середовища, яке оточує поверхні елементів, від часу. Можуть бути:

– **номінальний:** традиційний температурний режим, що приймається для класифікації або перевірки вогнестійкості, наприклад стандартний температурний режим, температурний режим зовнішньої пожежі, режим вуглеводневої пожежі;

– **параметричний:** встановлений ґрунтуючись на моделі пожежі та питомих фізичних параметрах, що визначають умови в протипожежному відсіку

**1.5.3 Терміни, що стосуються матеріалів та виробів**

**1.5.3.1**

**вогнезахисний матеріал**

будь-який матеріал або сполучення матеріалів, що покриває конструкцію, з метою підвищення її вогнестійкості

EN 1999-1-2 with the following meanings:

**1.5.1 Special terms relating to design in general**

**1.5.1.1**

**part of structure**

isolated part of an entire structure with appropriate support and boundary conditions

**1.5.1.2**

**protected members**

members for which measures are taken to reduce the temperature rise in the member due to fire

**1.5.2 Terms relating to thermal actions**

**1.5.2.1**

**standard temperature-time curve**

a nominal curve, defined in EN 13501-2 for representing a model of a fully developed fire in a compartment

**1.5.2.2**

**temperature-time curves**

gas temperature in the environment of member surfaces as a function of time. They may be:

- **nominal:** Conventional curves, adopted for classification or verification of fire resistance, e.g. the standard temperature-time curve, external fire curve, hydrocarbon fire curve;

- **parametric:** Determined on the basis of fire models and the specific physical parameters defining the conditions in the fire compartment

**1.5.3 Terms relating to material and products**

**1.5.3.1**

**fire protection material**

any material or combination of materials applied to a structural member for the purpose of increasing its fire resistance

## **1.5.4 Терміни, що стосуються аналізу теплопередачі**

### **1.5.4.1**

#### **кутовий коефіцієнт**

кутовий коефіцієнт для випроміненого теплообміну від поверхні А до поверхні В, визначений як частка розсіяної випроміненої енергії, виділеної з поверхні А, що падає на поверхню В

### **1.5.4.2**

#### **коефіцієнт конвекційного теплообміну**

конвекційний тепловий потік до конструкції, що стосується різниці між середньою температурою середовища, яке оточує відповідну поверхню окремої конструкції, та температурою цієї поверхні

### **1.5.4.3**

#### **ступінь чорноти**

дорівнює коефіцієнту поглинання поверхні, тобто співвідношення між випроміненим теплом, що поглинуте даною поверхнею, та випроміненим теплом, що поглинуте поверхнею абсолютно чорного тіла

### **1.5.4.4**

#### **поглинутий тепловий потік**

енергія, що явно поглинута конструкціями за одиницю часу одиницею площі поверхні

### **1.5.4.5**

#### **результуюча ступінь чорноти**

співвідношення між фактичним випроміненим тепловим потоком на конструкцію та поглинутим тепловим потоком за умови, що конструкція та її випромінююче середовище вважались абсолютно чорними тілами

### **1.5.4.6**

#### **коефіцієнт перерізу**

для алюмінієвої конструкції — співвідношення між незахищеною площею поверхні та об'ємом алюмінію; для незахищеної конструкції — співвідношення між площею внутрішньої поверхні незахищеної обшивки та об'ємом алюмінію

## **1.5.4 Terms relating to heat transfer analysis**

### **1.5.4.1**

#### **configuration factor**

the configuration factor for radiative heat transfer from surface A to surface B is defined as the fraction of diffusely radiated energy leaving surface A that is incident on surface B

### **1.5.4.2**

#### **convective heat transfer coefficient**

convective heat flux to the member related to the difference between the bulk temperature of gas bordering the relevant surface of the member and the temperature of that surface

### **1.5.4.3**

#### **emissivity**

equal to absorptivity of a surface, i.e. the ratio between the radiative heat absorbed by a given surface, and that of a black body surface

### **1.5.4.4**

#### **net heat flux**

energy per unit time and surface area definitely absorbed by members

### **1.5.4.5**

#### **resulting emissivity**

the ratio between the actual radiative heat flux to the member and the net heat flux that would occur if the member and its radiative environment were considered as black bodies

### **1.5.4.6**

#### **section factor**

for an aluminium member, the ratio between the exposed surface area and the volume of aluminium; for an enclosed member, the ratio between the internal surface area of the exposed encasement and the volume of aluminium

#### 1.5.4.7

##### умовний коефіцієнту перерізу

співвідношення між площею незахищеної поверхні обрамлення перерізу до об'єму алюмінію

#### 1.5.4.7

##### box value of section factor

ratio between the exposed surface area of a notional bounding box for the section to the volume of aluminium

### 1.5.5 Терміни, що стосуються аналізу механічних характеристик

### 1.5.5 Terms relating to mechanical behaviour analysis

#### 1.5.5.1

##### критична температура алюмінієвої конструкції

температура, за якої очікується поява пошкоджень в алюмінієвій конструкції при рівномірному розподіленні температури і для заданого рівня навантаження

#### 1.5.5.1

##### critical temperature of a structural aluminium member

for a given load level, the temperature at which failure is expected to occur in a structural aluminium member for a uniform temperature distribution

#### 1.5.5.2

##### ефективна 0,2 % умовна межа текучості

для заданої температури, рівень напруження, при якому діаграма «напруження-деформація» алюмінію дає 0,2 % залишкової деформації

#### 1.5.5.2

##### effective 0,2 % proof strength

for a given temperature, the stress level at which the stress-strain relationship of aluminium gives a 0,2 % permanent strain

#### 1.5.5.3

##### зовнішній елемент

конструкція, що розташована за межами будівлі, та може зазнати вогневого впливу через прорізи в огорожувальних конструкціях будівлі

#### 1.5.5.3

##### external member

structural member located outside the building that can be exposed to fire through openings in the building enclosure

### 1.6 Позначення

(1) В цьому EN 1999-1-2 на додаток до наведених в EN 1999-1-1 використовуються такі позначення:

### 1.6 Symbols

(1) For the purpose of EN 1999-1-2, the following symbols apply in addition to those given in EN 1999-1-1:

#### *Великі латинські літери*

$A_m$	площа незахищеної поверхні конструкції на одиницю довжини
$A_p$	площа внутрішньої поверхні вогнезахисного покриття на одиницю довжини конструкції
$E_{al}$	модуль пружності алюмінію за нормальної температури
$E_{al,\theta}$	модуль пружності алюмінію за підвищеної температури, $\theta_{al}$
$V$	об'єм конструкції на одиницю довжини

#### *Latin upper case letters*

$A_m$	the exposed surface area of a member per unit length
$A_p$	the area of the inner surface of the fire protection material per unit length of the member
$E_{al}$	the modulus of elasticity of aluminium for normal temperature design
$E_{al,\theta}$	the modulus of elasticity for aluminium at elevated temperature, $\theta_{al}$
$V$	the volume of a member per unit length

#### *Малі латинські літери*

$c_{al}$	питома теплоємність алюмінію
$c_p$	питома теплоємність вогнезахисного

#### *Latin lower case letters*

$c_{al}$	the specific heat of aluminium
$c_p$	the specific heat of the fire protection

	покриття		material
$d_p$	товщина вогнезахисного покриття	$d_p$	the thickness of fire protection material
$f_{o,\theta}$	ефективна 0,2 % умовна межа текучості за підвищеної температури, $\theta_{al}$	$f_{o,\theta}$	the effective 0,2 % proof strength at elevated temperature, $\theta_{al}$
$\dot{h}_{net,d}$	розрахункове значення поглинутого теплового потоку одиницею площі	$\dot{h}_{net,d}$	the design value of the net heat flux per unit area
$I_z$	випромінений тепловий потік від вогню до лицьової сторони поверхні	$I_z$	is the radiative heat flux from the flame to beam face
$k_\theta$	коефіцієнт зниження міцнісних властивостей за підвищеної температури, $\theta_{al}$	$k_\theta$	the reduction factor of a strength property of aluminium at elevated temperature, $\theta_{al}$
$k_{o,\theta}$	коефіцієнт зниження 0,2 % умовної межі текучості за підвищеної температури	$k_{o,\theta}$	the strength reduction factor for the 0,2 proof strength at elevated temperature
$k_{o,\theta_{max}}$	коефіцієнт зниження 0,2 % умовної межі текучості за максимальної температури алюмінію	$k_{o,\theta_{max}}$	the strength reduction factor for the 0,2 proof strength at the maximum aluminium temperature
$l$	довжина за температури 20 °C	$l$	the length at 20 °C
$t$	тривалість вогневого впливу	$t$	the time in fire exposure
<i>Великі грецькі літери</i>		<i>Greek upper case letters</i>	
$\Delta t$	проміжок часу	$\Delta t$	the time interval
<i>Малі грецькі літери</i>		<i>Greek lower case letters</i>	
$\gamma_{M,fi}$	коефіцієнт надійності для відповідних властивостей матеріалу під час пожежі	$\gamma_{M,fi}$	the partial safety factor for the relevant material property for the fire situation
$\eta_{fi}$	коефіцієнт зниження для розрахункового рівня навантаження під час пожежі	$\eta_{fi}$	the reduction factor for design load level in the fire situation
$\theta$	температура °C	$\theta$	the temperature in °C
$\theta_{al}$	температура алюмінію	$\theta_{al}$	the aluminium temperature
$\varepsilon_m$	ступінь чорноти поверхні складової частини	$\varepsilon_m$	the surface emissivity of the component
$\kappa$	коефіцієнт покращення	$\kappa$	the adaptation factor
$\lambda_{al}$	теплопровідність алюмінію	$\lambda_{al}$	the thermal conductivity of aluminium
$\lambda_p$	теплопровідність вогнезахисного покриття	$\lambda_p$	the thermal conductivity of the fire protection material
$\mu_0$	коефіцієнт використання в момент часу $t = 0$	$\mu_0$	the degree of utilisation at time $t = 0$
$\rho_{al}$	густина алюмінію	$\rho_{al}$	the density of aluminium
$\rho_p$	густина вогнезахисного покриття	$\rho_p$	the density of the fire protection material

## 2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Вимоги

#### 2.1.1 Загальні вимоги

(1)Р Якщо встановлені вимоги до механічного опору під час пожежі, алюмінієві конструкції проектують та зводять таким чином, щоб вони зберігали несучу здатність протягом відповідного вогневого впливу – граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R.

(2)Р При розподілі на протипожежні відсіки відповідні конструкції мають бути запроектовані і зведені таким чином, щоб вони зберігали огорожувальну здатність протягом відповідного вогневого впливу, тобто:

- не відбувалась втрата цілісності внаслідок утворення тріщин, прорізів або інших отворів, достатньо великих для проникнення вогню у вигляді гарячих газів чи полум'я – граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати цілісності E;

- не відбувалась втрата теплоізолювальної здатності внаслідок температур необігріваної поверхні, що перевищують температури займання – граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності I.

(3) Граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності I може вважатись досягнутим у тих випадках, коли середнє зростання температури під час стандартного вогневого впливу на необігрівану поверхню не перевищує 140 °C, а максимальне зростання в будь-якому місці цих поверхонь не перевищує 180 °C.

(4)Р Конструкції мають відповідати граничним станам з вогнестійкості R, E та I таким чином:

- огорожувальні: E та I;
- несучі: R;
- огорожувальні та несучі: R, E та I.

ПРИМІТКА EN 1999-1-2 стосується лише граничного стану з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R. Властивості матеріалів, що наведені в стандарті, можуть використовуватись для розрахунку за граничним станом з вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності I.

(5) Критерій деформації застосовують у випадках, коли засоби захисту або критерії розрахунку для огорожувальних елементів

## 2 BASIS OF DESIGN

### 2.1 Requirements

#### 2.1.1 Basic requirements

(1)P Where mechanical resistance in the case of fire is required, aluminium structures shall be designed and constructed in such a way that they maintain their load bearing function during the relevant fire exposure – criterion R.

(2)P Where compartmentation is required, the respective members shall be designed and constructed in such a way, that they maintain their separating function during the relevant fire exposure, i.e.:

- no integrity failure due to cracks, holes or other openings, which are large enough to cause fire penetration by hot gases or flames – criterion E;

- no insulation failure due to temperatures of the non-exposed surface exceeding ignition temperatures – criterion I.

(3) Criterion I may be assumed to be met where the average temperature rise during the standard fire exposure at the non-exposed surface does not exceed 140 °C and the maximum rise at any point on the nonexposed surface does not exceed 180 °C.

(4)P Members shall comply with criteria R, E, I as follows:

- separating only: E and I;
- load bearing only: R;
- separating and load bearing: R, E and I.

NOTE EN 1999-1-2 deals only with the R-criterion. The material properties given in this standard may be used when calculating temperatures for the I-criterion.

(5) Deformation criteria should be applied where the protection aims, or the design criteria for separating elements, require consideration of

потребують урахування деформацій несучих конструкцій.

(6) За виключенням (5) деформації несучих конструкцій не враховуються:

- для оцінки ефективності засобів захисту згідно з 3.3.2;
- якщо огорожувальні конструкції відповідають вимогам під час номінального вогневого впливу.

### 2.1.2 Номінальний вогневий вплив

(1) Для стандартного температурного режиму конструкції мають відповідати граничному стану з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R таким чином:

- несучі: механічний опір (граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R).

(2) Граничний стан з вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності R вважається забезпеченим, якщо забезпечена несуча здатність протягом потрібного часу під час вогневого впливу.

(3) За температурного режиму вуглеводневої пожежі застосовуються ті самі граничні стани з вогнестійкості, але посилання на цю криву ідентифікується літерами HC.

### 2.1.3 Параметричний вогневий вплив

(1) Несуча здатність забезпечена протягом всієї пожежі, включаючи фазу затухання, або визначеного проміжку часу.

## 2.2 Впливи

(1) Теплові та механічні впливи приймаються згідно з EN 1991-1-2.

(2) Значення  $\dot{h}_{\text{net,d}}$  визначаються за EN 1991-1-2 враховуючи, що:

$\varepsilon_m = 0,3$  для чистих незахищених поверхонь та

$\varepsilon_m = 0,7$  для пофарбованих та покритих (наприклад сажею) поверхонь,

## 2.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів

(1) Розрахункові значення механічних властивостей матеріалів  $X_{\text{fi,d}}$  наведені нижче:

$$X_{\text{fi,d}} = k_0 X_k / \gamma_{M,\text{fi}}$$

де

$X_k$  – характеристичне значення міцнісних

the deformation of the load bearing structure.

(6) Except from (5), consideration of the deformation of the load bearing structure is not necessary in the following cases, as relevant:

- the efficiency of the means of protection has been evaluated according to section 3.3.2;
- the separating components have to fulfil requirements according to a nominal fire exposure.

### 2.1.2 Nominal fire exposure

(1) For the standard fire exposure, members should comply with criteria R as follows:

- load bearing only: Mechanical resistance (criterion R).

(2) Criterion R is assumed to be satisfied where the load bearing function is maintained during the required time of fire exposure.

(3) With the hydrocarbon fire exposure curve the same criteria should apply, however the reference to this specific curve should be identified by the letters HC.

### 2.1.3 Parametric fire exposure

(1) The load-bearing function is ensured if collapse is prevented during the complete duration of the fire including the decay phase or during a required period of time.

## 2.2 Actions

(1) The thermal and mechanical actions should be taken from EN 1991-1-2.

(2) The values of  $\dot{h}_{\text{net,d}}$  should be obtained from EN 1991-1-2 using:

$\varepsilon_m = 0,3$  for clean uncovered surfaces and

$\varepsilon_m = 0,7$  for painted and covered (e.g. sooted) surfaces,

## 2.3 Design values of material properties

(1) Design values of mechanical material properties  $X_{\text{fi,d}}$  are defined as follows:

(2.1)

where

$X_k$  is the characteristic value of a strength or

чи деформаційних властивостей (зазвичай  $f_k$  чи  $E_k$ ) для розрахунку за нормальних температур згідно з EN 1999-1-1

$X_{k,\theta}$  – значення властивості матеріалу для розрахунку на вогнестійкість, що залежить від температури матеріалу, див. Розділ 3

$k_\theta$  – коефіцієнт зниження міцнісних чи деформаційних властивостей ( $X_{k,\theta}/X_k$ ) залежних від температури матеріалу, див. розділ 3

ПРИМІТКА Для термомеханічних властивостей алюмінію коефіцієнт надійності для пожежі див. Національний додаток. Рекомендовано використовувати  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

(2) Розрахункові значення теплофізичних властивостей матеріалу  $X_{fi,d}$  визначають таким чином:

- збільшення значень властивостей в цілях безпеки:

$$X_{fi,d} = X_{k,\theta} / \gamma_{M,fi} \quad (2.2a)$$

- зменшення значень властивостей в цілях безпеки:

$$X_{fi,d} = \gamma_{M,fi} X_{k,\theta} \quad (2.2b)$$

ПРИМІТКА Для теплофізичних властивостей алюмінію коефіцієнт надійності для пожежі див. Національний додаток. Рекомендовано використовувати  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

## 2.4 Методи перевірки

### 2.4.1 Загальні положення

(1)P Модель конструктивної системи, прийнята для розрахунку за EN 1999-1-2, відображає очікувану роботу конструкцій під час пожежі.

ПРИМІТКА Якщо правила, що наведені в EN 1999-1-2, використовуються тільки для стандартного вогневого впливу, це позначено у відповідних пунктах.

(2)P Необхідно перевірити вплив пожежі на визначеному проміжку часу  $t$ :

де

$E_{fi,d}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, що визначається згідно з EN 1991-1-2, і включає результат від теплового розширення та деформації  
 $R_{fi,d,t}$  – відповідний розрахунковий опір під час пожежі

(3) Розрахунок конструктивної системи на вогнестійкість мають виконувати відповідно до EN 1990, 5.1.4 (2).

deformation property (generally  $f_k$  or  $E_k$ ) for normal temperature design according to EN 1999-1-1

$X_{k,\theta}$  is the value of a material property in fire design, generally dependent on the material temperature, see section 3

$k_\theta$  is the reduction factor for a strength or deformation property ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), dependent on the material temperature, see section 3

NOTE For mechanical properties of aluminium, the partial safety factor for the fire situation see National Annex. The use of  $\gamma_{M,fi} = 1.0$  is recommended.

(2) Design values of thermal material properties  $X_{fi,d}$  are defined as follows:

- if an increase of the property is favourable for safety:

- if an increase of the property is unfavourable for safety:

NOTE For thermal properties of aluminium, the partial safety factor for the fire situation see National Annex. The use of  $\gamma_{M,fi} = 1.0$  is recommended.

## 2.4 Verification methods

### 2.4.1 General

(1)P The model of the structural system adopted for design to EN 1999-1-2 shall reflect the expected performance of the structure in fire.

NOTE Where rules given in EN 1999-1-2 are valid only for the standard fire exposure, this is identified in the relevant clauses.

(2)P It shall be verified that, during the relevant duration of fire exposure  $t$ :

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (2.3)$$

where

$E_{fi,d}$  is the design effect of actions for the fire situation, determined in accordance with EN 1991-1-2, including the effects of thermal expansions and deformations  
 $R_{fi,d,t}$  is the corresponding design resistance in the fire situation

(3) The structural analysis for the fire situation should be carried out according to EN 1990, 5.1.4 (2).



ПРИМІТКА 1 Для розрахунку окремої конструкції див. 2.4.2. Для розрахунку частини конструктивної системи див. 2.4.3. Для загального розрахунку конструктивної системи див. 2.4.4.

ПРИМІТКА 2 Для перевірки відповідності вимогам нормованої вогнестійкості достатньо провести розрахунок окремої конструкції.

(4) Як альтернатива проектуванню за розрахунком, розрахунок на вогнестійкість може базуватись на результатах вогневих випробувань або на сполученні результатів вогневих випробувань з розрахунками.

#### 2.4.2 Розрахунок конструкції

(1) Навантажувальний ефект визначають з розрахунку конструкцій в момент часу  $t = 0$  з використанням коефіцієнтів сполучення  $\psi_{1,1}$  або  $\psi_{2,1}$  відповідно до EN 1991-1-2 пункт 4.3.1.

(2) Як спрощення до (1) навантажувальний ефект  $E_{fi,d}$  можна отримати з розрахунку конструкцій за нормальної температури:

де

$E_d$  – розрахункове значення відповідного зусилля чи моменту за нормальних температур на основі сполучення дій (EN 1990)

(3) Коефіцієнт зниження  $\eta_{fi}$  для сполучення навантажень за формулою (6.10) в EN 1990 має визначатись за:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5)$$

або для сполучень навантажень (6.10a) та (6.10b) в EN 1990 як менше значення в наведених нижче формулах:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5b)$$

де

$Q_{k,1}$  – головне змінне навантаження

$G_k$  – характеристичне значення постійної дії

$\gamma_G$  – частковий коефіцієнт постійної дії

$\gamma_{Q,1}$  – частковий коефіцієнт змінного навантаження 1

$\psi_{fi}$  – коефіцієнт сполучення навантажень для циклічних та квазіпостійних значень, наведених як  $\psi_{1,1}$  або  $\psi_{2,1}$

$\xi$  – коефіцієнт зниження для несприятливої постійної дії  $G$

ПРИМІТКА 1 Значення  $\gamma_G$ ,  $\gamma_{Q,1}$ ,  $\psi_{fi}$  та  $\xi$  може бути наведені в Національному додатку. Рекомендоване

NOTE 1 For member analysis, see 2.4.2. For analysis of parts of the structure, see 2.4.3. For global structural analysis, see 2.4.4.

NOTE 2 For verifying standard fire resistance requirements, a member analysis is sufficient.

(4) As an alternative to design by calculation, fire design may be based on the results of fire tests, or on fire tests in combination with calculations.

#### 2.4.2 Member analysis

(1) The effect of actions should be determined for time  $t = 0$  using combination factors  $\psi_{1,1}$  or  $\psi_{2,1}$  according to EN 1991-1-2 clause 4.3.1.

(2) As a simplification to (1), the effect of actions  $E_{fi,d}$  may be obtained from a structural analysis for normal temperature design as:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (2.4)$$

where

$E_d$  is the design value of the corresponding force or moment for normal temperature design, for a fundamental combination of actions (see EN 1990)

(3) The reduction factor  $\eta_{fi}$  for load combination (6.10) in EN 1990 should be taken as:

or for load combination (6.10a) and (6.10b) in EN 1990 as the smaller value given by the two following expressions:

where

$Q_{k,1}$  is the principal variable load

$G_k$  is the characteristic value of a permanent action

$\gamma_G$  is the partial factor for permanent actions

$\gamma_{Q,1}$  is the partial factor for variable action 1

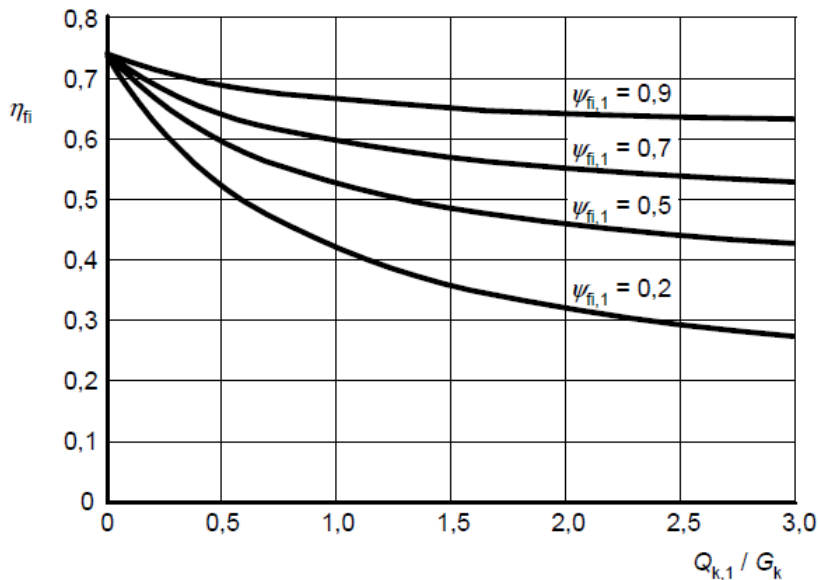
$\psi_{fi}$  is the combination factor for frequent values, given either by  $\psi_{1,1}$  or  $\psi_{2,1}$

$\xi$  is a reduction factor for unfavourable permanent actions  $G$

NOTE 1 The values of  $\gamma_G$ ,  $\gamma_{Q,1}$ ,  $\psi_{fi}$  and  $\xi$  may be

значення наведене EN 1990. EN 1991-1-2 рекомендує використовувати  $\psi_{2,1}$  як  $\psi_{fi}$ .

**ПРИМІТКА 2** Приклади зміни значень коефіцієнтів зниження  $\eta_{fi}$  залежно від відношення навантажень  $Q_{k,1}/G_k$  для різних значень коефіцієнта сполучення  $\psi_{fi}=\psi_{1,1}$  відповідно до формули (2.5), наведено на рисунку 1 з наступними припущеннями, що  $\gamma_{GA}=1,0$ ,  $\gamma_G=1,35$  та  $\gamma_Q=1,5$ . Коефіцієнти надійності можуть бути визначені в Національному додатку EN 1990. Формули (2.5a) та (2.5b) надають більш точні значення.



**Рисунок 1** – Зміна коефіцієнта зниження  $\eta_{fi}$  залежно від співвідношення навантажень  $Q_{k,1}/G_k$

given in the National Annex. Recommended values are given in EN 1990. EN 1991-1-2 recommends using  $\psi_{2,1}$  for  $\psi_{fi}$ .

**NOTE 2** An example of the variation of the reduction factor  $\eta_{fi}$  versus the load ratio  $Q_{k,1}/G_k$  for different values of the combination factor  $\psi_{fi}=\psi_{1,1}$  according to expression (2.5), is shown in Figure 1 with the following assumptions:  $\gamma_{GA}=1,0$ ,  $\gamma_G=1,35$  and  $\gamma_Q=1,5$ . Partial factors may be specified in the National Annexes of EN 1990, where recommended values are given. Equations (2.5a) and (2.5b) give slightly higher values.

**Figure 1** — Variation of the reduction factor  $\eta_{fi}$  with the load ratio  $Q_{k,1}/G_k$

**ПРИМІТКА 3** Як спрощення може використовуватись рекомендоване значення  $\eta_{fi} = 0,65$ , за виключенням прикладених навантажень категорії E згідно з EN 1991-1-1 (ділянки, що сприйнятливі до накопичення виробів, включаючи ділянки доступу), для яких рекомендоване значення становить 0,7.

(4) Потрібно брати до уваги лише вплив температурних деформацій, що є наслідком температурних градієнтів поперечного перерізу. Вплив теплового поздовжнього або поперечного розповсюдження не враховується.

(5) Граничні умови на опорах і кінцях конструкції вважаються незмінними протягом пожежі.

(6) Спрощені або уточнені методи розрахунку, наведені у 4.2 та 4.3 відповідно, застосовуються для перевірки окремих конструкцій під час пожежі.

**NOTE 3** As a simplification the recommended value of  $\eta_{fi} = 0,65$  may be used, except for imposed load according to load category E as given in EN 1991-1-1 (areas susceptible to accumulation of goods, including access areas) where the recommended value is 0,7.

(4) Only the effects of thermal deformations resulting from thermal gradients across the cross-section need to be considered. The effects of axial or in-plane thermal expansions may be neglected.

(5) The boundary conditions at supports and ends of member may be assumed to remain unchanged throughout the fire exposure.

(6) Simplified or advanced calculation methods given in clauses 4.2 and 4.3 respectively are suitable for verifying members under fire conditions.

### 2.4.3 Аналіз частини конструктивної системи

(1) Застосовується 2.4.2 (1).

### 2.4.3 Analysis of part of the structure

(1) 2.4.2 (1) applies.

(2) Як альтернатива загальному розрахунку конструкцій під час пожежі в момент часу  $t = 0$  опорні реакції, внутрішні зусилля та моменти на межі частини конструктивної системи можна отримати з розрахунку конструкцій за нормальних температур, як наведено в 2.4.2.

(3) Частина конструкцій, що розраховується має визначатися на основі ймовірного розповсюдження тепла та температурних деформацій таким чином, щоб їх взаємодія з іншими частинами конструкцій була представлена незалежними від часу опорними та граничними умовами під час вогневого впливу.

(4) В межах частини конструктивної системи, що аналізуються, необхідно враховувати характерний вид відмови під впливом пожежі, залежні від температури властивості матеріалу та жорсткість окремого елемента, вплив розповсюдження тепла та температурні деформації (непрямий вплив пожежі)

(5) Граничні умови на опорах, зусилля та моменти на межі частини конструктивної системи вважаються незмінними під час пожежі.

#### **2.4.4 Загальний розрахунок конструктивної системи**

(1) При проведенні загального розрахунку конструктивної системи під час пожежі необхідно враховувати характерний вид відмови під час пожежі, властивості матеріалу, що залежать від температури, та жорсткість елемента, розповсюдження тепла та температурні деформації (непрямий вплив пожежі).

(2) As an alternative to carrying out a structural analysis for the fire situation at time  $t = 0$ , the reactions at supports and internal forces and moments at boundaries of part of the structure may be obtained from a structural analysis for normal temperature as given in clause 2.4.2.

(3) The part of the structure to be analysed should be specified on the basis of the potential thermal expansions and deformations such, that their interaction with other parts of the structure can be approximated by time-independent support and boundary conditions during fire exposure.

(4) Within the part of the structure to be analysed, the relevant failure mode in fire exposure, the temperature-dependent material properties and member stiffness, effects of thermal deformations (indirect fire actions) should be taken into account

(5) The boundary conditions at supports and forces and moments at boundaries of part of the structure may be assumed to remain unchanged throughout the fire exposure.

#### **2.4.4 Global structural analysis**

(1) Where a global structural analysis for the fire situation is carried out, the relevant failure mode in fire exposure, the temperature-dependent material properties and member stiffness, effects of thermal deformations (indirect fire actions) should be taken into account.

### 3 МАТЕРІАЛ

#### 3.1 Загальні положення

(1) За винятком наведених розрахункових значень, значення властивостей матеріалів, що наведені в цьому розділі, приймаються як характеристичні значення.

(2) Механічні властивості алюмінієвих сплавів за температури 20 °C мають бути враховані як такі, що наведені в EN 1999-1-1 для проектування за нормальної температури.

#### 3.2 Термомеханічні властивості алюмінієвих сплавів

##### 3.2.1 Міцнісні та деформаційні властивості

(1) Для теплового впливу тривалістю до 2 годин, 0,2 % умовна межа текучості за підвищеної температури алюмінієвих сплавів, що наведена в Таблиці 1, визначається за формулою:

$$f_{0,\theta} = k_{0,\theta} f_0$$

де

$f_{0,\theta}$  – 0,2 умовна межа текучості за підвищеної температури

$f_0$  – 0,2 умовна межа текучості за кімнатної температури згідно з EN 1999-1-1.

(2) Для проміжних значень температури алюмінію можна використовувати рисунок 2a, 2b або лінійну інтерполяцію.

### 3 MATERIAL

#### 3.1 General

(1) Unless given as design values, the values of material properties given in this section should be treated as characteristic values.

(2) The mechanical properties of aluminium alloys at 20 °C should be taken as those given in EN 1999-1-1 for normal temperature design.

#### 3.2 Mechanical properties of aluminium alloys

##### 3.2.1 Strength and deformation properties

(1) For thermal exposure up to 2 hours, the 0,2 % proof strength at elevated temperature of the aluminum alloys listed in Table 1, follows from:

where

$f_{0,\theta}$  is 0,2 proof strength at elevated temperature

$f_0$  is 0,2 proof strength at room temperature according to EN 1999-1-1.

(2) For intermediate values of aluminium temperature, Figure 2a, 2b or linear interpolation may be used.

**Таблиця 1а** — Коефіцієнт  $k_{0,\theta}$  зниження 0,2% умовної межі текучості алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для теплового впливу тривалістю до 2 годин

Сплав	Суміш	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 <sup>1)</sup>	1,00	0,93	0,87	0,66	0,37	0,19	0,10	0
EN AW-5052	H34 <sup>2)</sup>	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 <sup>3)</sup>	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 <sup>4)</sup>	1,00	0,91	0,84	0,71	0,38	0,19	0,09	0
EN AW-6082	T4 <sup>5)</sup>	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

1) Значення можуть бути застосоване до суміші H24/H34/H12/H32

2) Значення можуть бути застосоване до суміші H12/H22/H32

3) Значення можуть бути застосоване до суміші H22/H32

4) Значення можуть бути застосоване до EN AW-6060 T6 та T66

5) Значення не враховують підвищення міцності від впливу старіння. Рекомендовано не враховувати такі впливи.

**Table 1a** — 0,2% proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  for aluminium alloys at elevated temperature for up to 2 hours thermal exposure period

Alloy	Temper	Aluminium alloy temperature 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 <sup>1)</sup>	1,00	0,93	0,87	0,66	0,37	0,19	0,10	0
EN AW-5052	H34 <sup>2)</sup>	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 <sup>3)</sup>	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 <sup>4)</sup>	1,00	0,91	0,84	0,71	0,38	0,19	0,09	0
EN AW-6082	T4 <sup>5)</sup>	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

1) The values may be applied also for temper H24/H34/H12/H32

2) The values may be applied also for temper H12/H22/H32

3) The values may be applied also for temper H22/H32

4) The values may be applied also for EN AW-6060 T6 and T66

5) The values do not include an increase in strength due to aging effects. It is recommended to ignore such effects.

(3) 0,2% умовна межа текучості алюмінієвих сплавів за підвищеної

(3) The 0,2% proof strength of aluminium alloys at elevated temperature, not covered in

температури, що не вказана в таблиці 1a, але зазначена в таблиці 3.2a та 3.2b EN 1999-1-1, має бути підтверджена випробуваннями або можливе використовувати нижню межу співвідношення 0,2% умовної межі текучості, що наведені в Таблиці 1b.

Table 1a, but listed in Table 3.2a and 3.2b of EN 1999-1-1, should be documented by testing or the lower limit values of the 0,2% proof strength ratios given in Table 1b may be used.

**Таблиця 1b** – Нижня межа коефіцієнту  $k_{0,\theta}$  0,2% умовної межі текучості алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для теплового впливу тривалістю до 2 годин

	Температура алюмінієвого сплаву °C							
	20	100	150	200	250	300	350	550
Значення нижньої межі	1,00	0,90	0,75	0,50	0,23	0,11	0,06	0

**Table 1b** - Lower limits of the 0,2% proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  for aluminium alloys at elevated temperature for up to 2 hours thermal exposure period

	Aluminium alloy temperature °C							
	20	100	150	200	250	300	350	550
Lower limit values	1,00	0,90	0,75	0,50	0,23	0,11	0,06	0

Додаток А наводить коефіцієнти зменшення міцності  $k_{0,\theta}$  для деяких сплавів та сумішей, що не зазначені в EN 1999-1-1, таблиця 3.2a та 3.2b. 0,2% умовна межа текучості матеріалу за кімнатної температури  $f_0$  можливо взяти з EN 485-2 або з EN 755-2

Annex A gives strength reduction factors,  $k_{0,\theta}$ , for some alloys and tempers not listed in EN 1999-1-1 Table 3.2a and 3.2b. The 0,2% proof strength of the material at room temperature  $f_0$  may be taken from EN 485-2 or EN 755-2

(4) Модуль пружності усіх алюмінієвих сплавів після 2 годин теплового впливу за підвищеної температури  $E_{al,\theta}$  слід брати з таблиці 2.

(4) The modulus of elasticity of all aluminium alloys after two hours thermal exposure to elevated temperature  $E_{al,\theta}$  should be obtained from Table 2.

**Таблиця 2** — Модуль пружності усіх алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для 2 годин теплового впливу,  $E_{al,\theta}$

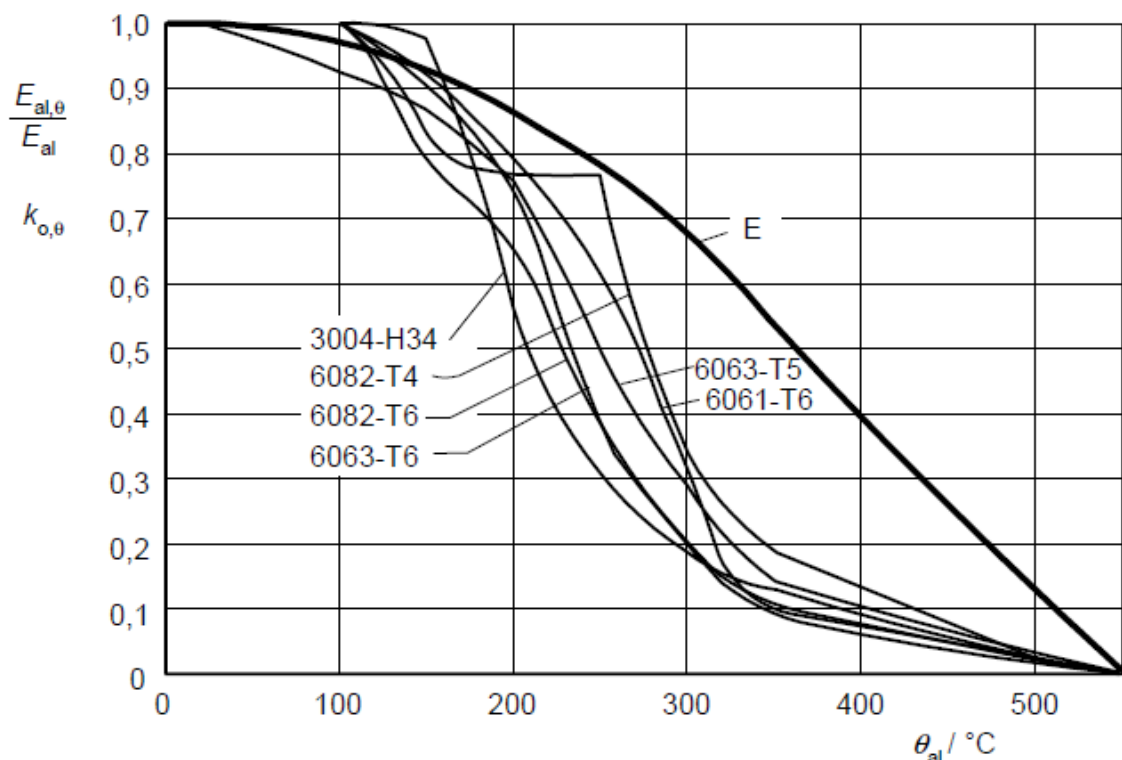
Температура алюмінієвого сплаву, $\theta$ (°C)	Modulus of elasticity, $E_{al,\theta}$ (H/мм²)
20	70 000
50	69 300
100	67 900
150	65 100
200	60 200
250	54 600
300	47 600
350	37 800
400	28 000
450	0

**Table 2** — Modulus of elasticity of aluminium alloys at elevated temperature for a two hour thermal exposure period,  $E_{al,\theta}$ 

Aluminium alloy temperature, $\theta$ (°C)	Modulus of elasticity, $E_{al,\theta}$ (N/mm <sup>2</sup> )
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
450	0

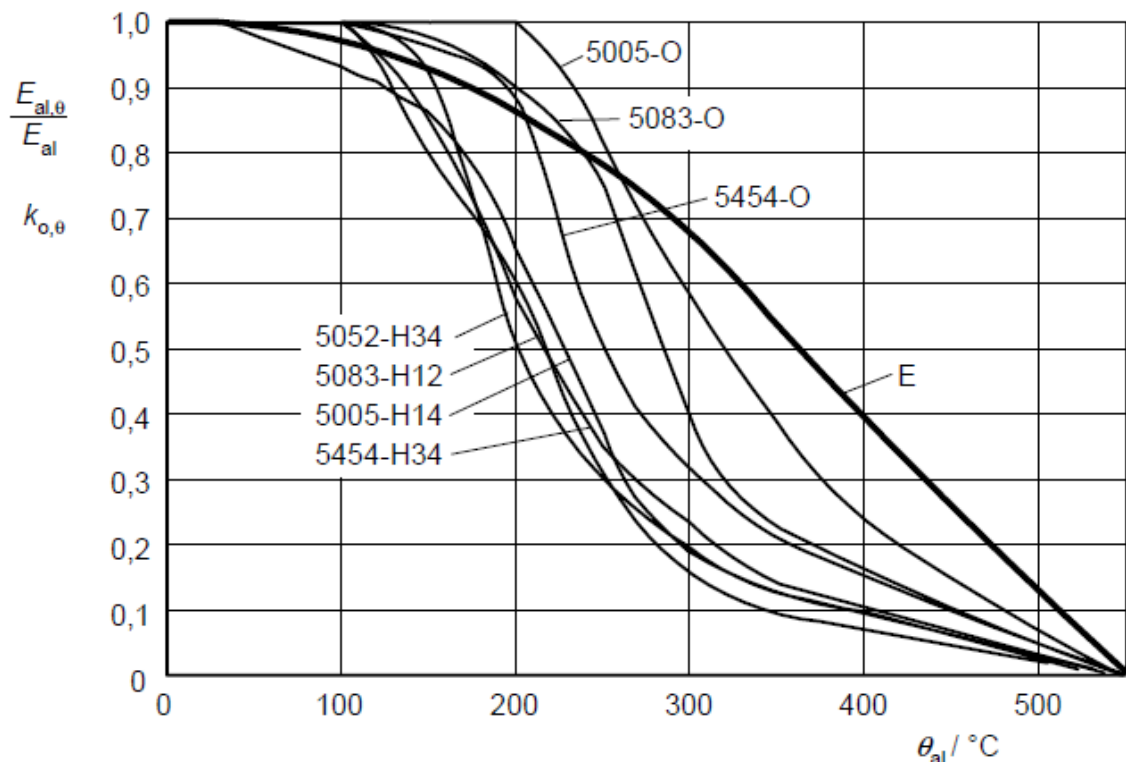
(5) Коефіцієнт  $k_{0,\theta}$  0,2% умовної межі текучості та співвідношення  $E_{al,\theta}/E_{al}$  для алюмінієвий сплав за підвищеної температури  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  для теплового впливу до 2 годин зображені на рисунках 2a та 2b.

(5) The 0,2 proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  and the ratio  $E_{al,\theta}/E_{al}$  for aluminium alloys at elevated temperature  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  are shown in Figure 2a and 2b for up to 2 hours thermal exposure period.



**Рисунок 2а** - Коефіцієнт  $k_{0,\theta}$  0,2% умовної межі текучості та співвідношення  $E = E_{al,\theta}/E_{al}$  для алюмінієвий сплав за підвищеної температури  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  та для теплового впливу до 2 годин, EN-AW 3004 та 6xxx-сплави таблиці 1а

**Figure 2a** – 0,2% proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  and ratio  $E = E_{al,\theta}/E_{al}$  for aluminium alloys at elevated temperature  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  for up to 2 hours thermal exposure period, EN-AW 3004 and 6xxx-alloys of Table 1a



**Рисунок 2 б** - Коефіцієнт  $k_{0,\theta}$  0,2% умовної межі текучості та співвідношення  $E = E_{al,\theta}/E_{al}$  для алюмінієвий сплав за підвищеної температури  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  та для теплового впливу до 2 годин, бxxx сплави таблиці 1а

**Figure 2b** – 0,2% proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  and ratio  $E = E_{al,\theta}/E_{al}$  for aluminium alloys at elevated temperature  $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$  for up to 2 hours thermal exposure period, 5xxx alloys of Table 1a

### 3.2.2 Одиниця маси

(1) Одиниця маси алюмінію  $\rho_{al}$  може бути розглянута незалежно від температури алюмінію. Слід використовувати наступне значення.

$$\rho_{al} = 2700 \text{ кг/м}^3$$

### 3.2.2 Unit mass

(1) The unit mass of aluminium  $\rho_{al}$  may be considered independent of aluminium temperature. The following value should be taken.

$$\text{kg/m}^3$$

## 3.3 Теплофізичні властивості

## 3.3 Thermal properties

### 3.3.1 Алюмінієві сплави

### 3.3.1 Aluminium alloys

#### 3.3.1.1 Температурне видовження

(1) Відносне температурне(а) видовження (деформація) алюмінієвих сплавів,  $\Delta l/l$  слід визначати так:

для

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

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

де

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

$\Delta l$  – видовження внаслідок впливу температури

ПРИМІТКА Зміна відносного температурного видовження залежно від температури наведена на рисунку 3

#### 3.3.1.1 Thermal elongation

(1) The relative thermal elongation (strain) of aluminium alloys,  $\Delta l/l$ , should be determined from the following:

for

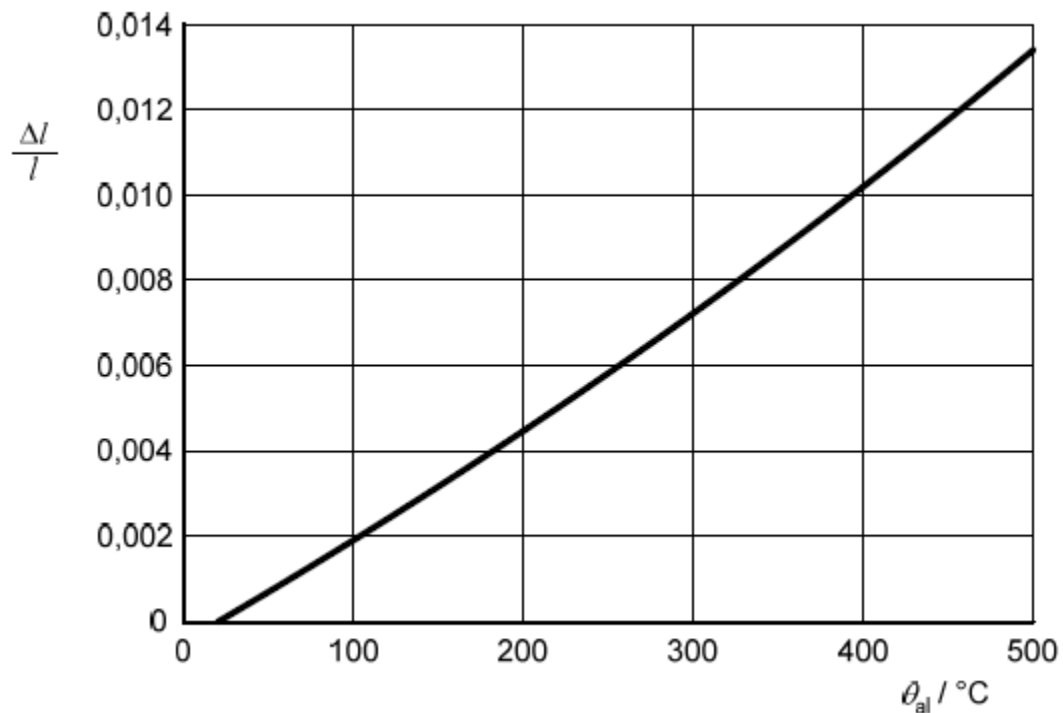
where

$l$  is the length at  $20^{\circ}\text{C}$

$\Delta l$  is the temperature induced elongation

NOTE The variation in the relative thermal elongation with temperature is illustrated in Figure 3.





**Рисунок 3** – Відносне температурне видовження алюмінієвих сплавів залежно від температури

**Figure 3** — Relative thermal elongation of aluminium alloys as a function of the temperature

### 3.3.1.2 Питома теплоємність

(1) Питому теплоємність алюмінію  $c_{al}$  слід визначати так:  
для

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

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

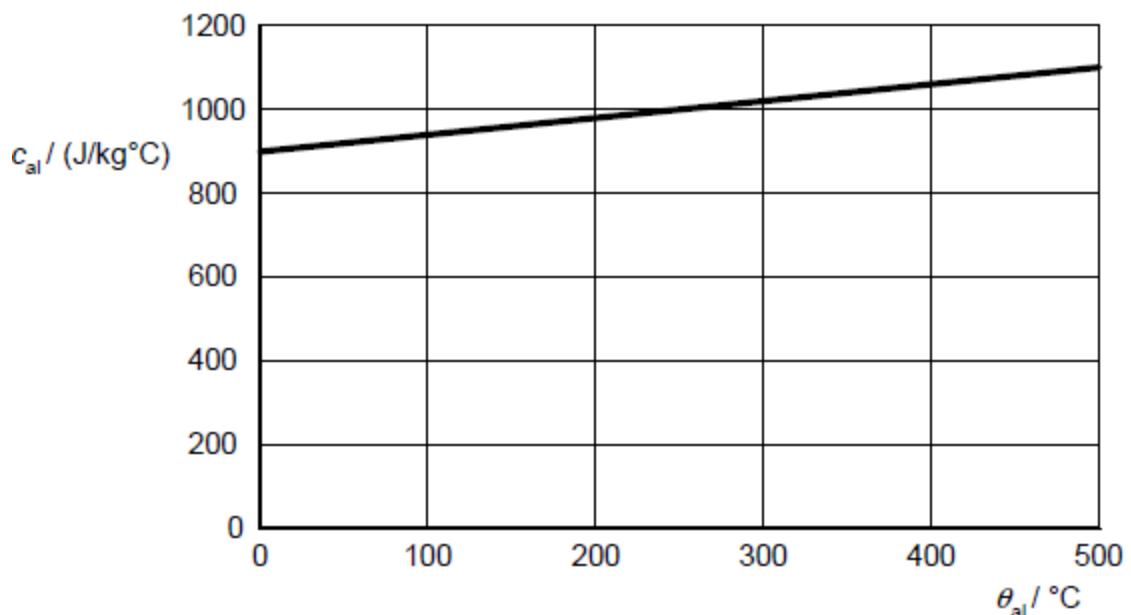
$$\text{(J/kg }^\circ\text{C)}$$

ПРИМІТКА Зміна питомої теплоємності наведена на рисунку 4.

### 3.3.1.2 Specific heat

(1) The specific heat of aluminium,  $c_{al}$ , should be determined from the following:  
for

NOTE The variation in specific heat is illustrated in Figure 4.



**Рисунок 4** – Питома теплоємність алюмінієвих сплавів залежно від температури

**Figure 4** — Specific heat of aluminium alloys as a function of the temperature

**3.3.1.3 Теплопровідність**

(1) Теплопровідність алюмінієвого сплаву  $\lambda_{al}$  для  $0\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_{al} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , слід визначати з наступного:

a) для сплавів серій 3xxx та 6xxx:

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

b) для сплавів серій 5xxx та 7xxx:

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

ПРИМІТКА Зміна теплопровідності наведена на рисунку 5.

**3.3.1.3 Thermal conductivity**

(1) The thermal conductivity of aluminium alloy,  $\lambda_{al}$ , for  $0\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_{al} < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$  should be determined from the following:

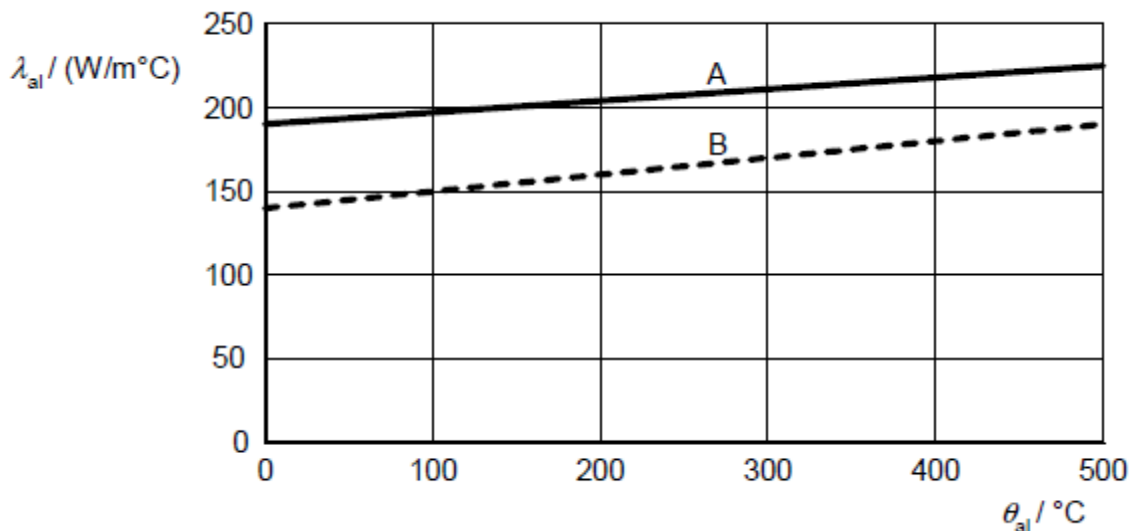
a) for alloys in 3xxx and 6xxx series:

$$\lambda_{al} = 0,07\theta_{al} + 190 \text{ (W/m}^{\circ}\text{C)}$$

b) for alloys in 5xxx and 7xxx series:

$$\lambda_{al} = 0,1\theta_{al} + 140 \text{ (W/m}^{\circ}\text{C)}$$

NOTE The variation of the thermal conductivity is illustrated in Figure 5.



A: серії 3xxx та 6xxx, B: серії 5xxx та 7xxx

**Рисунок 5** – Теплопровідність алюмінієвих сплавів залежно від температури

A: 3xxx and 6xxx series, B: 5xxx and 7xxx series

**Figure 5** — Thermal conductivity as a function of the temperature

**3.3.2 Вогнезахисні покриття**

(1) Властивості та характеристики вогнезахисних покриттів, що використані для проектування, мають бути оцінені для перевірки того, що впродовж відповідного вогневого впливу зберігається зчеплення покриття з основою та його цілісність.

ПРИМІТКА Перевірка властивостей вогнезахисного покриття здійснюється за допомогою випробувань. На разі не існує жодного Європейського стандарту щодо випробувань цих покриттів в поєднанні з алюмінієвих конструкцій. Приклад такого випробування, виконаного з сталевими конструкціями, що покриті вогнезахисним покриттям, наведено в ENV 13381-4.

**3.3.2 Fire protection materials**

(1) The properties and performance of fire protection materials used in design should be assessed as to verify that the fire protection remains coherent and cohesive to its support throughout the relevant fire exposure.

NOTE The verification of the properties of protection materials is generally performed by tests. Presently there are no European standard for testing of such materials in connection with aluminium structures. An illustration of such test applicable to fire protected steel structures is given in ENV 13381-4.

## 4 РОЗРАХУНОК НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

### 4.1 Загальні положення

(1) Цей розділ наводить наступні правила для будь-яких таких алюмінієвих конструкцій:

- незахищених;
- захищені вогнезахисним покриттям;
- захищені теплозахисним екраном.

ПРИМІТКА Приклади інших методів захисту – це заповнення водою та надійний захист у стінах та підлогах.

(2) Вогнестійкість слід визначати за допомогою одного або декількох з таких підходів:

- прості розрахункові моделі;
- уточнені розрахункові моделі;
- випробування.

(3) Прості розрахункові моделі – це спрощені методи проектування для окремих конструкцій, що базується на консервативних припущеннях.

(4) Уточнені розрахункові моделі – це методи проектування, для яких застосовуються інженерні принципи в максимально наближений спосіб при відповідному застосуванні.

### 4.2 Прості розрахункові моделі

#### 4.2.1 Загальні положення

(1) Несуча здатність алюмінієвої конструктивної системи або конструкції має збергатись через проміжок часу  $t$  перебування у вогні, якщо:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

де

$E_{fi,d}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, що визначається згідно з EN 1991-1-2 (внутрішні зусилля та моменти  $M_{fi,Ed}$ ,  $N_{fi,Ed}$ ,  $V_{fi,Ed}$  окремо або в сполученні)

$R_{fi,d,t}$  – розрахунковий опір алюмінієвої конструктивної системи або конструкції під час пожежі, в момент часу  $t$  ( $M_{fi,t,Rd}$ ,  $M_{b,fi,t,Rd}$ ,  $N_{fi,t,Rd}$ ,  $N_{b,fi,t,Rd}$ ,  $V_{fi,t,Rd}$  окремо або в сполученні)

(2)  $R_{fi,d,t}$  слід визначати для розподілу температури в конструкції в момент часу  $t$ , змінюючи розрахунковий опір для проектування за нормальної температури, що визначений за EN 1999-1-1, враховуючи

## 4 STRUCTURAL FIRE DESIGN

### 4.1 General

(1) This section gives rules for aluminium structures that can be either:

- unprotected;
- insulated by fire protection material;
- protected by heat screens.

NOTE Examples of other protection methods are water filling or partial protection in walls and floors.

(2) Fire resistance should be determined by one or more of the following approaches:

- simple calculation models;
- advanced calculation models;
- testing.

(3) Simple calculation models are simplified design methods for individual members, which are based on conservative assumptions.

(4) Advanced calculation models are design methods in which engineering principles are applied in a realistic manner to specific applications.

### 4.2 Simple calculation models

#### 4.2.1 General

(1) The load-bearing function of an aluminium structure or structural member shall be assumed to be maintained after a time  $t$  in a given fire if:

where

$E_{fi,d}$  is the design effect of actions for the fire design situation, determined in accordance with EN 1991-1-2, (the internal forces and moments  $M_{fi,Ed}$ ,  $N_{fi,Ed}$ ,  $V_{fi,Ed}$  individually or in combination)

$R_{fi,d,t}$  is the design resistance of the aluminium structure or structural member, for the fire design situation, at time  $t$ , ( $M_{fi,t,Rd}$ ,  $M_{b,fi,t,Rd}$ ,  $N_{fi,t,Rd}$ ,  $N_{b,fi,t,Rd}$ ,  $V_{fi,t,Rd}$  individually or in combination)

(2)  $R_{fi,d,t}$  should be determined for the temperature distribution in the structural members at time  $t$  by modifying the design resistance for normal temperature design, determined from EN 1999-1-1, to take account of the mechanical

термомеханічні властивості алюмінієвих сплавів за підвищеної температури, див. 3.2.1 та 3.2.2.

(3) Не слід перевіряти опір з'єднання між конструкціями за умови, що тепловий опір  $(d_p/\lambda_p)_c$  вогнезахисного покриття з'єднання не менший за мінімальне значення теплового опору  $(d_p/\lambda_p)_M$  вогнезахисного покриття будь-якої алюмінієвої конструкції, приєднаної цим з'єднанням.

(4) Щодо зварних з'єднань слід враховувати знижену міцність в зонах теплового впливу.

(5) Припустимо, що пункти в 4.2.2.2, 4.2.2.3 та 4.2.2.4 виконані, якщо в момент часу  $t$  температура алюмінію  $\theta_{al}$  у всіх поперечних перерізах не більша за 170 °C.

## 4.2.2 Опір

### 4.2.2.1 Класифікація поперечних перерізів

(1) Поперечні перерізи під час пожежі класифікуються як при проектуванні за нормальної температури відповідно до 6.1.4 в EN 1999-1-1.

**ПРИМІТКА** Це правило ґрунтується на відносному зниженні 0,2% умовної межі текучості та модуля пружності. Якщо враховано фактичне зниження модуля пружності згідно з Рисунком 2, класифікація перерізів змінюється, і можливо розрахувати більшу потужність перерізу. Національний Додаток може надавати положення щодо врахування цього.

### 4.2.2.2 Розтягнута конструкція

(1) Розрахунковий опір  $N_{fi,t,Rd}$  розтягнутої конструкції з нерівномірним розподілом температури по поперечному перерізу в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum A_i k_{o,\theta,i} f_{o,i} / \gamma_{M,fi} \quad (4.2)$$

де

$A_i$  – площа поперчного перерізу нетто конструкції з температурою  $\theta_i$  з виключенням, якщо це необхідно для послаблення зони теплового впливу (ЗТВ). Виключення ґрунтується на приведеній товщині  $\rho_{o,HAZ} \cdot t$

$k_{o,\theta,i}$  – коефіцієнт зниження для ефективної 0,2% умовної межі текучості за температури  $\theta_i$ .  $\theta_i$  – температура в площі поперчного перерізу конструкції  $A_i$

(2) Розрахунковий опір  $N_{fi,0,Rd}$

properties of aluminium alloys at elevated temperature, see 3.2.1 and 3.2.2.

(3) The resistance of connections between members need not be checked provided that the thermal resistance  $(d_p/\lambda_p)_c$  of the fire protection of the connection is not less than the minimum value of the thermal resistance  $(d_p/\lambda_p)_M$  of the fire protection of any of the aluminium members joined by that connection.

(4) For welded connections the reduced strength in the heat affected zones shall be taken into account.

(5) It may be assumed that the clauses in 4.2.2.2, 4.2.2.3 and 4.2.2.4 are satisfied if at time  $t$  the aluminium temperature  $\theta_{al}$  at all cross-sections is not more than 170 °C.

## 4.2.2 Resistance

### 4.2.2.1 Classification of cross-sections

(1) In a fire design situation, cross-sections may be classified as for normal temperature design according to 6.1.4 in EN 1999-1-1.

**NOTE** This rule is based on the same relative drop in the 0,2 % proof strength and modulus of elasticity. If the actual drop in modulus of elasticity is taken into account according to Figure 2, the classification of the section changes, and a larger capacity value of the section can be calculated. The National Annex may give provisions to take this into account.

### 4.2.2.2 Tension members

(1) The design resistance  $N_{fi,t,Rd}$  of a tension member with a non uniform temperature distribution over the cross section at time  $t$  may be determined from:

where

$A_i$  is an elemental area of the net cross-section with a temperature  $\theta_i$ , including a deduction if required to allow for the effect of HAZ softening. The deduction is based on the reduced thickness of  $\rho_{o,HAZ} \cdot t$

$k_{o,\theta,i}$  is the reduction factor for the effective 0,2 % proof strength at temperature  $\theta_i$ .  $\theta_i$  is the temperature in the elemental area  $A_i$

(2) The design resistance  $N_{fi,0,Rd}$  of a tension

розтягнутої конструкції з рівномірною температурою  $\theta_{al}$  слід визначати за формулою:

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

де

$N_{Rd}$  – розрахунковий опір за нормальної температури згідно з EN 1999-1-1.  $N_{Rd}$  – це  $N_{o,Rd}$  або  $N_{u,Rd}$

$\gamma_{Mx}$  – коефіцієнт надійності за матеріалом згідно з EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  використовується у сполученні з  $N_{o,Rd}$ , а  $\gamma_{M2}$  використовується у сполученні з  $N_{u,Rd}$

Розрахунковий опір  $N_{fi,\theta,Rd}$  визначається сполученням  $N_{Rd}$  та  $\gamma_{Mx}$ , що представляє найнижчу потужність.

#### 4.2.2.3 Балки

(1) Розрахункова несуча здатність поперечного перерізу класу 1 або 2 при згині  $M_{fi,t,Rd}$  з нерівномірним розподілом температури в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum A_i z_i k_{o,\theta,i} f_o / \gamma_{M,fi} \quad (4.4)$$

де

$z_i$  – відстань між нейтральною віссю пластичності та центри площі поперечного перерізу конструкції  $A_i$ .

(2) Розрахункова несуча здатність поперечного перерізу класу 3 або 4 при згині  $M_{fi,t,Rd}$  з нерівномірним розподілом температури в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta_{max}} M_{Rd} (\gamma_{Mx}/\gamma_{M,fi}) \quad (4.7)$$

де

$k_{o,\theta_{max}}$  – коефіцієнт 0,2% умовної межі текучості для міцності алюмінієвих сплавів за температури  $\theta_{al}$ , що еквівалентні максимальній температурі  $\theta_{al,max}$  поперечного перерізу, отриманий в момент часу  $t$

$M_{Rd}$  – розрахункова несуча здатність поперечного перерізу класу 3 або 4 при згині відповідно до EN 1999-1-1.  $M_{Rd}$  – або  $M_{c,Rd}$  або  $M_{u,Rd}$

$\gamma_{Mx}$  – коефіцієнт надійності за матеріалом згідно з EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  – використовується у сполученні з  $M_{c,Rd}$ , а  $\gamma_{M2}$  – використовується у сполученні з  $M_{u,Rd}$

Розрахунковий опір  $M_{fi,t,Rd}$  визначається сполученням  $M_{Rd}$  та  $\gamma_{Mx}$ , що представляє найнижчу потужність.

(3) Проектування  $M_{fi,t,Rd}$  поперечного

member with a uniform temperature  $\theta_{al}$  should be determined from:

where

$N_{Rd}$  is the design resistance for normal temperature design according to EN 1999-1-1.  $N_{Rd}$  is either  $N_{o,Rd}$  or  $N_{u,Rd}$

$\gamma_{Mx}$  is the material coefficient according to EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  is used in combination with  $N_{o,Rd}$  and  $\gamma_{M2}$  is used in combination with  $N_{u,Rd}$

The design resistance  $N_{fi,\theta,Rd}$  is given by the combination of  $N_{Rd}$  and  $\gamma_{Mx}$  which gives the lowest capacity.

#### 4.2.2.3 Beams

(1) The design moment resistance  $M_{fi,t,Rd}$  of a cross-section in class 1 or 2 with a non uniform temperature distribution at time  $t$  may be determined from:

where

$z_i$  is the distance from the plastic neutral axis to the centroid of the elemental area  $A_i$

(2) The design moment resistance  $M_{fi,t,Rd}$  of a cross-section in class 3 or 4 with a non-uniform temperature distribution at time  $t$  may be determined from:

where

$k_{o,\theta_{max}}$  is the 0,2% proof strength ratio for the aluminium alloys strength at temperature  $\theta_{al}$  equal to the maximum temperature  $\theta_{al,max}$  of the cross section reached at time  $t$

$M_{Rd}$  is the moment resistance of the cross-section for normal temperature design for class 3 or 4 according to EN 1999-1-1.  $M_{Rd}$  is either  $M_{c,Rd}$  or  $M_{u,Rd}$

$\gamma_{Mx}$  is the material coefficient according to EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  is used in combination with  $M_{c,Rd}$  and  $\gamma_{M2}$  is used in combination with  $M_{u,Rd}$

The design resistance  $M_{fi,t,Rd}$  is given by the combination of  $M_{Rd}$  and  $\gamma_{Mx}$  which gives the lowest capacity.

(3) The design  $M_{fi,t,Rd}$  of a cross-section in

перерізу класу 1, 2, 3 або 4 з рівномірним розподілом температури в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta} M_{Rd} (\gamma_{Mx}/\gamma_{M,fi}) \quad (4.8)$$

де

$M_{Rd}$  – розрахункова несуча здатність поперечного перерізу при згині для проектування за нормальної температури.  $M_{Rd}$  – або  $M_{c,Rd}$  або  $M_{u,Rd}$   
 $\gamma_{Mx}$  – коефіцієнт надійності за матеріалом згідно з EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  – використовується у сполученні з  $M_{c,Rd}$ , а  $\gamma_{M2}$  – використовується у сполученні з  $M_{u,Rd}$

Розрахунковий опір  $M_{fi,t,Rd}$  визначається сполученням  $M_{Rd}$  та  $\gamma_{Mx}$ , що представляє найнижчу потужність.

(4) Для балок, що зазнають бічного поздовжнього згину з крученням, розрахункова несуча здатність не защемленої з боків балки при поздовжньому згині  $M_{b,fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$M_{b,fi,t,Rd} = k_{o,\theta,max} M_{b,Rd} (\gamma_{M1}/\gamma_{M,fi}) \quad (4.9)$$

де

$M_{b,Rd}$  – розрахункова несуча здатність при поздовжньому згині для проектування за нормальної температури згідно з EN 1999-1-1

(5) Розрахункову міцність балки на зріз  $V_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta} V_{Rd} (\gamma_{M1}/\gamma_{M,fi}) \quad (4.10)$$

де

$k_{o,\theta}$  – коефіцієнт 0,2% умовної межі текучості для міцності алюмінієвих сплавів за температури  $\theta_{al}$ , де  $\theta_{al}$  – максимальна температура частини поперечного перерізу, що здатний сприймати перерізуючу силу

$V_{Rd}$  – міцність на зріз поперечного перерізу нетто для проектування за нормальної температури згідно з EN 1999-1-1

ПРИМІТКА Розрахункові опори, що задаються формулами (4.7), (4.9) та (4.10), базуються на тому ж самому відносному зниженні 0,2% умовної межі текучості та модуля пружності за підвищених температур. Якщо враховано фактичне зниження модуля пружності, то можливо розрахувати більшу потужність. Національний додаток може наводити положення для врахування цього.

class 1, 2, 3 or 4 with a uniform temperature distribution at time  $t$  may be determined from:

where

$M_{Rd}$  is the moment resistance of the cross-section for normal temperature design.  $M_{Rd}$  is either  $M_{c,Rd}$  or  $M_{u,Rd}$

$\gamma_{Mx}$  is the material coefficient according to EN 1999-1-1.  $\gamma_{M1}$  is used in combination with  $M_{c,Rd}$  and  $\gamma_{M2}$  is used in combination with  $M_{u,Rd}$

The design resistance  $M_{fi,t,Rd}$  is given by the combination of  $M_{Rd}$  and  $\gamma_{Mx}$  which gives the lowest capacity.

(4) For beams subjected to lateral-torsional buckling, the design buckling resistance moment  $M_{b,fi,t,Rd}$  of a laterally unrestrained beam at time  $t$  may be determined using:

where

$M_{b,Rd}$  is the design buckling resistance moment for normal temperature design, according to EN 1999-1-1

(5) The design shear resistance  $V_{fi,t,Rd}$  of a beam at time  $t$  may be determined from:

where

$k_{o,\theta}$  is the 0,2% proof stress ratio for the aluminium alloys strength at temperature  $\theta_{al}$ , where  $\theta_{al}$  is the max temperature of that part of the cross section which carries the shear force

$V_{Rd}$  is the shear resistance of the net cross-section for normal temperature design, according to EN 1999-1-1

NOTE The design resistances given with the formulae (4.7), (4.9) and (4.10) are based on the same relative drop in 0,2 % proof strength and modulus of elasticity at elevated temperatures. If the actual drop in the modulus of elasticity is taken into account larger capacity values can be obtained. The National Annex may give provisions to take this into account.

#### 4.2.2.4 Колони

(1) Розрахунковий опір поздовжньому

#### 4.2.2.4 Columns

(1) The design buckling resistance  $N_{b,fi,t,Rd}$

згину  $N_{b,fi,t,Rd}$  конструкції, що працює на стиск, в момент часу  $t$  слід визначати за формулою:

$$N_{b,fi,t,Rd} = k_{o,\theta,max} N_{b,Rd} (\gamma_{M1}/1,2 \gamma_{M,fi}) \quad (4.11)$$

де

$N_{b,Rd}$  – опір поздовжньому згину для проектування за нормальної температури згідно з EN 1999-1-1

1,2 – коефіцієнт зниження розрахункового опору завдяки повзучості алюмінієвих сплавів, залежної від температури

(2) Для визначення відносної гнучкості використовують положення EN 1999-1-1.

(3) Для визначення приведена довжина колони  $l_{fi}$ , застосовуються правила EN 1999-1-1 з урахуванням винятків, що наведені далі.

(4) Колонна на рівні, що розглядається жорстко защемлена до колон вгорі та знизу, якщо такі є, може розглядатися як ефективно защемлена, за умови, що вогнестійкість будівельних конструкцій, які відокремлюють рівні колон, що розглядаються, щонайменше дорівнює вогнестійкості колони.

(5) Що стосується рамної конструкції з в'язями, в якій кожен поверх є протипожежним відсіком з достатньою вогнестійкістю, на проміжному поверсі приведеної довжини колони  $l_{fi}$  слід визначати як  $l_{fi} = 0,5L$ , а на верхньому поверсі приведеної довжини колони  $l_{fi}$  слід визначати як  $l_{fi} = 0,7L$ , де  $L$  – системна довжина на відповідному поверсі, див. Рисунок 6.

ПРИМІТКА Розрахунковий опір відповідно до формули (4.11) ґрунтується на тому ж відносному зниженні 0,2% умовної межі текучості та модуля пружності. Якщо враховано фактичне зниження модуля пружності, то можливо розрахувати більшу потужність. Національний Додаток може наводити положення для врахування цього.

of a compression member at time  $t$  may be determined from:

where

$N_{b,Rd}$  is the buckling resistance for normal temperature design according to EN 1999-1-1

1,2 is a reduction factor of the design resistance due to the temperature dependent creep of aluminium alloys

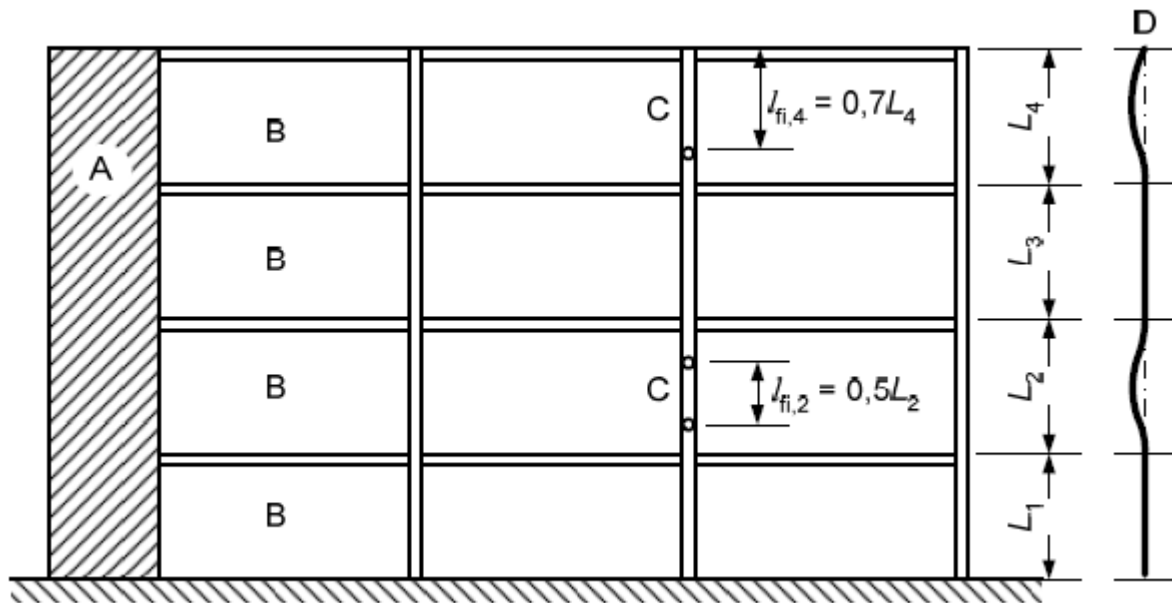
(2) For the determination of the relative slenderness the provisions of EN 1999-1-1 apply.

(3) For the determination of the buckling length  $l_{fi}$  of columns, the rules of EN 1999-1-1 apply, with the exception given hereafter.

(4) A column at the level under consideration, fully connected to the column above and below, if any, may be considered as effectively restrained, provided the resistance to fire of the building elements, which separate the levels under consideration, is at least equal to the fire resistance of the column.

(5) In the case of a braced frame in which each storey comprises a separate fire compartment with sufficient fire resistance, in an intermediate storey the buckling length  $l_{fi}$  of a column may be taken as  $l_{fi} = 0,5L$  and in the top storey the buckling length may be taken as  $l_{fi} = 0,7L$  where  $L$  is the system length in the relevant storey, see Figure 6.

NOTE The design resistance given with formula (4.11) is based on the same relative drop in the 0,2 % proof strength and modulus of elasticity. If the actual drop in modulus of elasticity is taken into account, a larger capacity value can be obtained. The National Annex may give provisions to take this into account.



A: Діафрагма жорсткості або інша система розкосів

B: Протипожежний відсік на кожному поверсі

C: Приведена довжина колони

D: Деформація під час пожежі

**Рисунок 6** – Приклади приведеної довжини колони  $l_{fi}$  разної конструкції з в'язями

A: Shear wall or other bracing system

B: Separate fire compartments in each storey

C: Column buckling length

D: Deformation mode in fire

**Figure 6** — Examples of buckling lengths  $l_{fi}$  of columns in braced frames

б) Розрахунковий опір поздовжньому згину конструкції, що зазнає сполученої дії згинаючих та осьових сил, слід визначати згідно з EN 1999-1-1, використовуючи правила сполучення для проектування за нормальної температури, а також використовуючи:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= N_{fi,Ed} \\ M_{y,Ed} &= M_{y,fi,Ed} \\ M_{z,Ed} &= M_{z,fi,Ed} \end{aligned}$$

як розрахункові навантаження

Вогнестійкість конструкцій визначена за 4.2.2.3 та 4.2.2.4 в цьому стандарті.

(6) The design buckling resistance of a member subjected to combined bending and axial forces may be determined from EN 1999-1-1 using the combination rules for normal temperature design and using:

as design loads.

The member resistance in fire is determined from 4.2.2.3 and 4.2.2.4 in this standard.

#### 4.2.3 Зміна температурного режиму в алюмінії

##### 4.2.3.1 Незахищені внутрішні алюмінієві конструкції

(1) Для еквівалентного рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі підвищення температури  $\Delta\theta_{al(t)}$  в незахищеній конструкції за проміжок часу  $\Delta t$  слід визначати за формулою:

$$\Delta\theta_{al(t)} = k_{sh} \frac{1}{c_{al} \rho_{al}} \frac{A_m}{V} \dot{h}_{net} \Delta t \quad (4.12)$$

де

$k_{sh}$  – поправковий коефіцієнт для впливу затінення за 4.2.3.1 (2)

#### 4.2.3 Aluminium temperature development

##### 4.2.3.1 Unprotected internal aluminium members

(1) For an equivalent uniform temperature distribution in the cross-section, the increase of temperature  $\Delta\theta_{al(t)}$  in an unprotected member during a time interval  $\Delta t$  should be determined from:

where

$k_{sh}$  is the correction factor for the shadow effect from 4.2.3.1 (2)



$A_m/V$  – коефіцієнт поперечного перерізу для незахищених алюмінієвих конструкцій ( $m^{-1}$ )

$\dot{h}_{net}$  – розрахункове значення поглинутого теплового потоку одиницею площі, див. EN 1991-1-2

(2) Для двотаврових перерізів, що зазнають номінального вогневого впливу, поправковий коефіцієнт для впливу затінення слід визначати за формулою:

$$k_{sh} = 0,9 \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \quad (4.13)$$

де

$(A_m/V)_b$  – умовний коефіцієнт перерізу

У всіх інших випадках значення  $k_{sh}$  слід визначати як:

$$k_{sh} = \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \leq 1,0 \quad (4.14)$$

ПРИМІТКА 1 Для поперечних перерізів опуклої форми (наприклад, прямокутні або круглі порожнисті перерізи), що повністю знаходяться у вогні, ефект затінення має незначний вплив і, як результат, поправковий коефіцієнт  $k_{sh}$  дорівнює одиниці.

ПРИМІТКА 2 Якщо не враховувати вплив затінення (тобто,  $k_{sh} = 1,0$ ), необхідно приймати консервативні рішення.

(3) Значення  $\dot{h}_{net,d}$  слід визначати за EN 1991-1-2, використовуючи  $\varepsilon_f = 1,0$  та  $\varepsilon_m$  згідно з 2.2(2), де  $\varepsilon_f$  та  $\varepsilon_m$  визначені в EN 1991-1-2.

(4) Значення  $\Delta t$  не слід брати більшим ніж 5 секунд.

(5) У формулі (4.12) значення коефіцієнта перерізу  $A_m/V$  не слід брати меншим ніж  $10 m^{-1}$ .

(6) Для розрахунку площі незахищеної поверхні конструкції  $A_m$  заглибини із зазором на поверхні, що менші, ніж 20 мм, не слід враховувати в площу незахищеної поверхні. Якщо заглибини з зазором на поверхні більші, ніж 20 мм, то площу жолобу слід враховувати в площу незахищеної поверхні. Див. Рисунок 7.

ПРИМІТКА Деякі формули для обчислення розрахункових значень коефіцієнта перерізу незахищених алюмінієвих конструкцій  $A_m/V$  наведені в Таблиці 3.

$A_m/V$  is the section factor for unprotected aluminium members ( $m^{-1}$ )

$\dot{h}_{net}$  is the design value of the net heat flux per unit area, see EN 1991-1-2

(2) For I-sections under nominal fire actions, the correction factor for the shadow effect may be determined from:

where

$(A_m/V)_b$  is box value of the section factor

In all other cases, the value of  $k_{sh}$  should be taken as:

NOTE 1 For cross sections with a convex shape (e.g. rectangular or circular hollow sections) fully embedded in fire, the shadow effect has an insignificant influence and consequently the correction factor  $k_{sh}$  equals unity.

NOTE 2 Ignoring the shadow effect (i.e.:  $k_{sh} = 1,0$ ) leads to conservative solutions.

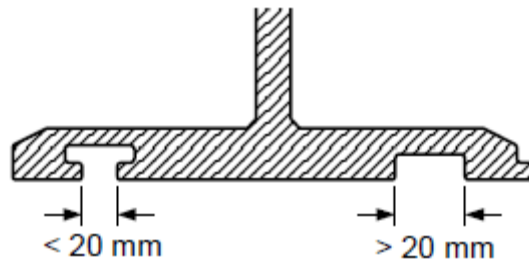
(3) The value of  $\dot{h}_{net,d}$  should be obtained from EN 1991-1-2 using  $\varepsilon_f = 1,0$  and  $\varepsilon_m$  according to 2.2(2) where  $\varepsilon_f$  and  $\varepsilon_m$  are as defined in EN 1991-1-2.

(4) The value of  $\Delta t$  should not be taken as more than 5 seconds.

(5) In expression (4.12), the value of the section factor  $A_m/V$  should not be taken as less than  $10 m^{-1}$ .

(6) For the calculation of the exposed surface area of the member,  $A_m$ , grooves with gap in the surface less than 20 mm should not be included in the exposed surface area. Grooves with gap in the surface  $> 20$  mm, the area of the groove should be included in the area of the exposed area. See Figure. 7.

NOTE Some expressions for calculating design values of the section factor  $A_m/V$  for unprotected aluminium members are given in Table 3.



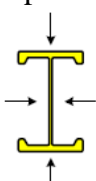
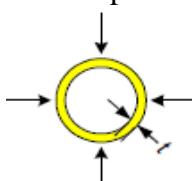
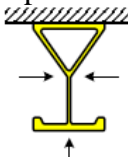
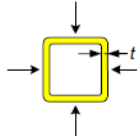
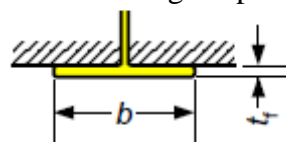
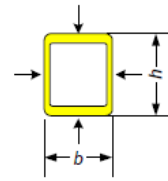
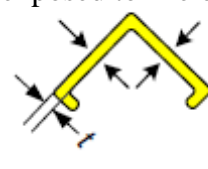
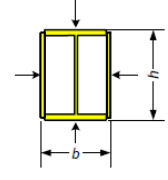
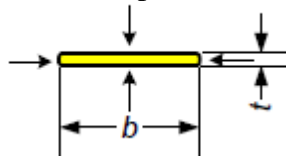
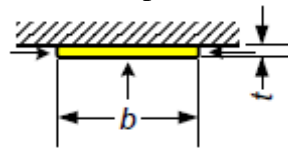
**Рисунок 7** – Приклади заглибин із зазором на поверхні < 20 мм, а також заглибин із зазором на поверхні > 20 мм

**Figure 7** — Examples of grooves with gap in the surface < 20 mm, and grooves with gap in the surface > 20 mm

**Таблиця 3** — Коефіцієнт перерізу  $A_m/V$  для незахищених алюмінієвих конструкцій, з використанням методу зосереджених мас

<p>Відкритий переріз, що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{периметр}}{\text{площа поперечного перерізу}}$	<p>Труба, що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{1}{t}$
<p>Відкритий переріз, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{обігрівана поверхня}}{\text{площа поперечного перерізу}}$	<p>Пустотний переріз (або зварений коробчастий переріз однакової товщини), що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}</math></p>
<p>Полиця двотаврового перерізу, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t_f}{b t_f}$ <p>Якщо <math>t_f \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t_f}</math></p>	<p>Коробчастий переріз, що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+h}{\text{площа поперечного перерізу}}$
<p>Кутик (або будь-який відкритий переріз однакової товщини), що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2}{t}$	<p>Двотавровий переріз із коробчастим підсиленням, що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+h}{\text{площа поперечного перерізу}}$
<p>Штаба, що зазнає вогневого впливу з усіх сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+2t}{bt}$ <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{2}{t}</math></p>	<p>Штаба, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t}{bt}$ <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}</math></p>

**Table 3** — Section factor  $A_m/V$  for unprotected structural aluminium members when using the lumped mass method

<p>Open section exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{perimeter}}{\text{cross-section area}}$	<p>Tube exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{1}{t}$
<p>Open section exposed to fire on three sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{surface exposed to fire}}{\text{cross-section area}}$	<p>Hollow section (or welded box section of uniform thickness) exposed to fire on all sides:</p>  <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}</math></p>
<p>I section flange exposed to fire on three sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t_f}{b t_f}$ <p>If <math>t_f \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t_f}</math></p>	<p>Box section exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+h}{\text{cross-section area}}$
<p>Angle (or any open section of uniform thickness) exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2}{t}$	<p>I section with box reinforcement exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+h}{\text{cross-section area}}$
<p>Flat bar exposed to fire on all sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+2t}{bt}$ <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{2}{t}</math></p>	<p>Flat bar exposed to fire on three sides:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t}{bt}$ <p>If <math>t \ll b</math>: <math>\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}</math></p>

#### 4.2.3.2 Внутрішні алюмінієві конструкції, що захищені вогнезахисним покриттям

(1) Для забезпечення рівномірного розподілу температур у поперечному перерізі підвищення температури  $\Delta\theta_{al(t)}$  у захищеній конструкції на проміжку часу  $\Delta t$  можна отримати за формулою:

$$\Delta\theta_{al(t)} = \frac{\lambda_p/d_p}{c_{al} \rho_{al}} \frac{A_p}{V} \left[ \frac{1}{1+\phi/3} \right] (\theta_{(t)} - \theta_{al(t)}) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{(t)} \quad (4.15)$$

але  $\Delta\theta_{al(t)} \geq 0$

де:

#### 4.2.3.2 Internal aluminium structures insulated by fire protection material

(1) For a uniform temperature distribution in a cross-section, the temperature increase  $\Delta\theta_{al(t)}$  in an insulated member during a time interval  $\Delta t$  should be obtained from:

but  $\Delta\theta_{al(t)} \geq 0$

in which:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_{al} \rho_{al}} d_p \frac{A_p}{V} \quad (4.16)$$

де

$A_p/V$  – коефіцієнт перерізу для алюмінієвих конструкцій, що захищені вогнезахисним покриттям ( $m^{-1}$ )

$\theta_{(t)}$  – температура навколишнього газу в момент часу  $t$  ( $^{\circ}C$ )

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

$\Delta\theta_{(t)}$  – підвищення навколишньої температури за проміж часу  $\Delta t$  ( $^{\circ}C$ )

(2) Значення  $\Delta t$  не може перевищувати 30 секунд.

(3) У таблиці 4 наведено деякі розрахункові значення коефіцієнту перерізу  $A_p/V$  для захищених алюмінієвих конструкцій.

(4) Для більшості вогнезахисних покриттів можливо змінити розрахунок підвищення температури алюмінію  $\Delta\theta_{al(t)}$  для тимчасової затримки підвищення температури алюмінію, коли вона досягає  $100^{\circ}C$ .

where

$A_p/V$  is the section factor for aluminium members insulated by fire protection material ( $m^{-1}$ )

$\theta_{(t)}$  is the ambient gas temperature at time  $t$  ( $^{\circ}C$ )

$\theta_{al(t)}$  is the aluminium temperature at time  $t$  ( $^{\circ}C$ )


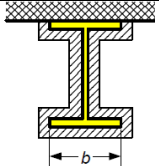
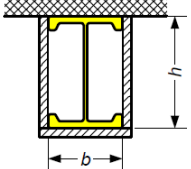
$\Delta\theta_{(t)}$  is the increase of the ambient temperature during the time interval  $\Delta t$  ( $^{\circ}C$ )

(2) The value of  $\Delta t$  should not be taken as more than 30 seconds.

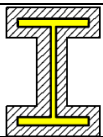
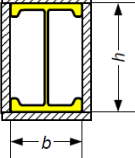
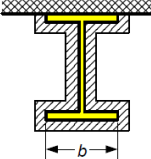
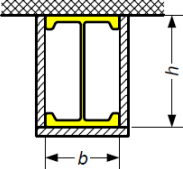
(3) Some design values of the section factor  $A_p/V$  for insulated aluminium members are given in Table 4.

(4) For most fire protection materials the calculation of the aluminium temperature increase  $\Delta\theta_{al(t)}$  may be modified to allow for a time delay in the rise of the aluminium temperature when it reaches  $100^{\circ}C$ .

**Таблиця 4** — Коефіцієнт перерізу  $A_p/V$  для алюмінієвих конструкцій, що захищені вогнезахисним покриттям, з використанням методу зосереджених мас

Ескіз	Опис	Коефіцієнт перерізу ( $A_p/V$ )
	Контурне личкування, що зазнає вогневого впливу з чотирьох сторін.	$\frac{\text{периметр алюмінію}}{\text{площа поперечного перерізу алюмінію}}$
	Пустотне личкування, що зазнає вогневого впливу з чотирьох сторін.	$\frac{2(b + h)}{\text{площа поперечного перерізу алюмінію}}$
	Контурне личкування, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін.	$\frac{\text{периметр алюмінію} - b}{\text{площа поперечного перерізу алюмінію}}$
	Пустотне личкування, що зазнає вогневого впливу з трьох сторін.	$\frac{2h + b}{\text{площа поперечного перерізу алюмінію}}$

**Table 4** — Section factor  $A_p/V$  for structural aluminium members insulated by fire protection materials when using the lumped mass method

Sketch	Description	Section factor ( $A_p/V$ )
	Contour encasement of uniform thickness, exposed to fire on four sides.	$\frac{\text{aluminium perimeter}}{\text{aluminium cross - section area}}$
	Hollow encasement of uniform thickness, exposed to fire on four sides.	$\frac{2(b + h)}{\text{aluminium cross - section area}}$
	Contour encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides.	$\frac{\text{aluminium perimeter} - b}{\text{aluminium cross - section area}}$
	Hollow encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides.	$\frac{2h + b}{\text{aluminium cross - section area}}$

#### 4.2.3.3 Внутрішні алюмінієві конструкції в порожнині, що захищеній тепловими екранами

(1) Положення, що наведені нижче, застосовуються в обох з таких випадків:

- алюмінієві конструкції у порожнині, що обмежені згори перекриттям, а знизу — горизонтальним тепловим екраном;
- алюмінієві компоненти конструкції у порожнині, що обмежені вертикальними тепловими екранами з обох боків.

(2) Для внутрішніх алюмінієвих конструкцій, що захищені тепловими екранами, розрахунок підвищення температури  $\Delta\theta_{al}$  має ґрунтуватись на методах, що наведені в 4.2.3.1 або 4.2.3.2, відповідно до того, що температура навколишнього газу  $\theta_t$  дорівнює температурі газу у порожнині.

(3) Властивості і характеристики теплових екранів мають бути визначені за результатами випробувань відповідно до ENV 13381-1 або ENV 13381-2 відповідно.

(4) Зміна температурного режиму у порожнині, де розташовані алюмінієві конструкції, має бути визначена за результатами стандартизованих випробувань на вогнестійкість згідно з ENV 13381-1 або ENV 13381-2 відповідно, або розрахована якимось погодженим методом.

#### 4.2.3.3 Internal aluminium structures in a void that is protected by heat screens

(1) The provisions given below apply to both of the following cases:

- aluminium members in a void which is bordered by a floor on top and by a horizontal heat screen below;
- aluminium members in a void which is bordered by vertical heat screens on both sides.

(2) For internal aluminium structures protected by heat screens, the calculation of the aluminium temperature increase  $\Delta\theta_{al}$  should be based on the methods given in 4.2.3.1 or 4.2.3.2 as appropriate, taking the ambient gas temperature  $\theta_t$  as equal to the gas temperature in the void.

(3) The properties and performance of the heat screens should be determined using a test procedure conforming with ENV 13381-1 or ENV 13381-2 as appropriate

(4) The temperature development in the void in which the aluminium members are situated should be determined from a standard fire test conforming to ENV 13381-1 or ENV 13381-2 as appropriate, or calculated using an approved method.

(5) Значення коефіцієнтів конвекційного або променевого теплообміну ( $\alpha_c$  та  $\alpha_r$  відповідно), визначені за результатами випробувань згідно з ENV 13381-1 або ENV 13381-2 відповідно, можна використовувати для розрахунку  $\Delta\theta_{al}$  як альтернативу значенням, зазначеним у EN 1991-1-2.

#### 4.2.3.4 Зовнішні алюмінієві конструкції

(1) Температура зовнішніх алюмінієвих конструкцій має бути визначена з урахуванням такого:

- випромінений тепловий потік з протипожежного відсіку;
- випромінений тепловий потік та конвекційний тепловий потік від полум'я, що виринається з отворів;
- випромінена та конвекційна теплові втрати від алюмінієвої конструкції в навколишнє середовище;
- розміри та місцезнаходження будівельних конструкцій.

(2) Теплові екрани можуть бути розташовані з однієї, двох або трьох сторін зовнішньої алюмінієвої конструкції для його захисту від променевого теплообміну.

(3) Теплові екрани мають бути або:

- безпосередньо прикріплені до однієї сторони алюмінієвої конструкції, яку вони мають захищати, або;
- достатньо великими, щоб повністю закрити цю сторону від очікуваного випроміненого теплового потоку.

(4) Теплові екрани мають бути незаймистими і мати вогнестійкість не меншу за EI 30 відповідно до EN ISO 13501-2.

ПРИІТКА Додаток В містить інформацію.

(5) Температуру у зовнішніх алюмінієвих конструкціях, що захищені тепловими екранами, необхідно вимірювати так, як зазначено у (1), якщо до сторін, що захищені екранами, не йде променевий теплообмін.

(6) Розрахунки можуть ґрунтуватися на умовах усталеного стану внаслідок незмінного теплового балансу.

ПРИІТКА 1 Додаток В містить рекомендовані методи.

ПРИІТКА 2 Проектування за додатком В має ґрунтуватися на моделі, що наведена в EN 1991-1-2 і описує стан протипожежного відсіку та полум'я, яке

(5) Values of the heat transfer coefficients for convection and radiation ( $\alpha_c$  and  $\alpha_r$  respectively) determined from tests conforming with ENV 13381-1 or ENV 13381-2 as appropriate, may be used in the calculation of  $\Delta\theta_{al}$  as an alternative to the values given in EN 1991-1-2.

#### 4.2.3.4 External aluminium structures

(1) The temperature in external aluminium structures should be determined taking into account:

- the radiative heat flux from the fire compartment;
- the radiative heat flux and the convection heat flux from flames emanating from openings;
- the radiative and convective heat loss from the aluminium structure to the ambient atmosphere;
- the sizes and locations of the structural members.

(2) Heat screens may be provided on one, two or three sides of an external aluminium member in order to protect it from radiative heat transfer.

(3) Heat screens should be either:

- directly attached to that side of the aluminium member which they are intended to protect, or;
- large enough to fully screen this side from the expected radiative heat flux.

(4) Heat screens should be non-combustible and have a fire resistance of at least EI 30 according to EN ISO 13501-2.

NOTE Annex B gives information.

(5) The temperature in external aluminium structures protected by heat screens should be determined as specified in (1), assuming that there is no radiative heat transfer to those sides which are protected by heat screens.

(6) Calculations may be based on steady state conditions resulting from a stationary heat balance.

NOTE 1 Annex B gives recommended methods.

NOTE 2 Design using Annex B should be based on the model given in EN 1991-1-2 describing the compartment fire conditions and the flames emanating from

виривається з отворів, і на якій має ґрунтуватися розрахунок випроміненого і конвекційного теплових потоків.

### 4.3 Уточнені розрахункові моделі

#### 4.3.1 Загальні положення

(1) Уточнені розрахункові моделі мають ґрунтуватися на фундаментальних теплофізичних характеристиках, що максимально наближені до дійсних характеристик відповідної конструкції в умовах пожежі.

(2) Будь-які потенційні види руйнування, що не охоплені уточненим методом розрахунку (включаючи місцеву втрату стійкості та руйнування від зрізу має бути усунуте відповідними засобами.

(3) Уточнені методи розрахунку мають включати розрахункові моделі для визначення:

- підвищення і розподілу температури всередині будівельних конструкцій (теплотехнічний розрахунок);
- механічні характеристики конструктивної системи або будь-якої її частини (статичний розрахунок).

(4) Уточнені методи розрахунку можуть застосовуватись разом з будь-яким температурними кривими за умови, що відомі властивості матеріалу для відповідного діапазону температур.

(5) Уточнені методи розрахунку можуть застосовуватись для будь-якого типу поперечного перерізу.

#### 4.3.2 Теплотехнічний розрахунок

(1) Уточнені методи вирішення теплотехнічної задачі мають ґрунтуватися на загальноновизначених принципах і припущеннях теорії теплообміну.

(2) Теплотехнічні розрахункові моделі мають враховувати:

- відповідні теплові впливи, що встановлені в EN 1991-1-2;
- зміну теплофізичних властивостей матеріалу залежно від температури, див. 3.3.

(3) Якщо можливо, слід враховувати нерівномірний тепловий вплив і теплообмін до прилеглих будівельних конструкцій.

(4) Впливом будь-якого вмісту води і будь-якого її переміщення всередині вогнезахисного покриття можна консервативно знехтувати.

openings, on which the calculation of the radiative and convective heat fluxes should be based.

### 4.3 Advanced calculation models

#### 4.3.1 General

(1) Advanced calculation methods should be based on fundamental physical behaviour in such a way as to lead to a reliable approximation of the expected behaviour of the relevant structural component under fire conditions.

(2) Any potential failure modes not covered by the advanced calculation method (including local buckling and failure in shear) should be eliminated by appropriate means.

(3) Advanced calculation methods should include calculation models for the determination of:

- the development and distribution of the temperature within structural members (thermal response model);
- the mechanical behaviour of the structure or of any part of it (mechanical response model).

(4) Advanced calculation methods may be used in association with any heating curve, provided that the material properties are known for the relevant temperature range.

(5) Advanced calculation methods may be used with any type of cross-section.

#### 4.3.2 Thermal response

(1) Advanced calculation methods for thermal response should be based on the acknowledged principles and assumptions of the theory of heat transfer.

(2) The thermal response model should consider:

- the relevant thermal actions specified in EN 1991-1-2;
- the variation of the thermal properties of the material with the temperature, see 3.3.

(3) The effects of non-uniform thermal exposure and of heat transfer to adjacent building components may be included where appropriate.

(4) The influence of any moisture content and of any migration of the moisture within the fire protection material may conservatively be neglected.



#### 4.3.3 Статичний розрахунок

(1) Уточнені методи вирішення статичної задачі мають ґрунтуватися на загально визначених принципах і припущеннях теорії будівельної механіки і враховувати зміни термомеханічних властивостей залежно від температури.

(2) Необхідно врахувати впливи температурних деформацій і напружень внаслідок підвищення температури та перепадів температур.

(3) Статичні розрахункові моделі мають враховувати:

- сполучення впливів механічних навантажень, геометричних похибок і теплових впливів;
- термомеханічні властивості матеріалу, що залежні від температури, див. 3.2;
- геометричну нелінійність;
- фізично-нелінійні властивості матеріалу, враховуючи позитивні впливи навантаження чи розвантаження на жорсткість конструкції.

(4) Необхідно детально розглянути впливи короткочасної теплової повзучості для металу, що протягом понад 30 хвилин має температуру, що перевищує 170 °C.

(5) Деформації в граничному стані, що передбачається методом розрахунку, мають бути гарантовано обмежені для забезпечення сумісності усіх частин конструктивної системи.

(6) Для проектування необхідно врахувати граничний стан, за межами якого розраховані деформації конструктивної системи можуть призвести до руйнування внаслідок втрати відповідної опори однією з конструкцій.

(7) Розрахунок окремих конструкцій, що схильні до поздовжніх згинів, можна виконати використовуючи початкове синусоїдальне відхилення з максимальним значенням посередині висоти відповідно до максимально допустимих похибок, зазначених у стандарті EN 1090-3.

#### 4.3.4 Обґрунтування найновіших розрахункових моделей

(1) Перевірка точності розрахункової

#### 4.3.3 Mechanical response

(1) Advanced calculation methods for mechanical response should be based on the acknowledged principles and assumptions of the theory of structural mechanics, taking into account the changes of mechanical properties with temperature.

(2) The effects of thermally induced strains and stresses both due to temperature rise and due to temperature differentials, should be considered.

(3) The mechanical response of the model should also take account of:

- the combined effects of mechanical actions, geometrical imperfections and thermal actions;
- the temperature dependent mechanical properties of the material, see 3.2;
- geometrical non-linear effects;
- the effects of non-linear material properties, including the beneficial effects of loading and unloading on the structural stiffness.

(4) For metal temperature above 170 °C with a duration above 30 minutes the effects of transient thermal creep should be given explicit consideration.

(5) The deformations at ultimate limit state implied by the calculation method should be limited to ensure that compatibility is maintained between all parts of the structure.

(6) The design should take into account the ultimate limit state beyond which the calculated deformations of the structure would cause failure due to the loss of adequate support to one of the members.

(7) The analysis of members subjected to buckling can be performed using a sinusoidal initial imperfection with a maximum value at mid-height according to the maximum allowable deviations specified in EN 1090-3.

#### 4.3.4 Validation of advanced calculation models

(1) A verification of the accuracy of the



моделі має бути виконана за результатами відповідних випробувань.

(2) Результати розрахунку можуть стосуватись температур, деформацій та межі вогнестійкості.

(3) Критичні параметри мають бути гарантовано перевірені так, щоб модель відповідала принципам акустики, за допомогою методів аналізу чутливості.

(4) Критичні параметри можуть стосуватись, наприклад, приведеної довжини, розміру конструкцій, рівню навантажень.

calculation models should be made on basis of relevant test results.

(2) Calculation results may refer to temperatures, deformations and fire resistance times.

(3) The critical parameters should be checked to ensure that the model complies with sound engineering principles, by means of a sensitivity analysis.

(4) Critical parameters may refer, for example to the buckling length, the size of the members, the load level.

**Додаток А**  
(довідковий)

**Annex A**  
(informative)

**ВЛАСТИВОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ  
СПЛАВІВ ТА/АБО СУМІШЕЙ, ЩО НЕ  
ЗАЗНАЧЕНІ В EN 1999-1-1**

**PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOYS  
AND/OR TEMPER NOT LISTED IN  
EN 1999-1-1**

**Таблиця А.1** — Коефіцієнт  $k_{0,\theta}$  0,2% умовної межі текучості алюмінієвих сплавів за підвищеної температури для 2 годин впливу

Сплав	Суміш	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

**Table A.1** — 0,2% proof strength ratios  $k_{0,\theta}$  for aluminium alloys at elevated temperature for a 2 hour exposure period

Alloy	Temper	Aluminium alloy temperature □ 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

Як наближення, значення  $k_{0,\theta}$  для сплаву EN AW-3003 може бути використано для сплаву EN AW-3103.

As an approximation the values of  $k_{0,\theta}$  for alloy EN AW-3003 may be used for alloy EN AW-3103.

**Додаток В**  
(довідковий)

**ТЕПЛООБМІН ЗОВНІШНІХ  
БУДІВЕЛЬНИХ АЛЮМІНІЄВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ**

**В.1 Загальні положення**

**В.1.1 Основи**

(1) В цьому додатку В прийнято, що протипожежний відсік обмежений тільки одним поверхом. Прийнято, що всі вікна або інші подібні прорізи у протипожежному відсіці прямокутні.

(2) Визначення температури протипожежного відсіку, розмірів та температур полум'я, що виривається з прорізів, а також променевий та конвекційних параметрів, має виконуватись відповідно до Додатку В EN 1991-1-2.

(3) Має бути відмінність між конструкціями поглинутими полум'ям та конструкціями непоглинутими полум'ям, що залежить від відповідного розташування прорізів в стінах протипожежного відсіку.

(4) Має бути прийнято, що конструкція непоглинута полум'ям сприймає променевий теплообмін з усіх прорізів на цій стороні протипожежного відсіку та від полум'я, що виривається з усіх цих прорізів.

(5) Має бути прийнято, що конструкція поглинута полум'ям, сприймає конвекційний теплообмін від поглинутого полум'я та променевий теплообмін від поглинутого полум'я і полум'я, що виривається з прорізів протипожежного відсіку. Випроміненим тепловим потоком від іншого полум'я та з інших прорізів можна знехтувати.

**В.1.2 Позначення розмірів**

(1) Позначення геометричних характеристик можна взяти з рисунку В.1.

**В.1.3 Тепловий баланс**

(1) Для конструкції непоглинутої полум'ям середнє значення температури алюмінієвої конструкції  $T_m$  [K] має бути визначене вирішенням такого теплового балансу:

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = \Sigma I_z + \Sigma I_f + 293\alpha \quad (B.1)$$

**Annex B**  
(informative)

**HEAT TRANSFER TO EXTERNAL  
STRUCTURAL ALUMINIUM MEMBERS**

**B.1 General**

**B.1.1 Basis**

(1) In this Annex B, the fire compartment is assumed to be confined to one storey only. All windows or other similar openings in the fire compartment are assumed to be rectangular.

(2) The determination of the temperature of the compartment fire, the dimensions and temperatures of the flames projecting from the openings, and the radiation and convection parameters should be performed according to Annex B of EN 1991-1-2.

(3) A distinction should be made between members not engulfed in flame and members engulfed in flame, depending on their locations relative to the openings in the walls of the fire compartment.

(4) A member that is not engulfed in flame should be assumed to receive radiative heat transfer from all the openings in that side of the fire compartment and from the flames projecting from all these openings.

(5) A member that is engulfed in flame should be assumed to receive convective heat transfer from the engulfing flame, plus radiative heat transfer from the engulfing flame and from the fire compartment opening from which it projects. The radiative heat transfer from other flames and from other openings may be neglected.

**B.1.2 Conventions for dimensions**

(1) The convention for geometrical data may be taken from Figure B.1.

**B.1.3 Heat balance**

(1) For a member not engulfed in flame, the average temperature of the aluminium member  $T_m$  [K] should be determined from the solution of the following heat balance:

де

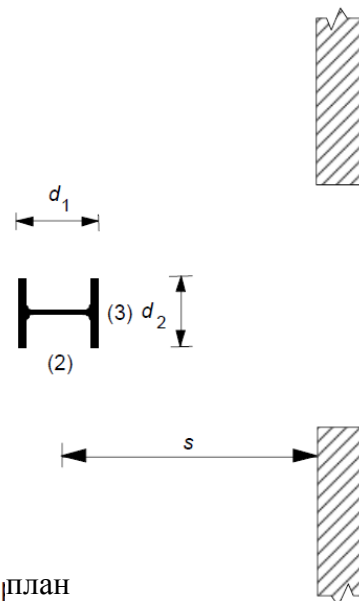
$\sigma$  – стала Стефана Больцмана  
[ $56,7 \times 10^{-12} \text{ кВт/м}^2\text{К}^4$ ]

$\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну [ $\text{кВт/м}^2\text{К}$ ]

$I_z$  – випромінений полум'ям тепловий потік [ $\text{кВт/м}^2$ ]

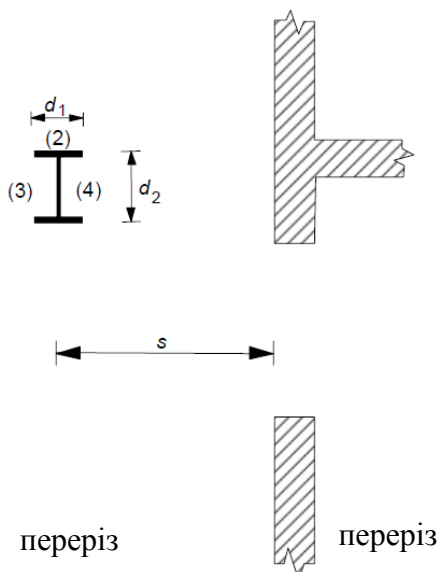
$I_f$  – випромінений з прорізу тепловий потік [ $\text{кВт/м}^2$ ]

(2) Коефіцієнт конвекційного теплообміну  $\alpha$  має бути отриманий з додатку В EN 1991-1-2 для умов «невимушеної (природної) тяги» або «штучної (примусової) тяги» відповідно, використовуючи розмір робочого поперечного перерізу  $d = (d_1 + d_2)/2$ .



1) Колонна, що знаходиться навпроти отвору

#### а) Колони



1) Балка, що розташована паралельно до стіни

#### б) Балки

where

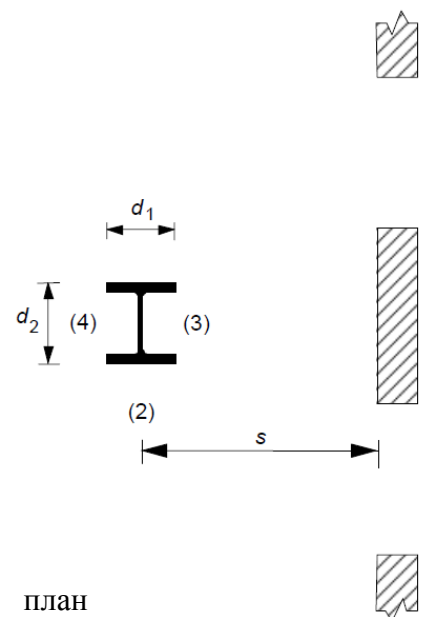
$\sigma$  is the Stefan Boltzmann constant  
[ $56,7 \times 10^{-12} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$ ]

$\alpha$  is the convective heat transfer coefficient  
[ $\text{kW/m}^2\text{K}$ ]

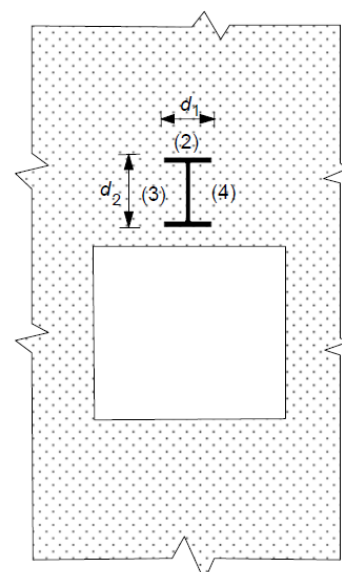
$I_z$  is the radiative heat flux from a flame  
[ $\text{kW/m}^2$ ]

$I_f$  is the radiative heat flux from an opening  
[ $\text{kW/m}^2$ ]

(2) The convective heat transfer coefficient  $\alpha$  should be obtained from Annex B of EN 1991-1-2 for the 'no forced draught' or the 'forced draught' condition as appropriate, using an effective cross-sectional dimension  $d = (d_1 + d_2)/2$ .

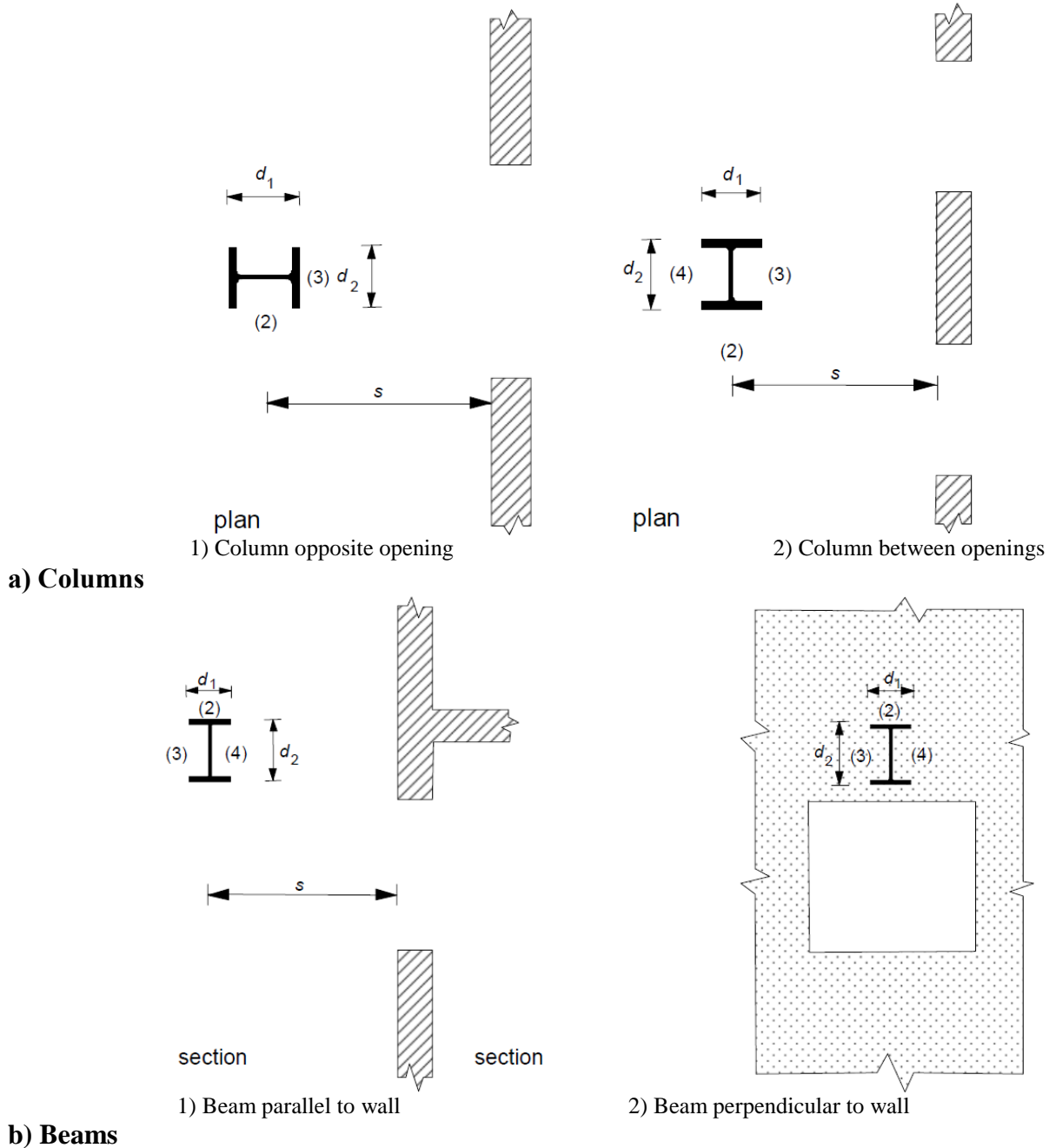


2) Колонна, що знаходиться між отворами



2) Балка, що розташована перпендикулярно до стіни

Рисунок В.1 — Розміри та лицьові поверхні конструкцій



**Figure B.1** — Member dimensions and faces

(3) Для конструкцій поглинутих полум'ям середнє значення алюмінієвої конструкції  $T_m$  [°K] має бути визначене вирішенням такого теплового балансу:

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

де

$T_z$  — температура полум'я [K]

$I_z$  — випромінений полум'ям тепловий потік [кВт/м<sup>2</sup>]

$I_f$  — випромінений з прорізу тепловий потік [кВт/м<sup>2</sup>]

(4) випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  має бути визначений враховуючи розміщення та вид конструкцій, таких як:

(3) For a member engulfed in flame, the average temperature of the aluminium member  $T_m$  [°K] should be determined from the solution of the following heat balance:

where

$T_z$  is the flame temperature [K]

$I_z$  is the radiative heat flux from the flame [kW/m<sup>2</sup>]

$I_f$  is the radiative heat flux from the corresponding opening [kW/m<sup>2</sup>]

(4) The radiative heat flux  $I_z$  from flames should be determined according to the situation and type of member as follows:

- колони непоглинуті полум'ям: див. В.2;
- балки непоглинуті полум'ям: див. В.3;
- колони поглинуті полум'ям: див. В.4;
- балки повністю або частково поглинуті

полум'ям: див. В.5.

Інші пункти можуть бути оброблені аналогічно, використовуючи відповідні способи вирішення, що наведені в В.2-В.5.

(5) Випромінений з прорізу тепловий потік  $I_f$  слід визначати за формулою:

$$I_f = \phi_f \varepsilon_f (1 - a_z) \sigma T_f^4$$

де

$\phi_f$  – загальний кутовий коефіцієнт конструкції для випроміненого з прорізу теплового потоку

$\varepsilon_f$  – ступінь чорноти отвору

$a_z$  – коефіцієнт поглинання полум'я

$T_f$  – температура вогню [K] згідно з додатком В EN 1991-1-2

(6) Ступінь чорноти отвору  $\varepsilon_f$  слід прийняти за одиницю, див. Додаток В EN 1991-1-2.

(7) Коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  слід визначати за В.2 – В.5 відповідно.

#### В.1.4 Загальний кутовий коефіцієнт

(1) Загальний кутовий коефіцієнт конструкцій для випроміненого з прорізу теплового потоку  $\phi_f$  слід визначати за формулою:

$$\phi_f = \frac{(C_1 \phi_{f,1} + C_2 \phi_{f,2}) d_1 + (C_3 \phi_{f,3} + C_4 \phi_{f,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2}$$

де

$\phi_{f,i}$  – кутовий коефіцієнт поверхні  $i$  конструкції для прорізу, див. Додаток G EN 1991-1-2

$d_i$  – розмір поперечного перерізу поверхні  $i$  конструкції

$C_i$  – коефіцієнт захисту поверхні  $i$  конструкції, такий як:

- захищених поверхонь:  $C_i=0$

- незахищених поверхонь:  $C_i=1$

(2) Кутовий коефіцієнт  $\phi_{f,i}$  для поверхні конструкції, з якої невидно отвір, слід приймати як такий, що дорівнює нуль.

(3) Загальний кутовий коефіцієнт конструкції  $\phi_z$  для променевого теплообміну від полум'я слід визначати за формулою:

$$\phi_f = \frac{(C_1 \phi_{z,1} + C_2 \phi_{z,2}) d_1 + (C_3 \phi_{z,3} + C_4 \phi_{z,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2}$$

- columns not engulfed in flame: see B.2;

- beams not engulfed in flame: see B.3;

- columns engulfed in flame: see B.4;

- beams fully or partially engulfed in flame:

see B.5.

Other cases may be treated analogously, using appropriate adaptations of the treatments given in B.2 to B.5.

(5) The radiative heat flux  $I_f$  from an opening should be determined from:

$$(B.3)$$

where

$\phi_f$  is the overall configuration factor of the member for radiative heat transfer from that opening

$\varepsilon_f$  is the emissivity of the opening

$a_z$  is the absorptivity of the flames

$T_f$  is the temperature of the fire [K] from Annex B of EN 1991-1-2

(6) The emissivity  $\varepsilon_f$  of an opening should be taken as unity, see Annex B of EN 1991-1-2.

(7) The absorptivity  $a_z$  of the flames should be determined from B.2 to B.5 as appropriate.

#### B.1.4 Overall configuration factors

(1) The overall configuration factor  $\phi_f$  of a member for radiative heat transfer from an opening should be determined from:

$$(B.4)$$

where:

$\phi_{f,i}$  is the configuration factor of member face  $i$  for that opening, see Annex G of EN 1991-1-2

$d_i$  is the cross-sectional dimension of member face  $i$

$C_i$  is the protection coefficient of member face  $i$  as follows:

- for a protected face:  $C_i=0$

- for an unprotected face:  $C_i=1$

(2) The configuration factor  $\phi_{f,i}$  for a member face from which the opening is not visible should be taken as zero.

(3) The overall configuration factor  $\phi_z$  of a member for radiative heat transfer from a flame should be determined from:

$$(B.5)$$

де

$\phi_{z,i}$  – кутовий коефіцієнт лицьової поверхні  $i$  конструкції для цього прорізу, див. Додаток G EN 1991-1-2

(4) Кутовий коефіцієнт лицьових поверхонь  $\phi_{z,i}$  окремої конструкції для променевого теплообміну від полум'я має ґрунтуватись на еквівалентних прямокутних розмірах полум'я. Розміри та місцезнаходження еквівалентних прямокутників, що відворюють фронтальну та бокові сторони полум'я для цієї цілі, слід визначати з B.2 для колон та з B.3 для балок. Для всіх інших цілей слід використовувати розміри полум'я з Додатку B EN 1991-1-2.

(5) Кутовий коефіцієнт лицьової поверхні  $\phi_{z,i}$  конструкції, з якої полум'я не видиме, слід приймати як такий, що дорівнює нуль.

(6) Лицьова поверхня конструкції може бути захищена тепловим екраном, див. 4.2.3.4. Лицьова поверхня конструкції, що безпосередньо прилягає до протипожежної стіни, також вважається захищеною, якщо в цій частині стіни не має отворів. Всі інші лицьові поверхні конструкції слід вважати незахищеними.

## B.2 Колони непоглинуті полум'ям

### B.2.1 Променивий теплообмін

(1) Слід встановити відмінність між колоною, що розташована навпроти прорізу, та колоною, розташована між прорізами.

ПРИМІТКА Креслення зображені на рисунку B.2.

(2) Якщо колона розташована навпроти прорізу, випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

де

$\phi_z$  – загальний кутовий коефіцієнт колони для тепла від полум'я, див. B.1.4

$\varepsilon_z$  – випромінювальна здатність полум'я, див. B.2.2

$T_z$  – температура полум'я [K], див. B.2.3

ПРИМІТКА Креслення зображені на Рисунку B.3.

(3) Якщо колона розташована між прорізами, випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

де

$\phi_{z,m}$  – загальний кутовий коефіцієнт

where

$\phi_{z,i}$  is the configuration factor of member face  $i$  for that flame, see Annex G of EN 1991-1-2

(4) The configuration factors  $\phi_{z,i}$  of individual member faces for radiative heat transfer from flames may be based on equivalent rectangular flame dimensions. The dimensions and locations of equivalent rectangles representing the front and sides of a flame for this purpose should be determined as given in B.2 for columns and B.3 for beams. For all other purposes, the flame dimensions from Annex B of EN 1991-1-2 should be used.

(5) The configuration factor  $\phi_{z,i}$  for a member face from which the flame is not visible should be taken as zero.

(6) A member face may be protected by a heat screen, see 4.2.3.4. A member face that is immediately adjacent to the compartment wall may also be treated as protected, provided that there are no openings in that part of the wall. All other member faces should be treated as unprotected.

## B.2 Column not engulfed in flame

### B.2.1 Radiative heat transfer

(1) A distinction should be made between a column located opposite an opening and a column located between openings.

NOTE Illustration is given in Figure B.2.

(2) If the column is opposite an opening the radiative heat flux  $I_z$  from the flame should be determined from:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.6})$$

where

$\phi_z$  is the overall configuration factor of the column for heat from the flame, see B.1.4

$\varepsilon_z$  is the emissivity of the flame, see B.2.2

$T_z$  is the flame temperature [K] from B.2.3

NOTE Illustrations are given in Figure B.3.

(3) If the column is between openings the total radiative heat flux  $I_z$  from the flames on each side should be determined from:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.7})$$

where

$\phi_{z,m}$  is the overall configuration factor of the

колони для тепла від полум'я зі сторони  $m$ , див. В.1.4

$\phi_{z,n}$  – загальний кутовий коефіцієнт колони для тепла від полум'я зі сторони  $n$ , див. В.1.4

$\varepsilon_{z,m}$  – випромінювальна здатність полум'я зі сторони  $m$ , див. В.2.2

$\varepsilon_{z,n}$  – випромінювальна здатність полум'я зі сторони  $n$ , див. В.2.2

ПРИМІТКА Креслення зображені на рисунку В.4.

## **В.2.2 Випромінювальна здатність полум'я**

(1) Якщо колона розташована навпроти прорізу, то випромінювальна здатність полум'я  $\varepsilon_z$  слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в Додатку В EN 1991-1-2, використовуючи товщину полум'я  $\lambda$  на рівні верху прорізу.

Якщо над отвором не має жодного дашку або балкону, то  $\lambda$  слід визначати як:

- для умов «невимушеної (природної) тяги»:

$$\lambda = 2h/3; \quad (\text{B.8a})$$

- для умов «штучної (примусової) тяги»:

$$\lambda = x, \text{ but (але) } \lambda \leq hx/z, \quad (\text{B.8b})$$

де  $h$ ,  $x$  та  $z$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

column for heat from flames on side  $m$ , see B.1.4

$\phi_{z,n}$  is the overall configuration factor of the column for heat from flames on side  $n$ , see B.1.4

$\varepsilon_{z,m}$  is the total emissivity of the flames on side  $m$ , see B.2.2

$\varepsilon_{z,n}$  is the total emissivity of the flames on side  $n$ , see B.2.2

NOTE Illustrations are given in Figure B.4.

## **B.2.2 Flame emissivity**

(1) If the column is opposite an opening, the flame emissivity  $\varepsilon_z$  should be determined from the expression for  $\varepsilon$  given in Annex B of EN 1991-1-2, using the flame thickness  $\lambda$  at the level of the top of the openings.

Provided that there is no awning or balcony above the opening  $\lambda$  may be taken as follows:

- for the 'no forced draught' condition:

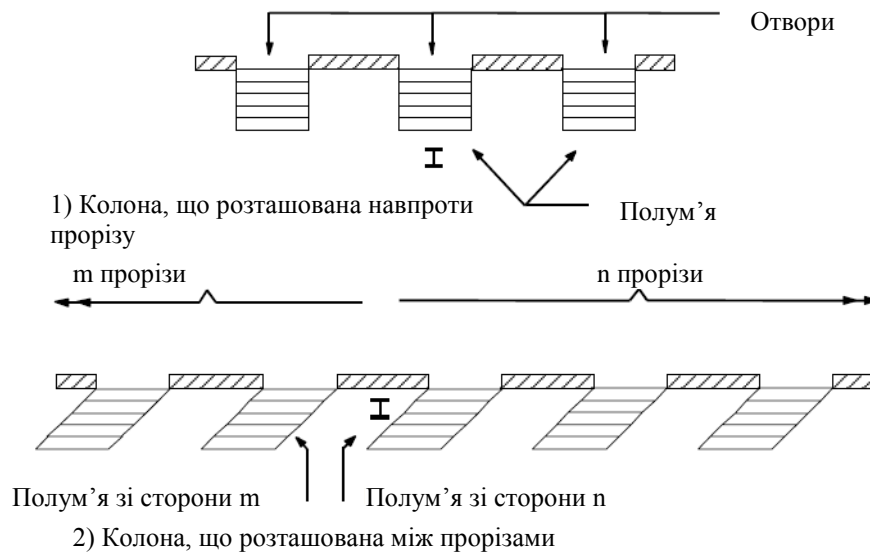
$$\lambda = 2h/3; \quad (\text{B.8a})$$

- for the 'forced draught' condition:

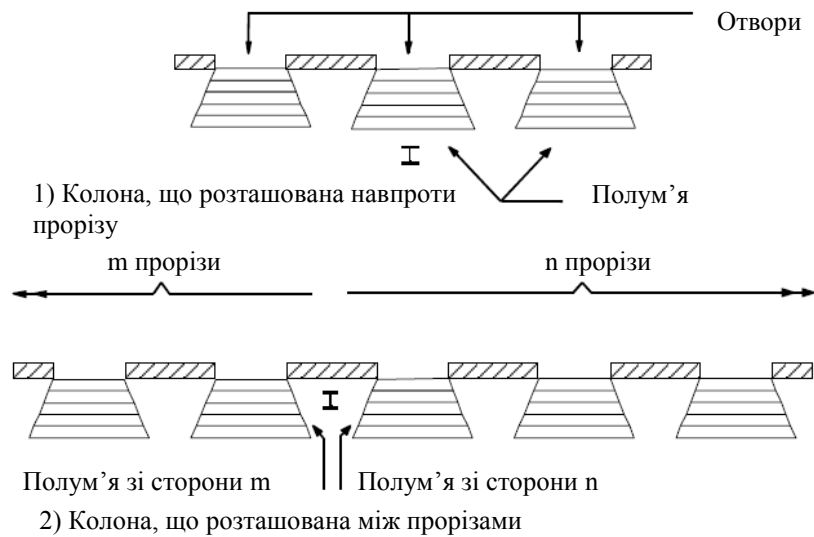
$$\lambda = x, \text{ but (але) } \lambda \leq hx/z, \quad (\text{B.8b})$$

where  $h$ ,  $x$  and  $z$  are as given in Annex B of EN 1991-1-2.



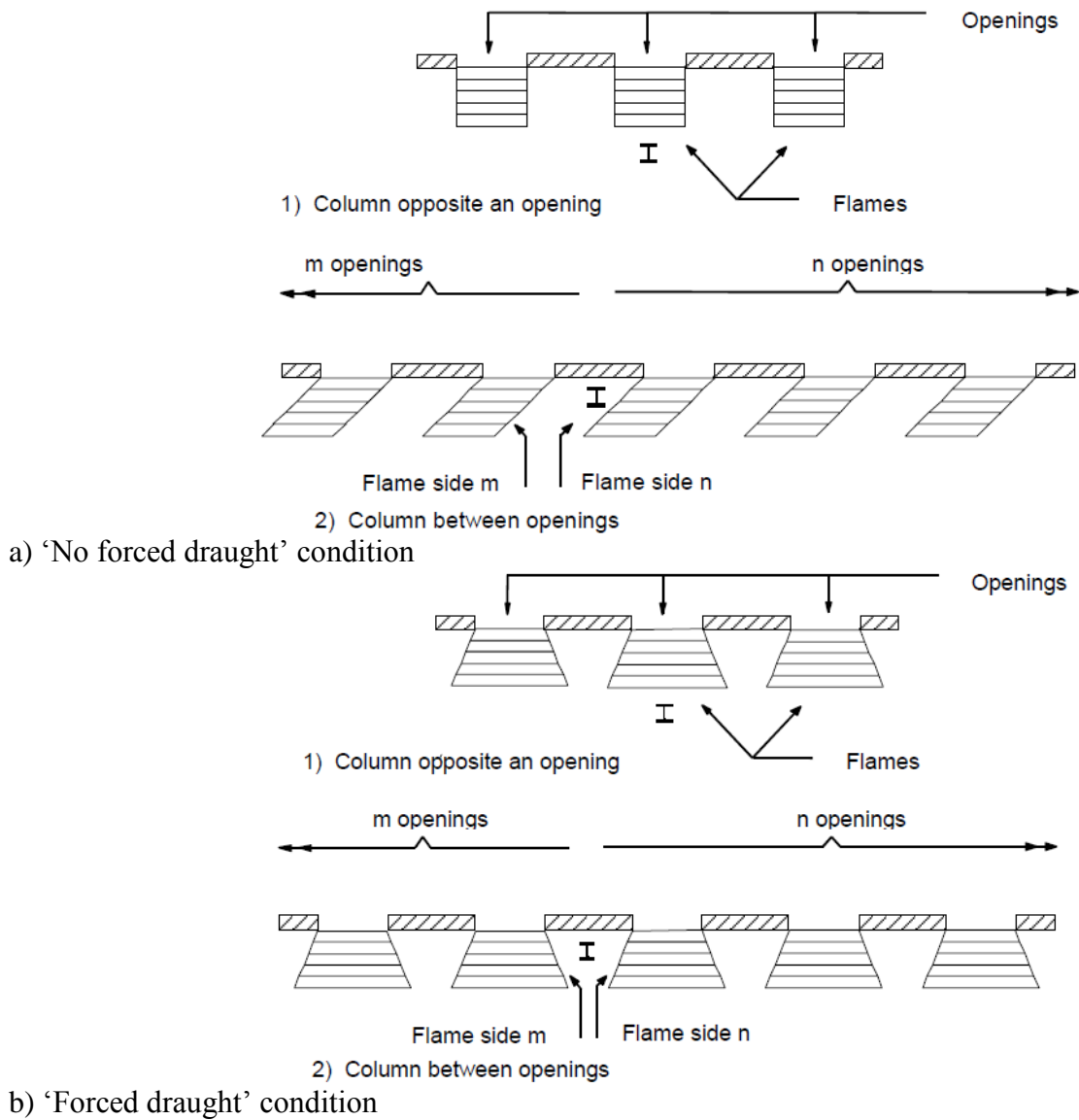


**a) Умови «невимушеної (природної) тяга»**

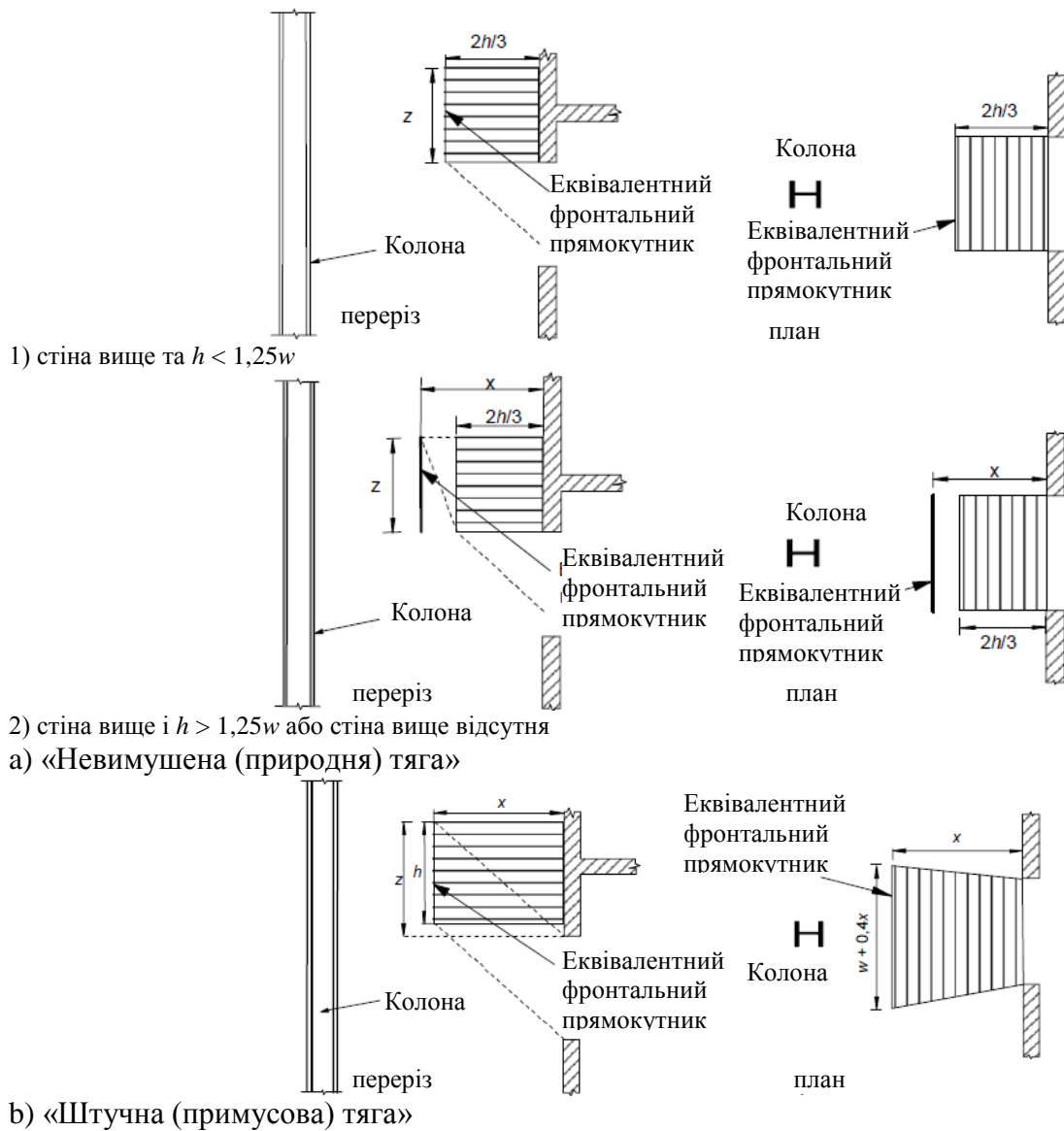


**b) Умови «штучної (примусової) тяга»**

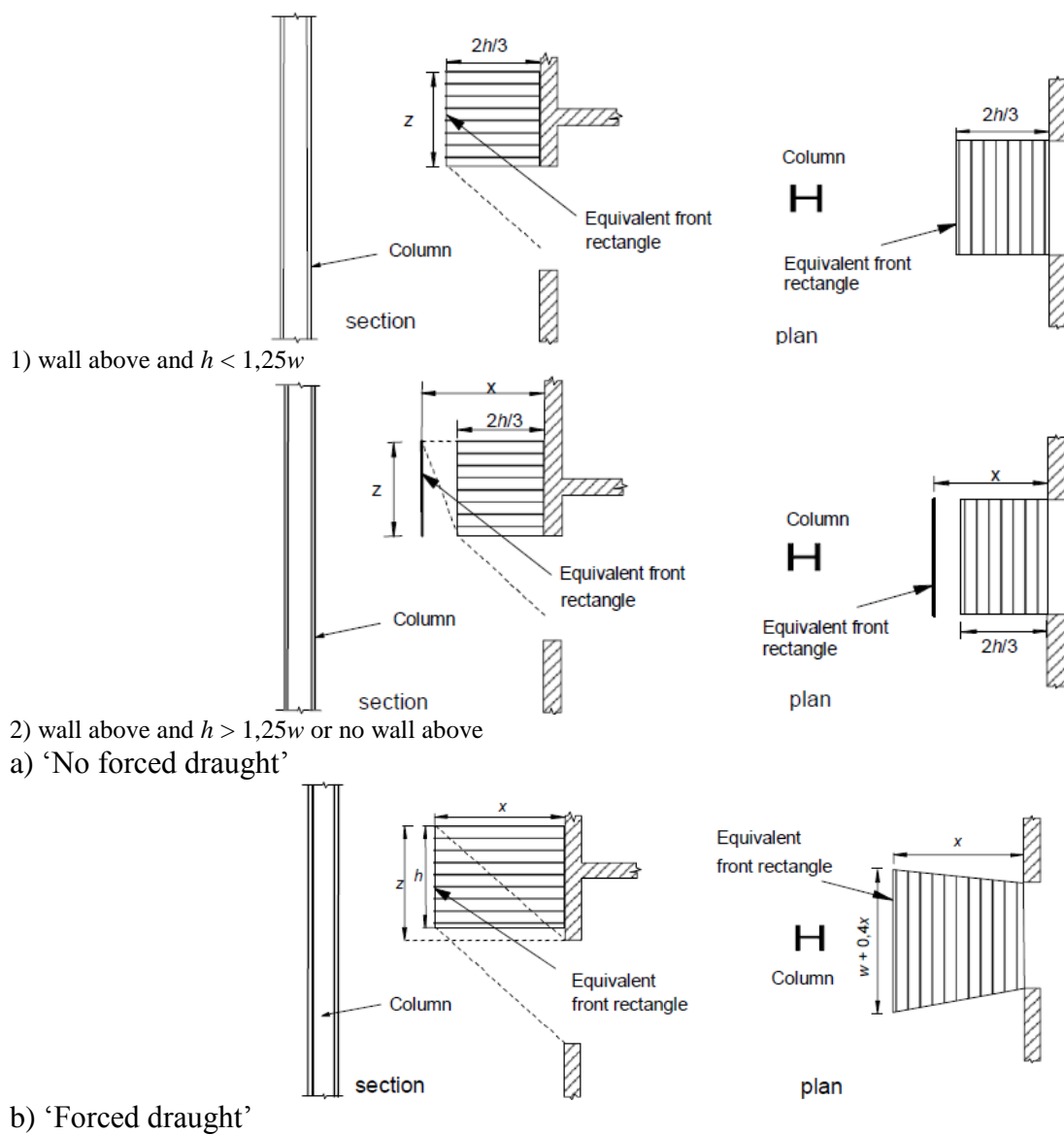
**Рисунок В.2 — Розташування колони**



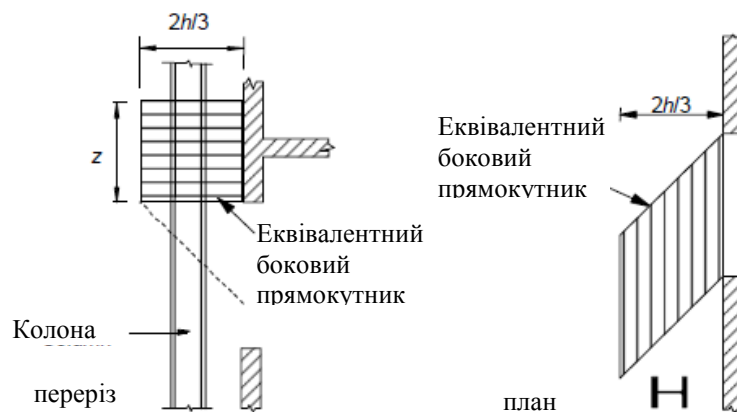
**Figure B.2 — Column positions**



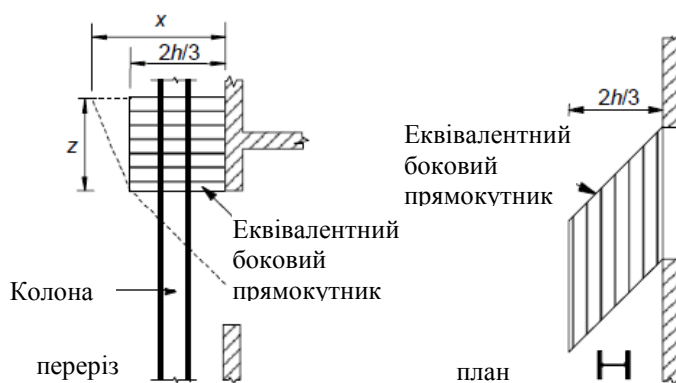
**Рисунок В.3** — Колона, що розташована навпроти отвору



**Figure B.3** — Column opposite opening

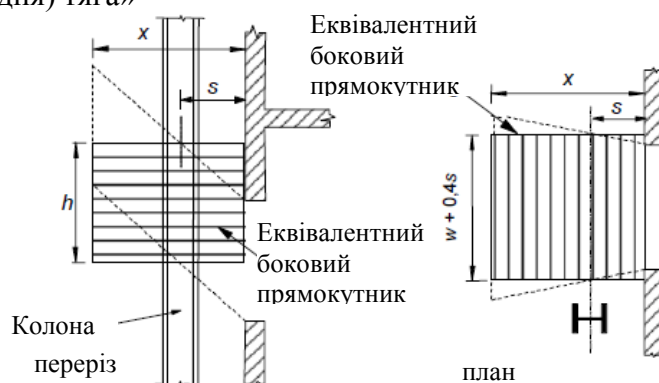


1) стіна вище і  $h < 1,25w$



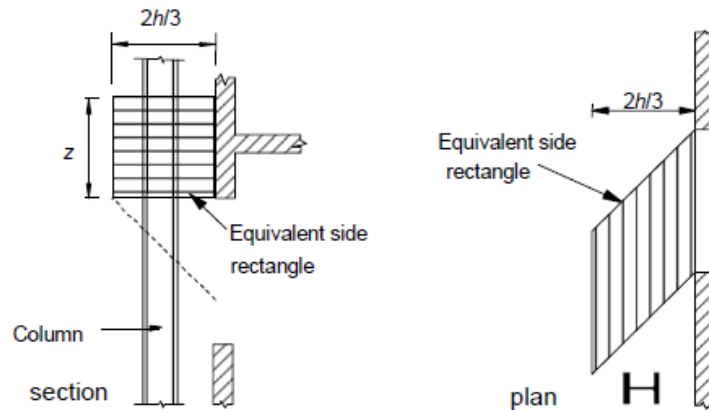
2) стіна вище і  $h > 1,25w$  або стіна вище відсутня

а) «Невимушена (природня) тяга»

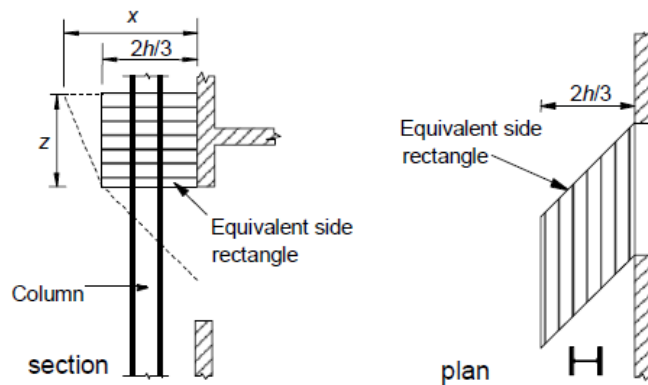


б) «Штучна (примусова) тяга»

**Рисунок В.4** — Колона, що розташована між отворами

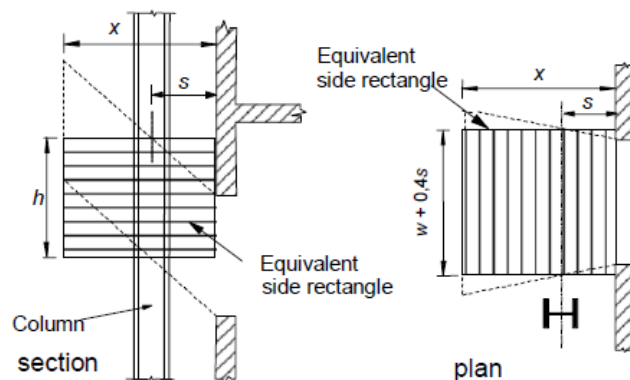


1) wall above and  $h < 1,25w$



2) wall above and  $h > 1,25w$  or no wall above

a) 'No forced draught'



b) 'Forced draught'

**Figure B.4** — Column between openings

(2) Якщо колона розташована між двома прорізами, то загальний випромінювальна здатність  $\varepsilon_{z,m}$  та випромінювальна здатність  $\varepsilon_{z,n}$  полум'я зі сторони  $m$  та  $n$  слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в Додатку В EN 1991-1-2, використовуючи значення повної товщини полум'я  $\lambda$  таким чином:

- для сторони  $m$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

- для сторони  $n$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

де

- for side  $m$ :

- for side  $n$  :

where

(B.9a)

$m$  – кількість отворів зі сторони  $m$

$n$  – кількість отворів зі сторони  $n$

$\lambda_i$  – товщина полум'я для  $i$ -того прорізу

(3) Товщину полум'я  $\lambda_i$  слід приймати таким чином:

- для умов «невимушеної (природньої) тяги»:

$$\lambda_i = w_i$$

- для умов «штучної (примусової) тяги»:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s$$

де

$w_i$  – ширина  $i$ -того отвору

$s$  – відстань по горизонталі між осью колоною та стіною протипожежного відсіку, див. Рисунок В.1

### В.2.3 Температура полум'я

(1) Температуру полум'я  $T_z$  слід приймати як таку, що дорівнює температурі на осі полум'я, отриманої з формули для  $T_z$ , що наведена в додатку В EN 1991-1-2, для умов умов «невимушеної (природньої) тяги» або для умов «штучної (примусової) тяги» відповідно, на відстані  $l$  від прорізу, вимірюваної вздовж осі полум'я таким чином:

- для умов «невимушеної (природньої) тяги»:

$$l = h/2$$

- для умов «штучної (примусової) тяги»:

- для колоны, що розташована навпроти прорізу:

$$l = 0$$

- для колоны, що розташована між прорізами,  $l$  – відстань вздовж осі полум'я між точкою на відстані по горизонталі  $s$  та стіною протипожежного відсіку. За умови, якщо над прорізом відсутній дашок або балкон:

$$l = sX/x$$

де  $X$  та  $x$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

### В.2.4 Поглинаюча здатність полум'я.

(1) Для умов «невимушеної (природньої) тяги» поглинаючу здатність полум'я  $a_z$  слід приймати як таку, що дорівнює нулю.

(2) Для умов «штучної (примусової) тяги» поглинаючу здатність полум'я  $a_z$  слід приймати як таку, що дорівнює випромінювальній здатності  $\varepsilon_z$ , див. В.2.2.

$m$  is the number of openings on side  $m$

$n$  is the number of openings on side  $n$

$\lambda_i$  is the flame thickness for opening  $i$

(3) The flame thickness  $\lambda_i$  should be taken as follows:

- for the 'no forced draught' condition:

$$(B.10a)$$

- for the 'forced draught' condition:

$$(B.10b)$$

where

$w_i$  is the width of the opening  $i$

$s$  is the horizontal distance from the centreline of the column to the wall of the fire compartment, see Figure B.1

### B.2.3 Flame temperature

(1) The flame temperature  $T_z$  should be taken as the temperature at the flame axis obtained from the expression for  $T_z$  given in Annex B of EN 1991-1-2, for the 'no forced draught' condition or the 'forced draught' condition as appropriate, at a distance  $l$  from the opening, measured along the flame axis, as follows:

- for the 'no forced draught' condition:

$$(B.11a)$$

- for the 'forced draught' condition:

- for a column opposite an opening:

$$(B.11b)$$

- for a column between openings  $l$  is the distance along the flame axis to a point at a horizontal distance  $s$  from the wall of the fire compartment. Provided that there is no awning or balcony above the opening:

$$(B.11c)$$

where  $X$  and  $x$  are as given in Annex B of EN 1991-1-2.

### B.2.4 Flame absorptivity

(1) For the 'no forced draught' condition, the flame absorptivity  $a_z$  should be taken as zero.

(2) For the 'forced draught' condition, the flame absorptivity  $a_z$  should be taken as equal to the emissivity  $\varepsilon_z$  of the relevant flame, see B.2.2.

### В.3 Балки непоглинуті полум'ям

#### В.3.1 Променевий теплообмін

(1) В В.3 передбачається, що рівень низу балки розташований не нижче рівня верху отворів в протипожежному відсіці.

(2) Слід встановити відмінність між балкою, що розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку та балкою, що розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, див. Рисунок В.5.

(3) Якщо балка розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середнє значення температури алюмінієвої конструкції  $T_m$  слід визначати для точки на довжині балки безпосередньо над центром прорізу. Для цього випадку випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.12})$$

де

$\phi_z$  – загальний кутовий коефіцієнт колони для тепла від полум'я, див. В.1.4

$\varepsilon_z$  – випромінювальна здатність полум'я, див. В.3.2

$T_z$  – температура полум'я згідно з В.2.3[K]

(4) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середнє значення температури балки слід визначати за серією точок, що розташовані через кожні 100 мм довжини балки. Середнє значення температури алюмінієвої конструкції  $T_m$  слід визначати як максимальне з вказаних значень. Для цього випадку випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.13})$$

де

$\phi_{z,m}$  – загальний кутовий коефіцієнт балки для тепла від полум'я зі сторони  $m$ , див. В.3.2

$\phi_{z,n}$  – загальний кутовий коефіцієнт колони для тепла від полум'я зі сторони  $n$ , див. В.3.2

$\varepsilon_{z,m}$  – випромінювальна здатність полум'я зі сторони  $m$ , див. В.3.3

$\varepsilon_{z,n}$  – випромінювальна здатність полум'я

### В.3 Beam not engulfed in flame

#### В.3.1 Radiative heat transfer

(1) Throughout В.3 it is assumed that the level of the bottom of the beam is not below the level of the top of the openings in the fire compartment.

(2) A distinction should be made between a beam that is parallel to the external wall of the fire compartment and a beam that is perpendicular to the external wall of the fire compartment, see Figure B.5.

(3) If the beam is parallel to the external wall of the fire compartment, the average temperature of the aluminium member  $T_m$  should be determined for a point in the length of the beam directly above the centre of the opening. For this case the radiative heat flux  $I_z$  from the flame should be determined from:

where

$\phi_z$  is the overall configuration factor for the flame directly opposite the beam, see В.1.4

$\varepsilon_z$  is the flame emissivity, see В.3.2

$T_z$  is the flame temperature from В.3.3 [K]

(4) If the beam is perpendicular to the external wall of the fire compartment, the average temperature in the beam should be determined at a series of points every 100 mm along the length of the beam. The average temperature of the aluminium member  $T_m$  should then be taken as the maximum of these values. For this case the radiative heat flux  $I_z$  from the flames should be determined from:

where:

$\phi_{z,m}$  is the overall configuration factor of the beam for heat from flames on side  $m$ , see В.3.2

$\phi_{z,n}$  is the overall configuration factor of the beam for heat from flames on side  $n$ , see В.3.2

$\varepsilon_{z,m}$  is the total emissivity of the flames on side  $m$ , see В.3.3

$\varepsilon_{z,n}$  is the total emissivity of the flames on

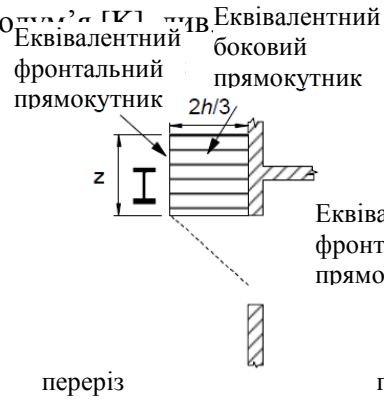


зі сторони  $n$ , див. В.3.3

$T_z$  – температура по

side  $n$ , see B.3.3

$T_z$  is the flame temperature [K], see B.3.4

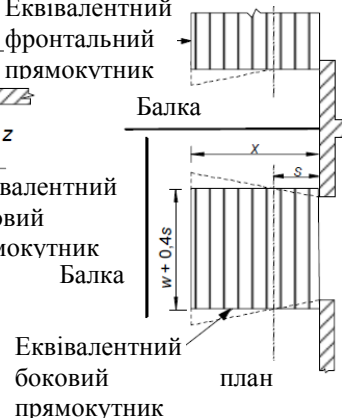
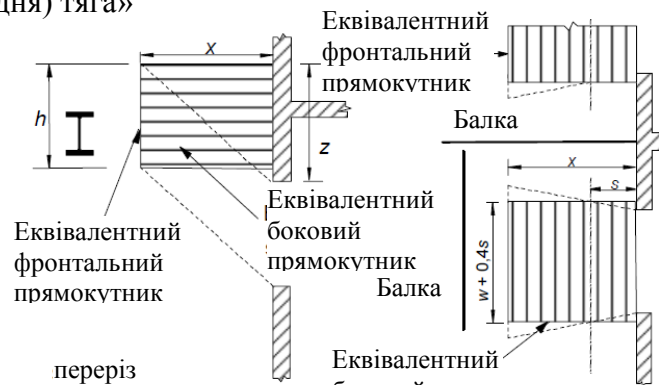


1) стіна вище та  $h < 1,25w$



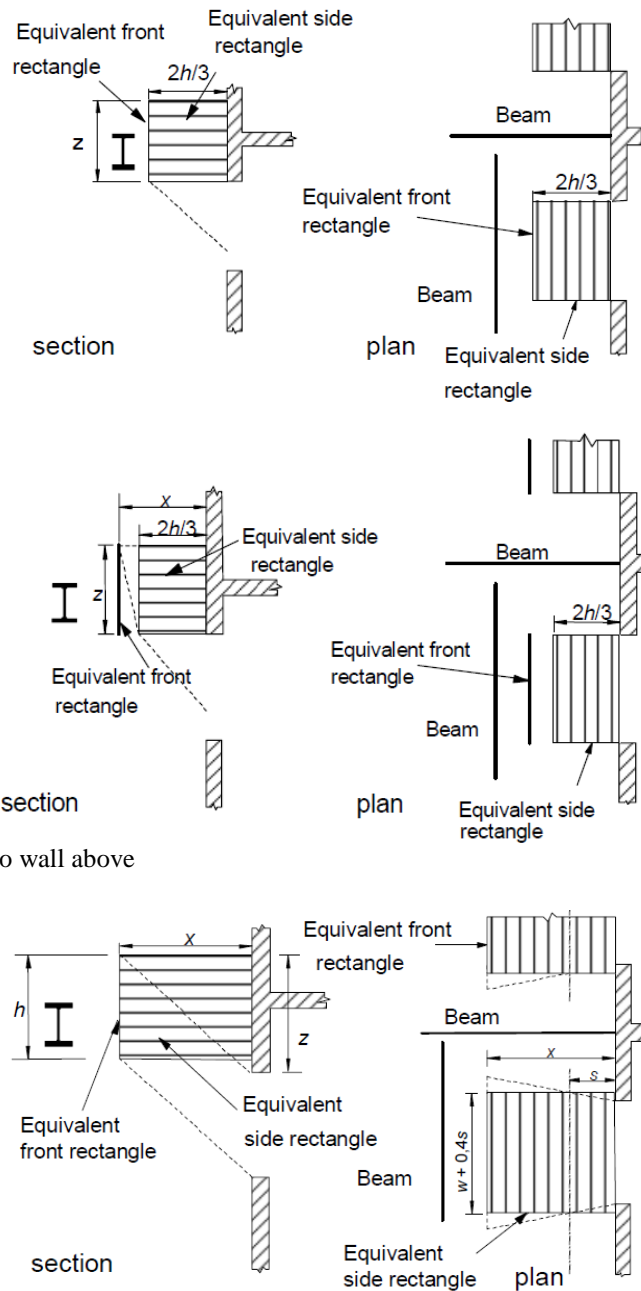
2) стіна вище і  $h > 1,25w$  або стіна вище відсутня

а) «Невимушена (природня) тяга»



б) «Невимушена (природня) тяга»

Рисунок В.5 — Балка непоглинута полум'ям



**Figure B.5** — Beam not engulfed in flame

### В.3.2 Випромінювальна здатність полум'я

(1) Якщо балка розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку вище отвору, то випромінювальна здатність полум'я  $\varepsilon_z$  слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в Додатку В EN 1991-1-2, використовуючи товщину полум'я  $\lambda$  на рівні верху прорізу. Якщо над прорізом не має жодного дашку або балкону, то  $\lambda$  слід визначати як:

### B.3.2 Flame emissivity

(1) If the beam is parallel to the external wall of the fire compartment, above an opening, the flame emissivity  $\varepsilon_z$  should be determined from the expression for  $\varepsilon$  given in Annex B of EN 1991-1-2, using a value for the flame thickness  $\lambda$  at the level of the top of the openings. Provided that there is no awning or balcony above the opening  $\lambda$  may be taken as follows:

с) для умов «невимушеної (природної) тяги»:

$$\lambda = 2h/3 \quad (\text{B.14a})$$

д) для умов «штучної (примусової) тяги»:

$$\lambda = x, \text{ but (але) } \lambda \leq hx/z \quad (\text{B.14b})$$

де  $h$ ,  $x$  та  $z$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

where  $h$ ,  $x$  and  $z$  are as given in Annex B of EN 1991-1-2

(2) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку між двома прорізами, то загальна випромінювальна здатність  $\varepsilon_{z,m}$  та  $\varepsilon_{z,n}$  полум'я зі сторони  $m$  та  $n$  слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в Додатку В EN 1991-1-2, використовуючи значення повної товщини полум'я  $\lambda$  таким чином:

(2) If the beam is perpendicular to the external wall of the fire compartment, between two openings, the total emissivities  $\varepsilon_{z,m}$  and  $\varepsilon_{z,n}$  of the flames on sides  $m$  and  $n$  should be determined from the expression for  $\varepsilon$  given in Annex B of EN 1991-1-2 using a value for the flame thickness  $\lambda$  as follows:

a) для сторони  $m$ :

a) for side  $m$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (\text{B.15a})$$

b) для сторони  $n$ :

b) for side  $n$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\text{B.15b})$$

де

where

$m$  – кількість отворів зі сторони  $m$

$m$  is the number of openings on side  $m$

$n$  – кількість отворів зі сторони  $n$

$n$  is the number of openings on side  $n$

$\lambda_i$  – товщина полум'я для  $i$ -того отвору

$\lambda_i$  is the flame thickness for opening  $i$

(3) Товщину полум'я  $\lambda_i$  слід приймати

(3) The flame thickness  $\lambda_i$  should be taken

таким чином:

as follows:

a) для умов «невимушеної (природної) тяги»:

a) for the 'no forced draught' condition:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.16a})$$

b) для умов «штучної (примусової) тяги»:

b) for the 'forced draught' condition:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s \quad (\text{B.16b})$$

де

where

$w_i$  – ширина  $i$ -того отвору

$w_i$  is the width of the opening  $i$

$s$  – відстань по горизонталі між стіною протипожежного відсіку та точкою, що розглядається на балці, див. Рисунок В.5

$s$  is the horizontal distance from the wall of the fire compartment to the point under consideration on the beam, see Figure B.5

### В.3.3 Температура полум'я

### B.3.3 Flame temperature

(1) Температуру полум'я  $T_z$  слід приймати як таку, що дорівнює температурі на осі полум'я, отриманої з формули для  $T_z$ , що наведена в Додатку В EN 1991-1-2, для умов «невимушеної (природної) тяги» або для умов «штучної (примусової) тяги» відповідно, на відстані  $l$  від прорізу, виміряної вздовж осі полум'я таким чином:

(1) The flame temperature  $T_z$  should be taken as the temperature at the flame axis obtained from the expression for  $T_z$  given in Annex B of EN 1991-1-2, for the 'no forced draught' or 'forced draught' condition as appropriate, at a distance  $l$  from the opening, measured along the flame axis, as follows:

a) для умов «невимушеної (природної) тяги»:

a) for the 'no forced draught' condition:

$$l = h/2 \quad (\text{B.17a})$$

b) для умов «штучної (примусової) тяги»:

b) for the 'forced draught' condition:

тяги»:

- для балки, що розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку вище отвору:

$$l = 0$$

- для балки, що розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку між двома отворами,  $l$  – відстань вздовж осі полум'я між точкою на відстані по горизонталі  $s$  та стіною протипожежного відсіку. За умови, якщо над отвором відсутній дашок або балкон:

$$l = sX/x$$

де  $X$  та  $x$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

### В.3.4 Поглинаюча здатність полум'я.

(1) Для умов «невимушеної (природної) тяги» поглинаючу здатність полум'я  $a_z$  слід приймати як таку, що дорівнює нулю.

(2) Для умов «штучної (примусової) тяги» поглинаючу здатність полум'я  $a_z$  слід приймати як таку, що дорівнює випромінювальній здатності  $\varepsilon_z$ , див. В.2.2.

### В.4 Колони поглинуті полум'ям

(1) Випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)}$$

де:

$$\begin{aligned} I_{z,1} &= C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_z^4 \\ I_{z,2} &= C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_z^4 \\ I_{z,3} &= C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma T_z^4 \\ I_{z,4} &= C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma T_z^4 \end{aligned}$$

де

$I_{z,i}$  – випромінений полум'ям тепловий потік на лицьову поверхню  $i$  колони

$\varepsilon_{z,i}$  – випромінювальна здатність полум'я з врахуванням лицьової поверхні  $i$  колони

$i$  – показник (1), (2), (3) або (4) лицьової поверхні колони

$C_i$  – коефіцієнт захисту лицьової поверхні  $i$  конструкції, див. В.1.4

$T_z$  – температура полум'я [K]

$T_o$  – температура полум'я в прорізів [K] згідно з Додатком В EN 1991-1-2

- for a beam parallel to the external wall of the fire compartment, above an opening:

$$(B.17b)$$

- for a beam perpendicular to the external wall of the fire compartment, between openings  $l$  is the distance along the flame axis to a point at a horizontal distance  $s$  from the wall of the fire compartment. Provided that there is no awning or balcony above the opening:

$$(B.17c)$$

where  $X$  and  $x$  are as given in Annex B of EN 1991-1-2.

### В.3.4 Flame absorptivity

(1) For the 'no forced draught' condition, the flame absorptivity  $a_z$  should be taken as zero.

(2) For the 'forced draught' condition, the flame absorptivity  $a_z$  should be taken as equal to the emissivity  $\varepsilon_z$  of the relevant flame, see B.3.2.

### В.4 Column engulfed in flame

(1) The radiative heat flux  $I_z$  from the flames should be determined from:

$$(B.18)$$

with:

where

$I_{z,i}$  is the radiative heat flux from the flame to column face  $i$

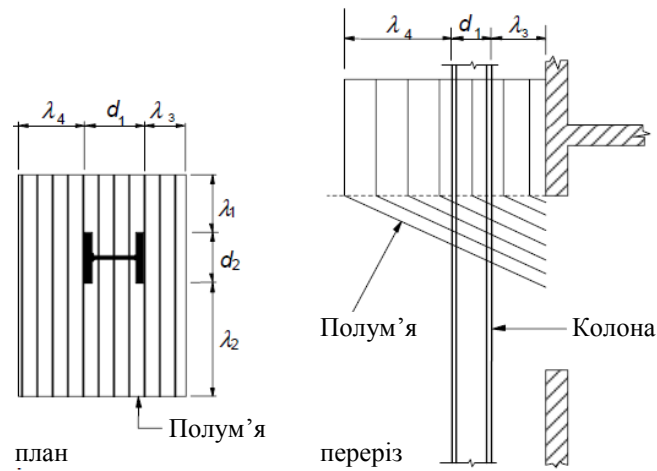
$\varepsilon_{z,i}$  is the emissivity of the flames with respect to face  $i$  of the column

$i$  is the column face indicator (1), (2), (3) or (4)

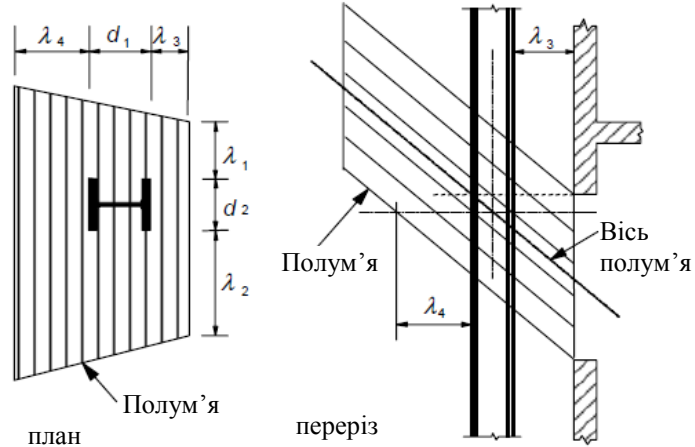
$C_i$  is the protection coefficient of member face  $i$ , see B.1.4

$T_z$  is the flame temperature [K]

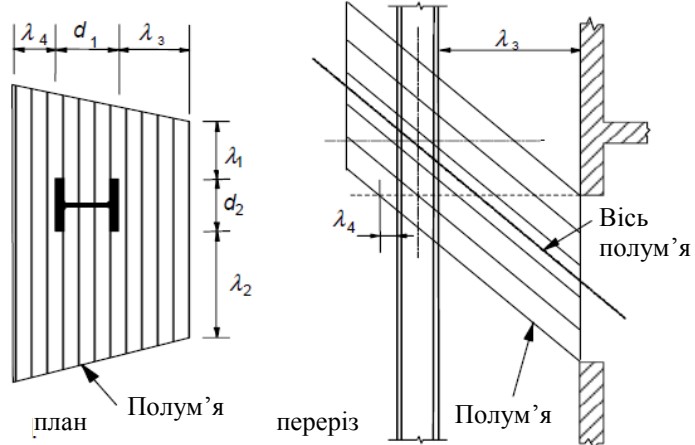
$T_o$  is the flame temperature at the opening [K] from Annex B of EN 1991-1-2



а) Умови «невимушеної (природної) тяга»



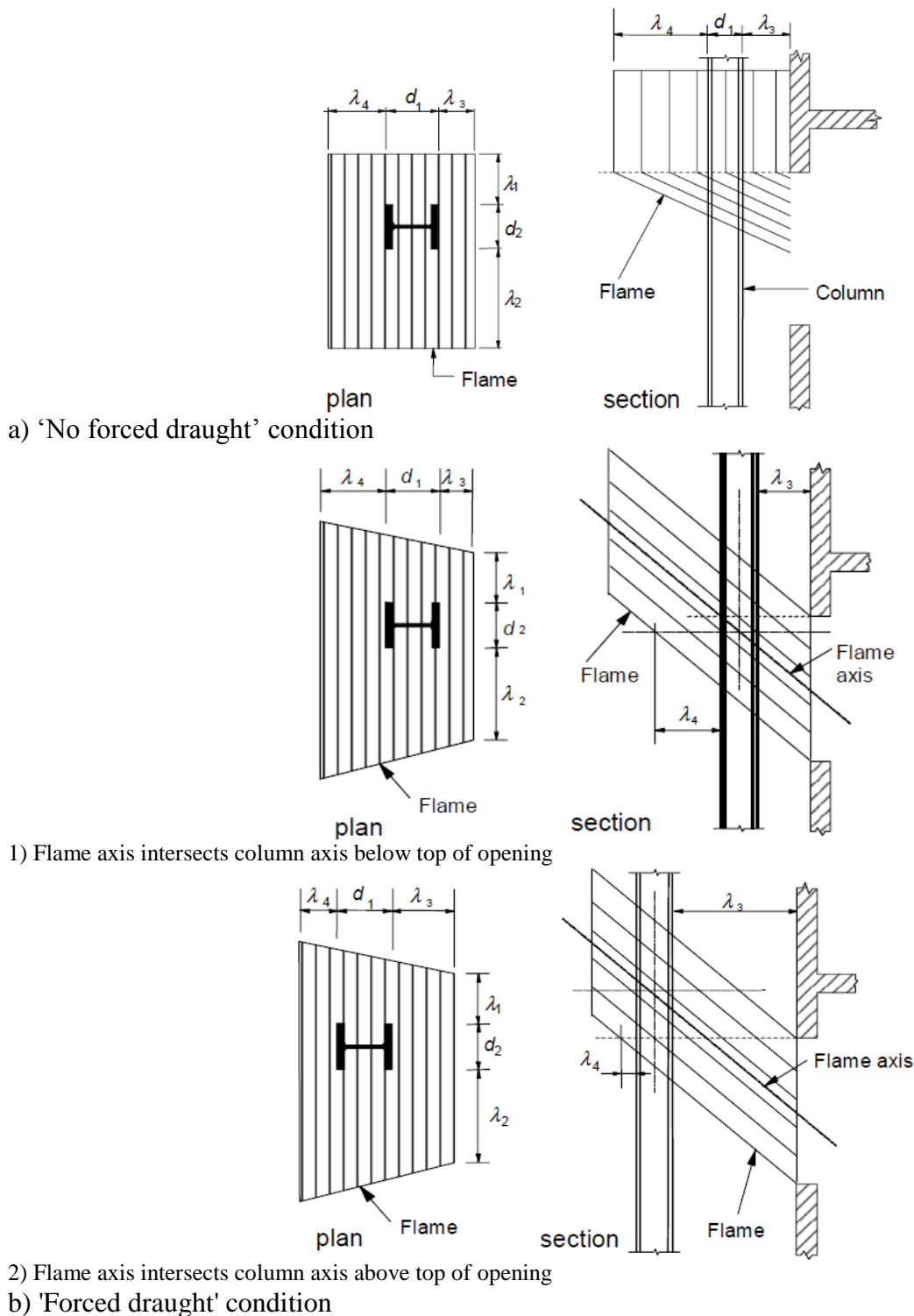
1) Вісь полум'я та вісь колони перетинаються нижче рівня верху отвору



2) Вісь полум'я та вісь колони перетинаються вище рівня верху отвору

б) Умови «штучної (примусової) тяга»

**Рисунок В.6 — Колона поглинута полум'ям**



**Figure B.6** — Column engulfed in flame

(2) Випромінювальна здатність полум'я  $\varepsilon_{z,i}$  для кожної з лицьових поверхнь 1, 2, 3 та 4 колони слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в додатку В EN 1991-1-2, використовуючи товщину полум'я  $\lambda$ , що еквівалентна  $\lambda_i$ , яка позначена на Рисунку В.6 і відповідає лицьовій поверхні  $i$  колони.

(3) Для умов «невимушеної (природної)

(2) The emissivity of the flames  $\varepsilon_{z,i}$  for each of the faces 1, 2, 3 and 4 of the column should be determined from the expression for  $\varepsilon$  given in Annex B of EN 1991-1-2, using a flame thickness  $\lambda$  equal to the dimension  $\lambda_i$  indicated in Figure B.6 corresponding to face  $i$  of the column.

(3) For the 'no forced draught' condition the

тяги» слід використовувати значення  $\lambda_i$  на рівні верху прорізу, див. рисунок В.6 (а).

(4) Для умов «штучної (примусової) тяги», якщо рівень перетину вісі полум'я та вісі колони нижче рівня верху прорізу, слід використовувати значення  $\lambda_i$  на рівні перетину, див. Рисунок В.6(b)(1). Інакше слід використовувати значення  $\lambda_i$  на рівні верху прорізу, див. Рисунок В.6(b)(2), виключити це, якщо на цьому рівні  $\lambda_4 < 0$ , і використовувати значення на рівні  $\lambda_4 = 0$ .

(5) Температуру полум'я  $T_z$  слід приймати як таку, що дорівнює температурі на осі полум'я, отриманої з формули для  $T_z$ , що наведена в додатку В EN 1991-1-2, для умов умов «невимушеної (природної) тяги» або для умов «штучної (примусової) тяги» відповідно, на відстані  $l$  від прорізу, виміряної вздовж осі полум'я таким чином:

а) для умов «невимушеної (природної) тяги»:

б) для умов «штучної (примусової) тяги»,  $l$  – відстань вздовж осі полум'я до рівня, де виміряна  $\lambda_i$ . За умови, якщо над прорізом відсутній балкон або дашок:

$$l = (\lambda_3 + 0,5d_1)X/x \text{ але (but) } l \leq 0,5hX/z$$

де  $h$ ,  $X$ ,  $x$  та  $z$  наведені в Додатку В EN 1991-1-2

(6) Коефіцієнт поглинання  $a_z$  полум'я слід визначати за формулою:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3}$$

де  $\varepsilon_{z,1}$ ,  $\varepsilon_{z,2}$  and  $\varepsilon_{z,3}$  – випромінювальна здатність полум'я для лицьових поверхонь 1, 2 та 3 колони

## **В.5 Балки повністю або частково поглинуті полум'ям**

### **В.5.1 Променевий теплообмін**

#### **В.5.1.1 Загальні положення**

(1) В В.5 передбачається, що рівень низу балки розташований не нижче рівня верху прорізів, що прилягають, в протипожежному відсіці.

(2) Слід встановити відмінність між балкою, що розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку та балкою, що розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, див. Рисунок В.7.

values of  $\lambda_i$  at the level of the top of the opening should be used, see Figure B.6 (a).

(4) For the 'forced draught' condition, if the level of the intersection of the flame axis and the column centreline is below the level of the top of the opening, the values of  $\lambda_i$  at the level of the intersection should be used, see Figure B.6(b)(1). Otherwise the values of  $\lambda_i$  at the level of the top of the opening should be used, see Figure B.6(b) (2), except that if  $\lambda_4 < 0$  at this level, the values at the level where  $\lambda_4 = 0$  should be used.

(5) The flame temperature  $T_z$  should be taken as the temperature at the flame axis obtained from the expression for  $T_z$  given in Annex B of EN 1991-1-2 for the 'no forced draught' or 'forced draught' condition as appropriate, at a distance  $l$  from the opening, measured along the flame axis, as follows:

a) for the 'no forced draught' condition:

$$l = h/2 \quad (\text{B.19a})$$

b) for the 'forced draught' condition,  $l$  is the distance along the flame axis to the level where  $\lambda_i$  is measured. Provided that there is no balcony or awning above the opening:

$$l = (\lambda_3 + 0,5d_1)X/x \text{ але (but) } l \leq 0,5hX/z \quad (\text{B.19b})$$

where  $h$ ,  $X$ ,  $x$  and  $z$  are as given in Annex B of EN 1991-1-2

(6) The absorptivity  $a_z$  of the flames should be determined from:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} \quad (\text{B.20})$$

where  $\varepsilon_{z,1}$ ,  $\varepsilon_{z,2}$  and  $\varepsilon_{z,3}$  are the emissivities of the flame for column faces 1, 2, and 3

## **B.5 Beam fully or partially engulfed in flame**

### **B.5.1 Radiative heat transfer**

#### **B.5.1.1 General**

(1) Throughout B.5 it is assumed that the level of the bottom of the beam is not below the level of the top of the adjacent openings in the fire compartment.

(2) A distinction should be made between a beam that is parallel to the external wall of the fire compartment and a beam that is perpendicular to the external wall of the fire compartment, see Figure B.7.



(3) Якщо балка розташована паралельно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то її середнє значення температури  $T_m$  слід визначати для точки на довжині балки безпосередньо над центром прорізу.

(4) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, то середнє значення температури балки слід визначати по серії точок, що розташовані через кожні 100 мм довжини балки. Середнє значення температури алюмінієвої конструкції  $T_m$  слід визначати як максимальне з вказаних значень.

(5) Випромінений полум'ям тепловий потік  $I_z$  слід визначати за формулою:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)} \quad (\text{B.21})$$

де

$I_{z,i}$  – випромінений полум'ям тепловий потік на лицьову поверхню  $i$  балки

$i$  – показник (1), (2), (3) або (4) лицьової поверхні колони

#### **В.5.1.2 Умови «невимушеної (природної) тяги»**

(1) Для умов «невимушеної (природної) тяги» має бути відмінність між пунктами, де верх полум'я вище рівня верху балки, та пунктами, де він нижчий.

(2) Якщо рівень полум'я вищий за рівень верху балки слід застосовувати такі формули:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.22a})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.22b})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.22c})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.22d})$$

де

$\varepsilon_{z,i}$  – випромінювальна здатність полум'я з врахуванням лицьової поверхні  $i$  балки, див. В.5.2

$T_o$  – температура полум'я в отворі [K] згідно з додатком В EN 1991-1-2

$T_{z,1}$  – температура полум'я на рівні з низом балки [K] згідно з додатком В EN 1991-1-2

$T_{z,2}$  – температура полум'я на рівні з верхом балки [K] згідно з додатком В EN 1991-1-2

(3) Щодо балки, що розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, то  $C_4$  можна

(3) If the beam is parallel to the external wall of the fire compartment, its average temperature  $T_m$  should be determined for a point in the length of the beam directly above the centre of the opening.

(4) If the beam is perpendicular to the external wall of the fire compartment, the value of the average temperature should be determined at a series of points every 100 mm along the length of the beam. The maximum of these values should then be adopted as the average temperature of the aluminium member  $T_m$ .

(5) The radiative heat flux  $I_z$  from the flame should be determined from:

where

$I_{z,i}$  is the radiative heat flux from the flame to beam face  $i$

$i$  is the beam face indicator (1), (2), (3) or (4)

#### **B.5.1.2 'No forced draught' condition**

(1) For the 'no forced draught' condition, a distinction should be made between those cases where the top of the flame is above the level of the top of the beam and those where it is below this level.

(2) If the top of the flame is above the level of the top of the beam the following equations should be applied:

where:

$\varepsilon_{z,i}$  is the emissivity of the flame with respect to face  $i$  of the beam, see B.5.2

$T_o$  is the temperature at the opening [K] from Annex B of EN 1991-1-2

$T_{z,1}$  is the flame temperature [K] from Annex B of EN 1991-1-2, level with the bottom of the beam

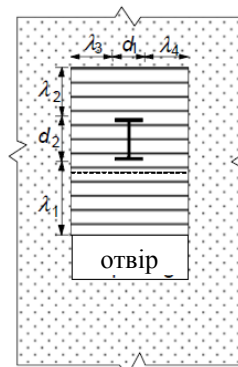
$T_{z,2}$  is the flame temperature [K] from Annex B of EN 1991-1-2, level with the top of the beam

(3) In the case of a beam parallel to the external wall of the fire compartment  $C_4$  may be taken as zero if the beam is immediately adjacent



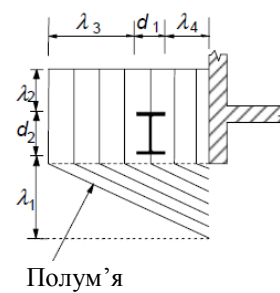
прийняти такою, що дорівнює нулю, якщо балка безпосередньо прилягає до стіни, див. Рисунок В.7.

to the wall, see Figure B.7.



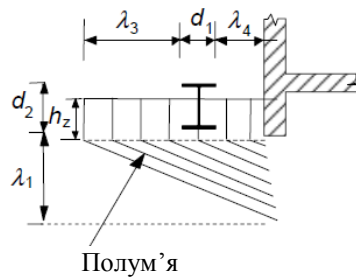
Вид збоку

1) Балка перпендикулярна до стіни



переріз

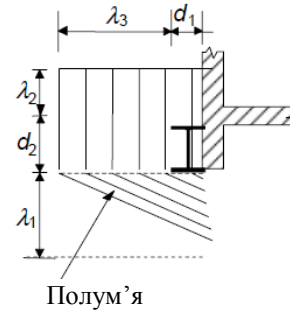
2) Балка паралельна до стіни



переріз

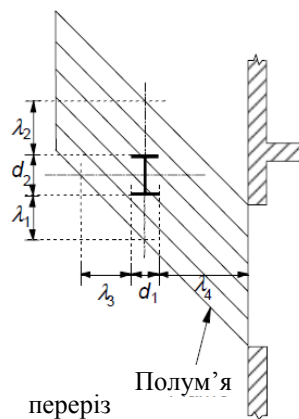
3) Верх полум'я нижче верху балки

а) Умови «не вимушеної (природної) тяга»



переріз

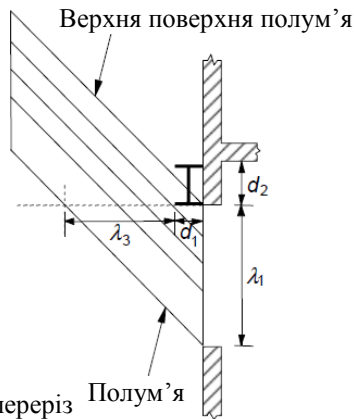
4) Балка безпосередньо прилягає до стіни



переріз

1) Балка не прилягає до стіни

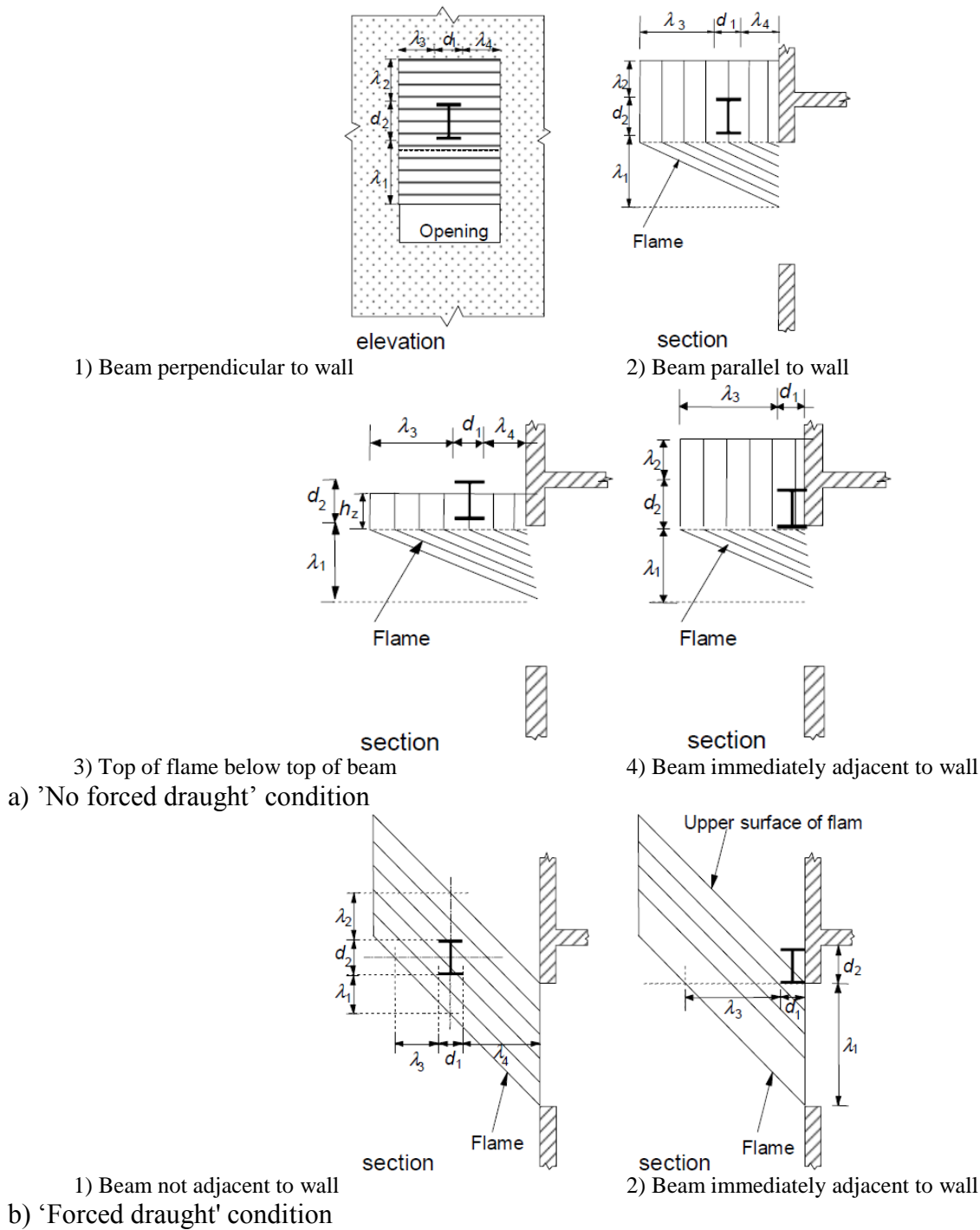
б) Умови «штучної (примусової) тяга»



переріз

2) Балка безпосередньо прилягає до стіни

**Рисунок В.7** — Балка поглинута полум'ям



**Figure B.7** — Beam engulfed in flame

(4) Якщо рівень полум'я нижчий за рівень верху балки слід застосовувати такі формули:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.23a})$$

$$I_{z,2} = 0 \quad (\text{B.23b})$$

$$I_{z,3} = (h_z/d_2) C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.23c})$$

$$I_{z,4} = (h_z/d_2) C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.23d})$$

де

$T_x$  — температура полум'я на язиці полум'я [813 K]

$h_z$  — висота верху полум'я, що вище за

(4) If the top of the flame is below the level of the top of the beam the following equations should be applied:

where

$T_x$  is the flame temperature at the flame tip [813 K]

$h_z$  is the height of the top of the flame above

них балки

**В.5.1.3 Умови «штучної (примусової)****тяги»**

(1) Для умов «штучної (примусової) тяги» щодо балки паралельної зовнішній стіні протипожежного відсіку має бути відмінність між безпосереднім приляганням до стіни та неприляганням до неї.

ПРИМІТКА Креслення наведені на рисунку В.7.

(2) Для балки паралельної зовнішній стіні протипожежного відсіку але не прилягає до неї або для перпендикулярної до стіни балки слід застосовувати такі формули:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.24a})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.24b})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.24c})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.24d})$$

(3) Якщо балка паралельна до стіни та безпосередньо прилягає до неї, то тільки нижня поверхня має бути поглинута полум'ям але одна сторона та верх слід прийняти як такі, що зазнають променевого теплообміну від верхніх поверхонь полум'я, див. рисунок В.7(b)(2). Таким чином:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.25a})$$

$$I_{z,2} = \phi_{z,2} C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.25b})$$

$$I_{z,3} = \phi_{z,3} C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.25c})$$

$$I_{z,4} = 0 \quad (\text{B.25d})$$

де

$\phi_{z,i}$  – кутовий коефіцієнт колони, що стосується тепла від верхньої поверхні полум'я, для лицьової поверхні  $i$  балки, згідно з додатком G EN1991-1.2.

the bottom of the beam

**B.5.1.3 'Forced draught' condition**

(1) For the 'forced draught' condition, in the case of beams parallel to the external wall of the fire compartment a distinction should be made between those immediately adjacent to the wall and those not immediately adjacent to it.

NOTE Illustrations are given in Figure B.7.

(2) For a beam parallel to the wall, but not immediately adjacent to it, or for a beam perpendicular to the wall the following equations should be applied:

(3) If the beam is parallel to the wall and immediately adjacent to it, only the bottom face should be taken as engulfed in flame but one side and the top should be taken as exposed to radiative heat transfer from the upper surface of the flame, see Figure B.7(b)(2). Thus:

where

$\phi_{z,i}$  is the configuration factor relative to the upper surface of the flame, for face  $i$  of the beam, from Annex G of EN1991-1.2.

**В.5.2 Випромінювальна здатність полум'я**

(1) Випромінювальна здатність полум'я  $\varepsilon_{z,i}$  для кожної з лицьових поверхонь 1, 2, 3 та 4 балки слід визначати за формулою для значення  $\varepsilon$ , що наведена в додатку В EN 1991-1-2, використовуючи товщину полум'я  $\lambda$ , що еквівалентна  $\lambda_i$ , яка позначена на рисунку В.7 і відповідає лицьовій поверхні  $i$  балки.

**B.5.2 Flame emissivity**

(1) The emissivity of the flame  $\varepsilon_{z,i}$  for each of the faces 1, 2, 3 and 4 of the beam should be determined from the expression for  $\varepsilon$  given in Annex B of EN 1991-1-2, using a flame thickness  $\lambda$  equal to the dimension  $\lambda_i$  indicated in Figure B.7 corresponding to face  $i$  of the beam.

**В.5.3 Поглинаюча здатність полум'я.**

(1) Коефіцієнт поглинання  $a_z$  полум'я слід визначати за формулою:

**B.5.3 Flame absorptivity**

(1) The absorptivity of the flame  $a_z$  should be determined from:

$$a_z = 1 - e^{0,3h} \quad (\text{B.26})$$

## **БІБЛОГРАФІЯ**

EN 1363-1 Випробування на  
вогнестійкість – Частина 1: Загальні вимоги

## **BIBLIOGRAPHY**

EN 1363-1 Fire resistance tests – Part 1:  
General requirements

**Додаток НА**  
**(обов'язковий)**  
**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ (ДСТУ), ІДЕНТИЧНИХ МС,**  
**ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В EN 1999-1-2:2002**

Позначення та назва європейського стандарту	Ступінь відповідності	Позначення та назва державного стандарту України (ДСТУ)
EN 1990 Єврокод 0: Основи проектування конструкцій	IDT	ДСТУ- Н Б В.1.2-13:2008 Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)
EN 1991 Єврокод 1: Дії на конструкції	IDT	ДСТУ-Н EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)
EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій	IDT	ДСТУ-Н EN 1999-1-1:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила для конструкцій (EN 1999-1-1:2007, IDT)

**ТЕХНІЧНА ПОПРАВКА EN 1999-1-2:2007/AC:2009**

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

EN 1999-1-2:2007/AC

October 2009  
Octobre 2009  
Oktober 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

English version  
Version Française  
Deutsche Fassung

Eurocode 9 - Design of aluminium structures - Part 1-2: Structural fire  
design

Eurocode 9 - Calcul des structures en  
aluminium - Partie 1-2: Calcul du  
comportement au feu

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion  
von Aluminiumtragwerken - Teil 1-2:  
Tragwerksbemessung für den Brandfall

This corrigendum becomes effective on 14 October 2009 for incorporation in the three official language versions of the EN.

Ce corrigendum prendra effet le 14 octobre 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 14. Oktober 2009 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2009 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.  
Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux  
membres nationaux du CEN.  
Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern  
von CEN vorbehalten.

Ref. No.: EN 1999-1-2:2007/AC:2009 D/E/F

## Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій - Частина 1-2: Розрахунок конструкцій на вогнестійкість

Технічна поправка набуває чинності з 14 жовтня 2009 р. зі включенням до версій EN трьома офіційними мовами.

### 1) Зміна до 1.2

В пункті «(1)» вилучити посилання на «ENV 13381-1».

В кінці пункту «(1)» навести таке посилання:

«CEN/TS 13381 – Метод випробування для визначення покращення вогнестійкості елементів конструкцій – Частина 1: Горизонтальні захисні мембрани»

В пункті «(1)» в посиланні «EN 1090-3» вилучити примітку «б».

### 1) Modification to 1.2

Paragraph “(1)”, delete the whole reference to “ENV 13381-1”.

Paragraph “(1)”, end of the paragraph, add the following reference:

“CEN/TS 13381 – Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 1: Horizontal protective membranes

Paragraph “(1)”, reference to “EN 1090-3”, delete Footnote “b”.

### 2) Зміна до 4.2

Замінити номери формул «(4.7)»-«(4.16)» на номери формул «(4.5)»-«(4.14)».

### 2) Modification to 4.2

Replace equation numbers from “(4.7)” to “(4.16)” with equation numbers from “(4.5)” to “(4.14)”.

### 2) Зміна до 4.2.1

Пункт «(1)P», до Формули « $E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$ » додати номер «(4.1)» таким чином:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (4.1)$$

### 3) Modification to 4.2.1

Paragraph “(1)P”, Equation “ $E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$ ”, add the number “(4.1)” thus:

### 4) Зміна до 4.2.2.2

Пункт «(2)», до Формули « $N_{fi,\theta,Rd} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx}/\gamma_{M,fi})$ » додати номер «(4.3)» таким чином:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx}/\gamma_{M,fi}) \quad (4.3)$$

### 4) Modification to 4.2.2.2

Paragraph “(2)”, Equation “ $N_{fi,\theta,Rd} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx}/\gamma_{M,fi})$ ”, add the number “(4.3)” thus:

### 5) Зміна до 4.2.2.3

Пункт «(5)», «ПРИМІТКА», замінити «(4.7), (4.9) та (4.10)» на «(4.5), (4.7) та (4.8)».

### 5) Modification to 4.2.2.3

Paragraph “(5)”, “NOTE”, replace “(4.7), (4.9) and (4.10)” with “(4.5), (4.7) and (4.8)”.

### 6) Зміна до 4.2.2.4

Пункт «(5)», «ПРИМІТКА», замінити «(4.11)» на «(4.9)».

### 6) Modification to 4.2.2.4

Paragraph “(5)”, “NOTE”, replace “(4.11)” with “(4.9)”.

### 7) Зміна до 4.2.3.1

Пункт «(5)», «замінити «(4.12)» на

### 7) Modification to 4.2.3.1

Paragraph “(5)”, replace “(4.12)” with



«(4.10)».

«Таблиця 3», 3ий рядок, 2 стовпчик, формулу «b+h» замінити на «(b+h)».

«Таблиця 3», 4ий рядок, 2 стовпчик, формулу «b+h» замінити на «(b+h)».

#### **8) Зміна до 4.2.3.3**

Пункт «(3)», замінити «ENV 13381-1» на CEN/TS 13381-1».

Пункт «(4)», замінити «ENV 13381-1» на CEN/TS 13381-1».

Пункт «(5)», замінити «ENV 13381-1» на CEN/TS 13381-1».

#### **9) Зміна до B.5.1.3**

Пункт «(3)», замінити «EN1991-1.2» на «EN 1991-1-2».

“(4.10)”.

“Table 3”, 3rd row, 2nd column, equation, replace “b+h” with “(b+h)”.

“Table 3”, 4rd row, 2nd column, equation, replace “b+h” with “(b+h)”.

#### **8) Modification to 4.2.3.3**

Paragraph “(3)”, replace “ENV 13381-1” with “CEN/TS 13381-1”.

Paragraph “(4)”, replace “ENV 13381-1” with “CEN/TS 13381-1”.

Paragraph “(5)”, replace “ENV 13381-1” with “CEN/TS 13381-1”.

#### **9) Modification to B.5.1.3**

Paragraph “(3)”, replace “EN1991-1.2” with “EN 1991-1-2”.

---

УКНД 91.010.30; 91.080.10

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

---

Заступник директора ДП НДІБК  
з наукової роботи, канд. техн. наук, с.н.с

В.Г. Тарасюк

Науковий керівник, канд. техн. наук

В.Г. Поклонський

Відповідальний виконавець

Р.В. Расюк