



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

**ЄВРОКОД 3**  
**ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**  
**Частина 1-2**  
**Загальні положення**  
**Розрахунок конструкцій на вогнестійкість**  
**(EN 1993-1-2:2005, IDT)**

**ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2**

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design (Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій – Частина 1-2: Загальні положення – Розрахунок конструкцій на вогнестійкість) з технічною поправкою EN 1993-1-2: 2005/AC:2009.

EN 1993-1-2:2005 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 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, 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.1.2 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів".

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

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

До цього стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова "цей міжнародний стандарт" замінено на "цей стандарт";
- структурні елементи стандарту – "Обкладинку", "Передмову", "Національний вступ", "Визначення понять" – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- національний довідковий додаток наведено як настанову для користувачів.

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1993-1-2:2005, наведено в додатку НА.

Копії МС, не прийнятих як національні стандарти, на які є посилання EN 1993-1-2:2004, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП "УкрНДНЦ".

Технічна поправка EN 1993-1-2:2005/AC:2009 до EN 1993-1-2:2005 подана в кінці ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 після додатка НА.

## ЗМІСТ

	С.
Вступ . . . . .	VI
Основи програми Єврокодів . . . . .	1
Статус та сфера застосування Єврокодів . . . . .	3
Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди . . . . .	4
Зв'язок між Єврокодами і гармонізованими технічними умовами (ENs і ETAs) для виробів . . . . .	5
Додаткова інформація стосовно EN 1993-1-2 . . . . .	5
Національний Додаток до EN 1993-1-2 . . . . .	9
1 Загальні вимоги . . . . .	10
1.1 Сфера застосування . . . . .	10
1.2 Нормативні посилання . . . . .	11
1.3 Передумови . . . . .	13
1.4 Відмінність між принципами та правилами застосування . . . . .	13
1.5 Терміни та визначення . . . . .	13
1.6 Позначки . . . . .	15
2 Основи проектування . . . . .	21
2.1 Вимоги . . . . .	21
2.2 Впливи . . . . .	22
2.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів . . . . .	22
2.4 Методи перевірки . . . . .	23
3 Властивості матеріалів . . . . .	26
3.1 Загальні вимоги . . . . .	26
3.2 Механічні властивості вуглецевих сталей . . . . .	26
3.3 Механічні властивості нержавіючих сталей . . . . .	29
3.4 Теплофізичні властивості . . . . .	30
4 Розрахунок на вогнестійкість . . . . .	33
4.1 Загальні вимоги . . . . .	33
4.2 Спрощені розрахункові моделі . . . . .	33
4.3 Уточнені розрахункові моделі . . . . .	51
Додаток А (обов'язковий) Деформаційне зміцнення вуглецевої сталі за підвищених температур . . . . .	54
Додаток В (обов'язковий) Передача тепла до зовнішніх сталевих конструкцій . . . . .	56
Додаток С (довідковий) Нержавіюча сталь . . . . .	76
Додаток D (довідковий) З'єднання . . . . .	85
Додаток Е (довідковий) Поперечні перерізи класу 4 . . . . .	89

Додаток НА

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1993-1-2:2005 . . . . .	91
Технічна поправка EN 1993-1-2:2005 / АС:2009 . . . . .	94

## **ВСТУП**

Цей європейський стандарт EN 1993, Єврокод 3: "Проектування сталевих конструкцій" підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 "Будівельні Єврокоди", секретаріат якого утримується BSI. CEN/TC 250 відповідальний за всі "Будівельні Єврокоди".

Цьому стандарту буде надано національного статусу опублікуванням ідентичного тексту або ухваленням не пізніше жовтня 2005 р., а національні стандарти, що мають з ним розбіжності, будуть відмінені не пізніше березня 2010 р.

Цей стандарт замінює ENV 1993-1-2.

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 1993, Eurocode 3: Design of steel structures, has been prepared by Technical Committee CEN/TC250 "Structural Eurocodes", the Secretariat of which is held by BSI. CEN/TC250 is responsible for all Structural Eurocodes.

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 October 2005, and conflicting National Standards shall be withdrawn at latest by March 2010.

This Eurocode supersedes ENV 1993-1-2.

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.

## 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.

У 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 Постійного комітету, до складу якого входили представники держав-членів, розробляла програму Єврокодів, результатом чого стала публікація першого покоління європейських норм у 80-х роках.

У 1989 році Комісія та держави-члени ЕУ (Європейської спільноти) і ЕФТА (Європейської асоціації вільної торгівлі) на підставі угоди<sup>1</sup> між Комісією та СЕН (Європейським комітетом зі стандартизації), вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів до СЕН за допомогою

---

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

## BACKGROUND OF 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

---

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

серії мандатів, щоб у майбутньому надати Єврокодам статусу 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 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: 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.

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 89/440/EEC 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.

## 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 ETAs).

Оскільки Єврокоди безпосередньо стосуються будівельних робіт, вони мають пряме відношення до Тлумачних документів<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.

<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:

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

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

с) 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.

## 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/EEC, 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 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.

<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.



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, є необхідною додаткова експертна оцінка для 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 в кінці.

Національний додаток може містити інформацію лише стосовно тих параметрів, що залишені відкритими в Єврокодах для національного вибору, так звані національно визначені параметри, та застосовуються для проектування та будівництва у цій країні, а саме:

- значення та/або класи, які в Єврокодi даються на вибір;
- значення, для яких у Єврокодi дано лише позначення;
- особливі дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта снігового покриву;
- методика, для якої в Єврокодi дано альтернативні методики.

Може також містити:

- рішення щодо застосування довідкових додатків;
- посилання на додаткову не суперечливу інформацію, що допомагає користувачеві застосувати Єврокод.

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.

The National annex may only contain information on those parameters which are left open in the Eurocode for national 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 and/or classes where alternatives are given in the Eurocode,
- values to be used where a symbol only is given in the Eurocode,
- country specific data (geographical, climatic, etc.), e.g. snow map,
- the procedure to be used where alternative procedures are given in the Eurocode.

It may contain

- decisions on the application of informative annexes,
- references to non-contradictory complementary information to assist the user to apply the Eurocode.

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

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

### **ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ СТОСОВНО EN 1993-1-2**

EN 1993-1-2 містить принципи, вимоги та правила проектування будівель та споруд зі сталевих конструкцій, що зазнали вогневого впливу, враховуючи такі аспекти.

#### **Вимоги безпеки**

EN 1993-1-2 призначені для замовників (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/ЕЕС встановлює такі 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 самостійно залишити будівлі або врятуватися іншими способами;
- враховувалася безпека пожежно-рятувальних підрозділів".

<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.

## **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 1993-1-2**

EN 1993-1-2 describes the principles, requirements and rules for the structural design of steel buildings exposed to fire, including the following aspects.

#### **Safety requirements**

EN 1993-1-2 is intended for clients (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 89/106/EEC gives the following essential requirement for the limitation of fire risks:

"The construction works must be designed and build 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".

<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.

Згідно з Тлумачним документом № 2 "Пожежна безпека" 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 розприскування;
- умов заселення будівлі або протипожежного відсіку;
- використання допустимих ізоляційних та захисних матеріалів, включаючи їх обслуговування,

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

Значення часткових коефіцієнтів та інших показників надійності вказані як рекомендовані значення, що забезпечують прийнятний рівень надійності. Вони були вибрані 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).

According to the Interpretative Document N° 2 "Safety in case of fire" 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 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).

На даний час можливо застосовувати методика для встановлення дійсної роботи конструкції, що включає деякі (якщо не всі) з цих параметрів, та довести, що конструктивна система або її частини відтворять 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) вищевказані властивості та невизначеності.

Застосування цієї частини 1-2 показано на рисунку 1. Розрізняють визначений підхід та підхід, що заснований на роботі конструкції. Визначений підхід використовує номінальний температурний режим для відтворення теплових впливів. Підхід, що заснований на роботі конструкції, використовуючи техніку пожежної безпеки, звертається до теплових впливів, що ґрунтуються на фізичних та хімічних параметрах.

Для проектування згідно з цим стандартом використовують EN 1991-1-2, що визначає теплові та механічні навантаження і впливи на будівлю.

### **Засоби проектування**

Якщо спрощених розрахункових моделей не існує, частини Єврокодів, що встановлюють правила для розрахунку конструкцій на вогнестійкість, надають проектні рішення у вигляді табличних даних (базуються на результатах випробувань або уточнених розрахункових моделях), які можуть бути використані у визначених межах достовірності.

Очікується, що засоби проектування, які ґрунтуються на розрахункових моделях, що вказані в EN 1993-1-2, будуть розроблені уповноваженими сторонніми організаціями.

Основний текст EN 1993-1-2 разом з нормативними додатками містить більшість головних принципів та правил, що необхідні для розрахунку сталевих конструкцій на вогнестійкість.

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.

Application of this Part 1-2 is illustrated in Figure 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.

For design according to this part, EN 1991-1-2 is required for the determination of thermal and mechanical actions to the structure.

### **Design aids**

Where simple calculation models are not available, the Eurocode fire parts give design solutions in terms of tabulated data (based on tests or advanced calculation models), which may be used within the specified limits of validity.

It is expected, that design aids based on the calculation models given in EN 1993-1-2, will be prepared by interested external organizations.

The main text of EN 1993-1-2 together with normative Annexes includes most of the principal concepts and rules necessary for structural fire design of steel structures.

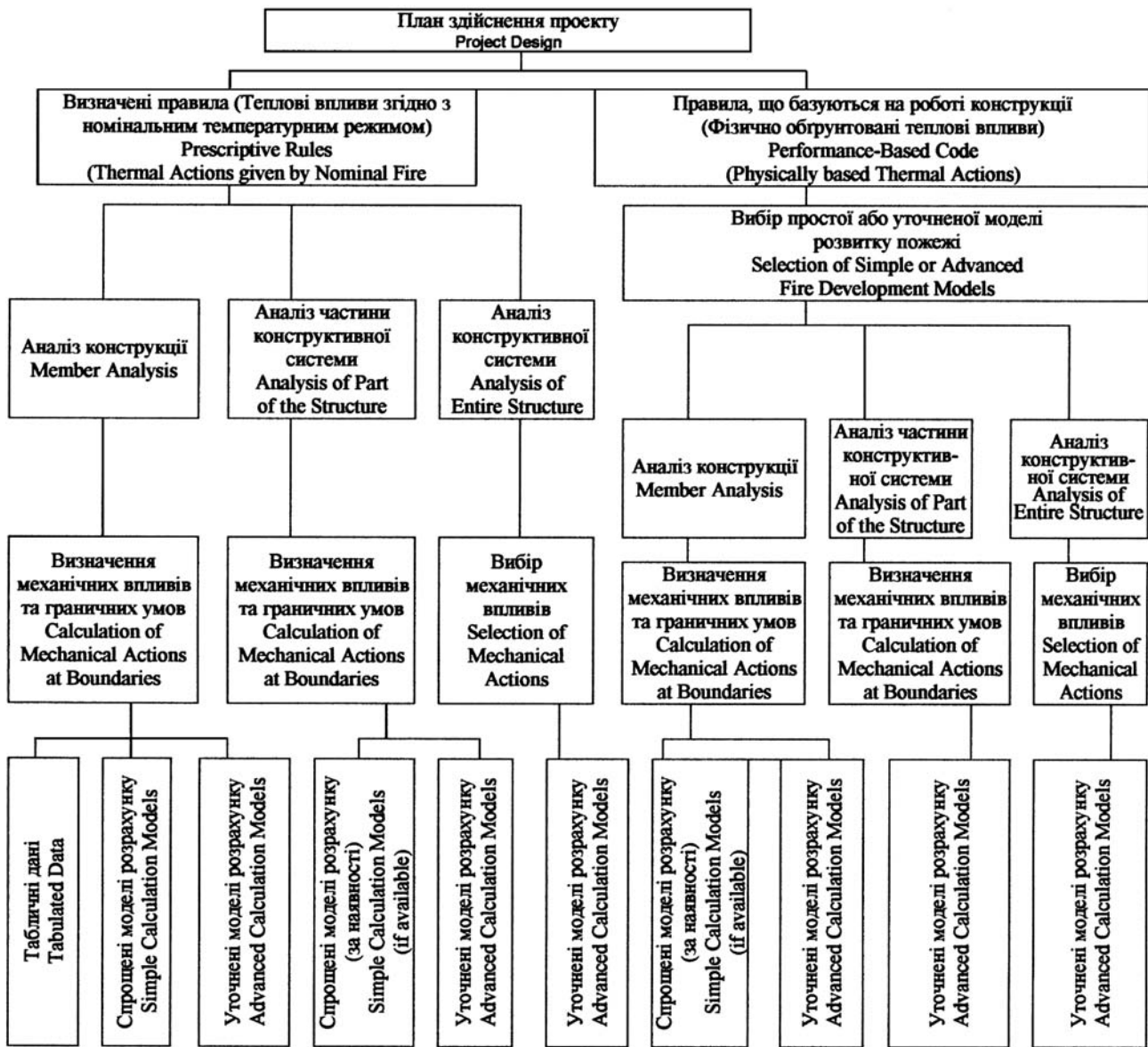


Рисунок 1.1 – Методика розрахунку  
Figure 1.1 – Design procedure



## **НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДО EN 1993-1-2**

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 1993-1-2, має містити Національний додаток, який включив би всі національно визначені параметри, що використовуються для проектування сталевих конструкцій у відповідній країні.

Національний вибір дозволено в EN 1993-1-2 у таких пунктах:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 4.1 (2)
- 4.2.3.6 (1)
- 4.2.4 (2)

## **NATIONAL ANNEX FOR EN 1993-1-2**

This standard gives alternative procedures, values and recommendations for classes with Note:s indicating where national choices may have to be made. Therefore the National Standard implementing EN 1993-1-2 should have a National annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of steel structures to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1993-1-2 through paragraphs:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 4.1 (2)
- 4.2.3.6 (1)
- 4.2.4 (2)

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

### 1.1 Сфера застосування

#### 1.1.1 Сфера застосування EN 1993

(1) EN 1993 застосовують для проектування зі сталі конструкцій будівель та споруд. Цей документ відповідає принципам і вимогам безпеки та нормальної експлуатації конструкцій, основам їх проектування та перевірки згідно з EN 1990 "Основи проектування конструкцій".

(2) EN 1993 містить вимоги лише щодо міцності, нормальної експлуатації, довговічності та вогнестійкості сталевих конструкцій. Інші вимоги, наприклад, стосовно тепло- та звукоізоляції, не розглядаються.

(3) EN 1993 призначений для використання разом із:

- EN 1990 Основи проектування конструкцій
- EN 1991 Дії на конструкції
- hENs Будівельні вироби для сталевих конструкцій
- EN 1090 Виготовлення сталевих конструкцій
- EN 1998 Проектування сейсмостійких конструкцій, якщо сталеві конструкції використовують для будівництва у сейсмічних районах.

(4) EN 1993 складається з шести частин:

- EN 1993-1 Проектування сталевих конструкцій: Загальні правила
- EN 1993-2 Проектування сталевих конструкцій: Сталеві мости
- EN 1993-3 Проектування сталевих конструкцій: Вежі, щогли та димарі
- EN 1993-4 Проектування сталевих конструкцій: Силоси, резервуари та трубопроводи
- EN 1993-5 Проектування сталевих конструкцій: Палі
- EN 1993-6 Проектування сталевих конструкцій: Опорні конструкції кранів

#### 1.1.2 Сфера застосування EN 1993-1-2

(1) EN 1993-1-2 стосуються проектування сталевих конструкцій у разі пожежі та призначені для використання разом із EN 1993-1-1 та EN 1991-1-2. EN 1993-1-2 лише визначає відмінності або доповнення до проектування за нормальних температур.

(2) EN 1993-1-2 стосуються лише пасивних методів вогнезахисту.

## 1 GENERAL

### 1.1 Scope

#### 1.1.1 Scope of EN 1993

(1) EN 1993 applies to the design of buildings and civil engineering works in steel. 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) EN 1993 is only concerned with requirements for resistance, serviceability, durability and fire resistance of steel structures. Other requirements, e.g concerning thermal or sound insulation, are not considered.

(3) EN 1993 is intended to be used in conjunction with:

- EN 1990 "Basis of structural design"
- EN 1991 "Actions on structures"
- hEN's for construction products relevant for steel structures
- EN 1090 "Execution of steel structures"
- EN 1998 "Design of structures for earthquake resistance", where steel structures are built in seismic regions

(4) EN 1993 is subdivided in six parts:

- EN 1993-1 Design of Steel Structures: Generic rules.
- EN 1993-2 Design of Steel Structures: Steel bridges.
- EN 1993-3 Design of Steel Structures: Towers, masts and chimneys.
- EN 1993-4 Design of Steel Structures: Silos, tanks and pipelines.
- EN 1993-5 Design of Steel Structures: Piling.
- EN 1993-6 Design of Steel Structures: Crane supporting structures.

#### 1.1.2 Scope of EN 1993-1-2

(1) EN 1993-1-2 deals with the design of steel structures for the accidental situation of fire exposure and is intended to be used in conjunction with EN 1993-1-1 and EN 1991-1-2. EN 1993-1-2 only identifies differences from, or supplements to, normal temperature design.

(2) EN 1993-1-2 deals only with passive methods of fire protection.

(3) EN 1993-1-2 застосовують для сталевих конструкцій, які мають зберігати несучу здатність під впливом вогню для запобігання їх передчасному руйнуванню.

**Примітка.** Ця частина не містить правил для огорджувальних конструкцій.

(4) EN 1993-1-2 встановлює принципи та правила проектування конструкцій для особливих вимог щодо несучої здатності та рівнів роботи.

(5) EN 1993-1-2 застосовують для будівель або їх частин, які належать до сфери застосування EN 1993-1 та запроектовані відповідно.

(6) Методи, що наведені в цьому стандарті, застосовують для конструкційних сталей марок S235, S275, S355, S420 та S460 згідно з EN 10025 та всіх марок згідно з EN 10210-1 та EN 10219-1.

(7) Методи, що наведені в цьому стандарті, застосовують також для сталевих конструкцій та листового матеріалу холодного формування згідно з EN 1993-1-3.

(8) Методи, що наведені в цьому стандарті, застосовують для будь-якої марки сталі, для якої наявні властивості за підвищених температур, що базуються на гармонізованих європейських стандартах.

(9) Методи, що наведені в цьому стандарті, застосовують також для конструкцій та листового матеріалу з нержавіючої сталі згідно з EN 1993-1-4.

**Примітка.** Вогнестійкість сталезалізобетонних конструкцій див. у EN 1994-1-2.

## 1.2 Нормативні посилання

(1) Цей стандарт містить датовані та недатовані посилання, положення з інших публікацій. Ці нормативні посилання вказані у відповідних місцях за текстом, а їх перелік наведено нижче. Для датованих посилань пізніші зміни будь-якої з цих публікацій застосовуються до стандарту тоді, коли вони вносяться через зміну до публікації. Для недатованих посилань пропонується до використання останнє видання публікації (включно з доповненнями).

EN 10025 Гарячекатані вироби з конструкційної сталі

(3) EN 1993-1-2 applies to steel structures that are required to fulfil this 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 1993-1-2 gives principles and application rules for designing structures for specified requirements in respect of the load bearing function and the levels of performance.

(5) EN 1993-1-2 applies to structures, or parts of structures, that are within the scope of EN 1993-1 and are designed accordingly.

(6) The methods given are applicable to structural steel grades S235, S275, S355, S420 and S460 of EN 10025 and all grades of EN 10210 and EN 10219.

(7) The methods given are also applicable to cold-formed steel members and sheeting within the scope of EN 1993-1-3.

(8) The methods given are applicable to any steel grade for which material properties at elevated temperatures are available, based on harmonized European standards.

(9) The methods given are also applicable to stainless steel members and sheeting within the scope of EN 1993-1-4.

**Note:** For the fire resistance of composite steel and concrete structures, see EN 1994-1-2.

## 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 when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

EN 10025 Hot rolled products of structural steels;



EN 10155 Конструкційні сталі з покращеною стійкістю до атмосферної корозії. Технічні умови постачання

EN 10210 Конструкційні пустотілі перерізи гарячої обробки з нелегованої дрібнозернистої конструкційної сталі:

Частина 1: Технічні умови постачання

EN 10219 Конструкційні порожнисті перерізи холодної обробки з нелегованої дрібнозернистої конструкційної сталі:

Частина 1: Технічні умови постачання

EN 1363 Вогнестійкість: Основні вимоги

EN 13501 Пожежна класифікація будівельних виробів та конструкцій:

Частина 2: Класифікація за даними випробувань на вогнестійкість

ENV 13381 Випробування на вогнестійкість елементів будівель:

Частина 1: Метод випробування для визначення внеску у вогнестійкість елементів конструкцій: захисних горизонтальних екранів;

Частина 2: Метод випробування для визначення внеску у вогнестійкість елементів конструкцій: захисних вертикальних екранів;

Частина 4: Метод випробування для визначення внеску у вогнестійкість елементів конструкцій: захисного покриття сталевих елементів

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

EN 1991 Єврокод 1. Навантаження і впливи на будівлі та споруди:

Частина 1-2: Навантаження і впливи на будівлі та споруди під час пожежі;

EN 1993 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій:

Частина 1-1: Загальні правила: Загальні правила та правила для будівель;

Частина 1-3: Загальні правила: Додаткові правила для сталевих елементів та листового матеріалу холодного формування;

Частина 1-4: Загальні правила: Додаткові правила для нержавіючої сталі;

Частина 1-8: Загальні правила: Проектування з'єднань

EN 1994 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій:

Частина 1-2: Загальні правила: Розрахунок на вогнестійкість

ISO 1000 Міжнародна система одиниць, SI.

EN 10155 Structural steels with improved atmospheric corrosion resistance – Technical delivery conditions;

EN 10210 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels:

Part 1: Technical delivery conditions;

EN 10219 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels:

Part 1: Technical delivery conditions;

EN 1363 Fire resistance: General requirements;

EN 13501 Fire classification of construction products and building elements

Part 2: Classification using data from fire resistance tests

ENV 13381 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;

Part 2: Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members: by vertical protective membranes;

Part 4: Test method for determining the contribution to the fire resistance of structural members: by applied protection to steel structural elements;

EN 1990 Eurocode: Basis of structural design

EN 1991 Eurocode 1. Actions on structures:

Part 1-2: Actions on structures exposed to fire;

EN 1993 Eurocode 3. Design of steel structures:

Part 1-1: General rules : General rules and rules for buildings;

Part 1-3: General rules : Supplementary rules for cold formed steel members and sheeting;

Part 1-4: General rules : Supplementary rules for stainless steels;

Part 1-8: General Rules: Design of joints

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

Part 1-2: General rules : Structural fire design;

ISO 1000 SI units.

### 1.3 Передумови

(1) Додатково до загальних передумов, що наведені в EN 1990, застосовують такі:

- будь-які системи пасивного захисту від пожежі, що враховані при проектуванні, мають підтримуватися у належному стані.

### 1.4 Відмінність між принципами та правилами застосування

(1) Застосовують правила, що наведені в 1.4 EN 1990 та в EN 1991-1-2.

### 1.5 Терміни та визначення

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

(2) В EN 1993-1-2 використані терміни та визначення такого змісту:

#### 1.5.1 Спеціальні терміни стосовно проектування загалом

##### 1.5.1.1 рамно-в'язевий каркас

Каркас може класифікуватися як в'язевий, якщо його опір горизонтальним навантаженням забезпечується системою в'язей, яка є достатньо жорсткою, щоб вона сприймала всі горизонтальні навантаження

##### 1.5.1.2 частина будівлі

Відокремлена частина будівлі з відповідними опорами та граничними умовами

#### 1.5.2 Терміни стосовно теплових впливів

##### 1.5.2.1 стандартний температурний режим

Номинальний режим, визначений у EN 13501-2 для відтворення моделі повністю розвиненої пожежі у відсіку

#### 1.5.3 Терміни стосовно матеріалів та виробів

##### 1.5.3.1 вуглецева сталь

У цьому стандарті марки сталі відповідно до 1993-1-1, окрім нержавіючої сталі

##### 1.5.3.2 вогнезахисний матеріал

Будь-який матеріал або сполучення матеріалів, застосований до конструкції для підвищення її вогнестійкості

##### 1.5.3.3 нержавіюча сталь

Всі сталі відповідно до 1993-1-4

### 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 should be adequately maintained.

### 1.4 Distinction between principles and application rules

(1) The rules given in clause 1.4 of EN1990 and EN1991-1-2 apply.

### 1.5 Terms and definitions

(1) The rules in EN 1990 clause 1.5 apply.

(2) The following terms and definitions are used in EN 1993-1-2 with the following meanings:

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

##### 1.5.1.1 Braced frame

A frame may be classified as braced if its sway resistance is supplied by a bracing system with a response to in-plane horizontal loads which is sufficiently stiff for it to be acceptably accurate to assume that all horizontal loads are resisted by the bracing system.

##### 1.5.1.2 Part of structure

Isolated part of an entire structure with appropriate support and boundary conditions.

#### 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.

#### 1.5.3 Terms relating to material and products

##### 1.5.3.1 Carbon steel

In this standard: steel grades according to in EN1993-1-1, except stainless steels.

##### 1.5.3.2 Fire protection material

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

##### 1.5.3.3 Stainless steel

All steels referred to in EN 1993-1-4.

#### **1.5.4 Терміни стосовно аналізу теплопередачі**

##### **1.5.4.1 коефіцієнт форми**

Коефіцієнт форми для радіаційної передачі тепла від поверхні А до поверхні В визначається як частка розсіяної випроміненої енергії, що виділяється з поверхні А та досягає поверхні В

##### **1.5.4.2 коефіцієнт конвекційного теплообміну**

Конвекційний тепловий потік до конструкції, що відноситься до різниці між середньою температурою навколишнього середовища та температурою поверхні конструкції

##### **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 одиницею площі поверхні конструкції за одиницю часу

##### **1.5.4.5 коефіцієнт поперечного перерізу**

Для сталевих конструкцій – співвідношення площі поверхні, що зазнає впливу, та об'єму сталі; для захищеної конструкції – співвідношення площі внутрішньої поверхні облицювання, що зазнає впливу, та об'єму сталі.

##### **1.5.4.6 значення коефіцієнта прямокутного поперечного перерізу**

Співвідношення площі поверхні, що зазнає впливу, умовного обмежувального прямокутника та об'єму сталі

#### **1.5.5 Терміни стосовно аналізу механічної роботи**

##### **1.5.5.1 критична температура сталевих конструкцій**

Температура, за якої очікується руйнування сталевих конструкцій при рівномірному розподілі температури для заданого рівня навантаження

##### **1.5.5.2 розрахункова границя текучості**

Рівень напруження, для якого діаграма "напруження-деформація" сталі переходить у стадію текучості за визначеної температури

#### **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 Section factor**

For a steel member, the ratio between the exposed surface area and the volume of steel; for an enclosed member, the ratio between the internal surface area of the exposed encasement and the volume of steel.

##### **1.5.4.6 Box value of section factor**

Ratio between the exposed surface area of a notional bounding box to the section and the volume of steel.

#### **1.5.5 Terms relating to mechanical behaviour analysis**

##### **1.5.5.1 Critical temperature of structural steel element**

For a given load level, the temperature at which failure is expected to occur in a structural steel element for a uniform temperature distribution.

##### **1.5.5.2 Effective yield strength**

For a given temperature, the stress level at which the stress-strain relationship of steel is truncated to provide a yield plateau.

## 1.6 Позначки

(1) У EN 1993-1-2 використані такі позначки:

### *Великі латинські літери*

$A_i$	елементарна площа поперечного перерізу за температури $\theta_i$ ;
$A_m$	площа поверхні конструкції на одиницю довжини;
$A_m / V$	коефіцієнт перерізу незахищених сталевих конструкцій;
$C_i$	коефіцієнт захисту $i$ -ї поверхні конструкції;
$A_p$	відповідна площа вогнезахисного матеріалу на одиницю довжини конструкції, м <sup>2</sup> ;
$E_a$	модуль пружності сталі для розрахунку за нормальної температури;
$E_{a,\theta}$	тангенс кута нахилу лінійної пружної ділянки діаграми "напруження-деформації" сталі за підвищених температур $\theta_a$ ;
$E_{fi,d}$	розрахунковий навантажувальний ефект у разі пожежі визначений відповідно до EN 1991-1-2, враховуючи ефекти температурних видовжень та деформацій;
$F_{b,Rd}$	розрахункова несуча здатність болтів;
$F_{b,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність болтів під впливом вогню;
$F_{v,Rd}$	розрахунковий опір на зріз болта на площину зрізу, визначений за умови, що площина зрізу проходить через різьбу болта;
$F_{v,t,Rd}$	розрахунковий опір болта, завантаженого на зріз;
$F_{w,Rd}$	розрахунковий опір на одиницю довжини кутового зварного шва;
$F_{w,t,Rd}$	розрахунковий опір на одиницю довжини кутового зварного шва під впливом вогню;
$G_k$	характеристичне значення постійного впливу;
$I_f$	радіаційний тепловий потік з прорізів;
$I_z$	радіаційний тепловий потік від полум'я;

## 1.6 Symbols

(1) For the purpose of EN 1993-1-2, the following symbols apply:

### *Latin upper case letters*

$A_i$	an elemental area of the cross-section with a temperature $\theta_i$ ;
$A_m$	the surface area of a member per unit length;
$A_m / V$	the section factor for unprotected steel members;
$C_i$	the protection coefficient of member face $i$ ;
$A_p$	the appropriate area of fire protection material per unit length of the member [m <sup>2</sup> ];
$E_a$	the modulus of elasticity of steel for normal temperature design;
$E_{a,\theta}$	the slope of the linear elastic range for steel at elevated temperature $\theta_a$ ;
$E_{fi,d}$	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;
$F_{b,Rd}$	the design bearing resistance of bolts;
$F_{b,t,Rd}$	the design bearing resistance of bolts in fire;
$F_{v,Rd}$	the design shear resistance of a bolt per shear plane calculated assuming that the shear plane passes through the threads of the bolt;
$F_{v,t,Rd}$	the fire design resistance of bolts loaded in shear;
$F_{w,Rd}$	the design resistance per unit length of a fillet weld;
$F_{w,t,Rd}$	the design resistance per unit length of a fillet weld in fire;
$G_k$	the characteristic value of a permanent action;
$I_f$	the radiative heat flux from an opening;
$I_z$	the radiative heat flux from a flame;

$I_{z,i}$	радіаційний тепловий потік від полум'я до $i$ -ї грані колони;	$I_{z,i}$	the radiative heat flux from a flame to a column face $i$ ;
$L$	розрахункова довжина колони на відповідному поверсі;	$L$	the system length of a column in the relevant storey
$M_{b,fi,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність при поздовжньому згині в момент часу $t$ ;	$M_{b,fi,t,Rd}$	the design buckling resistance moment at time $t$ ;
$M_{fi,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність при згині в момент часу $t$ ;	$M_{fi,t,Rd}$	the design moment resistance at time $t$ ;
$M_{fi,\theta,Rd}$	розрахункова несуча здатність перерізу при згині для постійної температури $\theta_a$ , яка дорівнює постійній температурі $\theta_a$ в момент часу $t$ у поперечному перерізі, який не зазнає теплового впливу від опор;	$M_{fi,\theta,Rd}$	the design moment resistance of the cross-section for a uniform temperature $\theta_a$ which is equal to the uniform temperature $\theta_a$ at time $t$ in a cross-section which is not thermally influenced by the supports;
$M_{Rd}$	згинальний момент у пластичному шарнірі $M_{pl,Rd}$ загального перерізу для проектування за нормальної температури; пружний згинальний момент $M_{el,Rd}$ для проектування за нормальної температури;	$M_{Rd}$	the plastic moment resistance of the gross cross-section $M_{pl,Rd}$ for normal temperature design; the elastic moment resistance of the gross cross-section $M_{el,Rd}$ for normal temperature design;
$N_{b,fi,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність конструкції, що працює на стиск, при поздовжньому згині в момент часу $t$ ;	$N_{b,fi,t,Rd}$	the design buckling resistance at time $t$ of a compression member;
$N_{Rd}$	розрахункова несуча здатність поперечного перерізу $N_{pl,Rd}$ для проектування за нормальної температури відповідно до EN 1993-1-1;	$N_{Rd}$	the design resistance of the cross-section $N_{pl,Rd}$ for normal temperature design, according to EN 1993-1-1.
$N_{fi,\theta,Rd}$	розрахункова несуча здатність конструкції, що працює на розтяг, для постійної температури $\theta_a$ ;	$N_{fi,\theta,Rd}$	the design resistance of a tension member a uniform temperature $\theta_a$ ;
$N_{fi,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність конструкції, що працює на розтяг, в момент часу $t$ для нерівномірного розподілу температури по ширині перерізу;	$N_{fi,t,Rd}$	the design resistance at time $t$ of a tension member with a non-uniform temperature distribution across the cross-section;
$Q_{k,1}$	головний змінний вплив;	$Q_{k,1}$	the principal variable load;
$R_{fi,d,t}$	відповідна розрахункова несуча здатність у разі пожежі;	$R_{fi,d,t}$	the corresponding design resistance in the fire situation;
$R_{fi,d,0}$	значення $R_{fi,d,t}$ для часу $t = 0$ ;	$R_{fi,d,0}$	the value of $R_{fi,d,t}$ for time $t = 0$ ;
$T_f$	температура вогню, К;	$T_f$	the temperature of a fire [K];
$T_o$	температура полум'я в прорізі, К;	$T_o$	the flame temperature at the opening [K];
$T_x$	температура язика полум'я, 813 К;	$T_x$	the flame temperature at the flame tip [813 K];
$T_z$	температура полум'я, К;	$T_z$	the flame temperature [K];
$T_{z,1}$	температура полум'я, К, на рівні низу балки згідно з додатком В EN 1991-1-2;	$T_{z,1}$	the flame temperature [K] from annex B of EN 1991-1-2, level with the bottom of a beam;

$T_{z,2}$	температура полум'я, К, на рівні верху балки згідно з додатком В EN 1991-1-2;	$T_{z,2}$	the flame temperature [K] from annex B of EN 1991-1-2, level with the top of a beam;
$V$	об'єм конструкції на одиницю довжини;	$V$	the volume of a member per unit length;
$V_{fi,t,Rd}$	розрахункова несуча здатність на дію поперечної сили в момент часу $t$ ;	$V_{fi,t,Rd}$	the design shear resistance at time $t$ ;
$V_{Rd}$	розрахункова несуча здатність загального перерізу на дію поперечної сили для проектування за нормальної температури відповідно до EN 1993-1-1;	$V_{Rd}$	the shear resistance of the gross cross-section for normal temperature design, according to EN 1993-1-1;
$X_k$	характеристичне значення міцності або деформативності (здебільшого $f_k$ або $E_k$ ) для розрахунку за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1	$X_k$	the characteristic value of a strength or deformation property (generally $f_k$ or $E_k$ ) for normal temperature design to EN 1993-1-1

*Малі латинські літери*

$a_z$	коефіцієнт поглинання для полум'я;
$c$	питома теплоємність;
$c_a$	питома теплоємність сталі;
$c_p$	питома теплоємність вогнезахисного матеріалу, що не залежить від температури;
$d_i$	розмір поперечного перерізу $i$ -ї грані конструкції;
$d_p$	товщина вогнезахисного матеріалу;
$d_f$	товщина вогнезахисного матеріалу ( $d_f = 0$ для незахищених конструкцій);
$f_{p,\theta}$	границя пропорційності для сталі за підвищеної температури $\theta_a$ ;
$f_y$	границя текучості за температури 20 °C;
$f_{y,\theta}$	розрахункова границя текучості для сталі за підвищеної температури $\theta_a$ ;
$f_{y,i}$	номінальна границя текучості $f_y$ для елементарної площі $A_i$ , що приймається зі знаком плюс для стиснутої частини перерізу відносно пластичної нейтральної осі та зі знаком мінус для розтягнутої частини перерізу;
$f_{u,\theta}$	гранична міцність за підвищеної температури, що враховується при деформаційному зміцненні;
$\dot{h}_{net,d}$	розрахункове значення поглинутого теплового потоку на одиницю площі;
$h_z$	висота язика полум'я вище низу балки;

*Latin lower case letters*

$a_z$	the absorptivity of flames;
$c$	the specific heat;
$c_a$	the specific heat of steel;
$c_p$	the temperature independent specific heat of the fire protection material;
$d_i$	the cross-sectional dimension of member face $i$ ;
$d_p$	the thickness of fire protection material;
$d_f$	the thickness of the fire protection material ( $d_f = 0$ for unprotected members);
$f_{p,\theta}$	the proportional limit for steel at elevated temperature $\theta_a$ ;
$f_y$	the yield strength at 20 °C;
$f_{y,\theta}$	the effective yield strength of steel at elevated temperature $\theta_a$ ;
$f_{y,i}$	the nominal yield strength $f_y$ for the elemental area $A_i$ taken as positive on the compression side of the plastic neutral axis and negative on the tension side;
$f_{u,\theta}$	the ultimate strength at elevated temperature, allowing for strain-hardening;
$\dot{h}_{net,d}$	the design value of the net heat flux per unit area;
$h_z$	the height of the top of the flame above the bottom of the beam;



$i$	позначка грані колони (1), (2), (3) або (4);	$i$	the column face indicator (1), (2), (3) or (4);
$k_{b,...}$	коефіцієнт зниження, що визначений для відповідної температури болта;	$k_{b,...}$	the reduction factor determined for the appropriate bolt temperature;
$k_{E,\theta}$	коефіцієнт зниження з розділу 3 для тангенса кута нахилу лінійної пружної ділянки для температури сталі $\theta_a$ , що досягається в момент часу $t$ ;	$k_{E,\theta}$	the reduction factor from section 3 for the slope of the linear elastic range at the steel temperature $\theta_a$ reached at time $t$ ;
$k_{E,\theta,com}$	коефіцієнт зниження з розділу 3 для тангенса кута нахилу лінійної пружної ділянки для максимальної температури у стиснутій зоні $\theta_{a,com}$ , що досягається в момент часу $t$ ;	$k_{E,\theta,com}$	the reduction factor from section 3 for the slope of the linear elastic range at the maximum steel temperature in the compression flange $\theta_{a,com}$ reached at time $t$ ;
$k_{sh}$	поправковий коефіцієнт для ефекту затінення;	$k_{sh}$	correction factor for the shadow effect;
$k_\theta$	відносне значення міцності або деформативності сталі за підвищеної температури $\theta_a$ ;	$k_\theta$	the relative value of a strength or deformation property of steel at elevated temperature $\theta_a$ ;
$k_\theta$	коефіцієнт зниження міцності або деформативності ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), що залежить від температури матеріалу, див. розділ 3;	$k_\theta$	the reduction factor for a strength or deformation property ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), dependent on the material temperature, see section 3;
$k_{w,...}$	коефіцієнт зниження міцності зварних швів;	$k_{w,...}$	the strength reduction factor for welds;
$k_{y,\theta}$	коефіцієнт зниження з розділу 3 для границі текучості сталі за температури $\theta_a$ , що досягається в момент часу $t$ ;	$k_{y,\theta}$	the reduction factor from section 3 for the yield strength of steel at the steel temperature $\theta_a$ reached at time $t$ ;
$k_{y,\theta,com}$	коефіцієнт зниження з розділу 3 для границі текучості сталі за максимальної температури у стиснутій зоні $\theta_{a,com}$ , що досягається в момент часу $t$ ;	$k_{y,\theta,com}$	the reduction factor from section 3 for the yield strength of steel at the maximum temperature in the compression flange $\theta_{a,com}$ reached at time $t$ ;
$k_{y,\theta,i}$	коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури $\theta_i$ ;	$k_{y,\theta,i}$	the reduction factor for the yield strength of steel at temperature $\theta_i$ ;
$k_{y,\theta,max}$	коефіцієнт зниження границі текучості сталі за максимальної температури у стиснутій зоні $\theta_{a,max}$ , що досягається в момент часу $t$ ;	$k_{y,\theta,max}$	the reduction factor for the yield strength of steel at the maximum steel temperature $\theta_{a,max}$ reached at time $t$ ;
$k_{y,\theta,web}$	коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури $\theta_{web}$ , див. розділ 3;	$k_{y,\theta,web}$	the reduction factor for the yield strength of steel at the steel temperature $\theta_{web}$ , see section 3;
$k_y$	коефіцієнт взаємодії;	$k_y$	the interaction factor;
$k_z$	коефіцієнт взаємодії;	$k_z$	the interaction factor;
$k_{LT}$	коефіцієнт взаємодії;	$k_{LT}$	the interaction factor;
$m$	кількість прорізів на стороні $m$ ;	$m$	the number of openings on side $m$ ;
$n$	кількість прорізів на стороні $n$ ;	$n$	the number of openings on side $n$ ;
$l$	довжина за температури 20 °C; відстань від прорізу виміряна вздовж осі полум'я;	$l$	the length at 20 °C ; a distance from an opening, measured along the flame axis;

$l_{fi}$	довжина зони поздовжнього згину колони для розрахунку на вогнестійкість;	$l_{fi}$	the buckling length of a column for the fire design situation;
$s$	відстань від осі колони до осі стіни протипожежного відсіку;	$s$	the horizontal distance from the centreline of a column to a wall of a fire compartment;
$t$	тривалість вогневого впливу;	$t$	the time in fire exposure;
$w_j$	ширина прорізу;	$w_j$	the width of an opening;
$z_j$	відстань від пластичної нейтральної осі до центра елементарної площі $A_j$ ;	$z_j$	the distance from the plastic neutral axis to the centroid of the elemental area $A_j$ ;

*Великі грецькі літери*

$\Delta t$	проміжок часу;
$\Delta l$	теплове розширення;
$\Delta\theta_{g,t}$	приріст температури навколишнього середовища за проміжок часу $\Delta t$ ;
$\phi_{f,i}$	коефіцієнт форми $i$ -ї поверхні конструкції для прорізу;
$\phi_f$	загальний коефіцієнт форми конструкції для радіаційного теплообміну з прорізом;
$\phi_z$	загальний коефіцієнт форми конструкції для радіаційного теплообміну з полум'ям;
$\phi_{z,i}$	коефіцієнт форми $i$ -ї поверхні конструкції для полум'я;
$\phi_{z,m}$	загальний коефіцієнт форми колони для нагрівання від полум'я сторони $m$ ;
$\phi_{z,n}$	загальний коефіцієнт форми колони для нагрівання від полум'я сторони $n$

*Greek upper case letters*

$\Delta t$	the time interval;
$\Delta l$	the temperature induced expansion;
$\Delta\theta_{g,t}$	the increase of the ambient gas temperature during the time interval $\Delta t$ ;
$\phi_{f,i}$	the configuration factor of member face $i$ for an opening;
$\phi_f$	the overall configuration factor of the member for radiative heat transfer from an opening;
$\phi_z$	the overall configuration factor of a member for radiative heat transfer from a flame;
$\phi_{z,i}$	the configuration factor of member face $i$ for a flame;
$\phi_{z,m}$	the overall configuration factor of the column for heat from flames on side $m$ ;
$\phi_{z,n}$	the overall configuration factor of the column for heat from flames on side $n$

*Малі грецькі літери*

$\alpha$	коефіцієнт конвекційного теплообміну;
$\beta_M$	коефіцієнт еквівалентного рівномірного моменту;
$\gamma_G$	коефіцієнт надійності для постійного навантаження;
$\gamma_{M2}$	коефіцієнт надійності для нормальної температури;
$\gamma_{M,fi}$	коефіцієнт надійності для відповідної властивості матеріалу під час пожежі;
$\gamma_{Q,1}$	коефіцієнт надійності для змінного впливу 1;
$\varepsilon_f$	коефіцієнт випромінювання полум'я; коефіцієнт випромінювання прорізу;
$\varepsilon_z$	коефіцієнт випромінювання полум'я;

*Greek lower case letters*

$\alpha$	the convective heat transfer coefficient;
$\beta_M$	the equivalent uniform moment factors;
$\gamma_G$	the partial factor for permanent actions;
$\gamma_{M2}$	the partial factor at normal temperature;
$\gamma_{M,fi}$	the partial factor for the relevant material property, for the fire situation;
$\gamma_{Q,1}$	the partial factor for variable action 1;
$\varepsilon_f$	the emissivity of a flame; the emissivity of an opening;
$\varepsilon_z$	the emissivity of a flame;



$\varepsilon_{z,m}$	загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні $m$ ;	$\varepsilon_{z,m}$	the total emissivity of the flames on side $m$ ;
$\varepsilon_{z,n}$	загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні $n$ ;	$\varepsilon_{z,n}$	the total emissivity of the flames on side $n$ ;
$\xi$	коефіцієнт зниження для несприятливого постійного навантаження $G$ ;	$\xi$	a reduction factor for unfavourable permanent actions $G$ ;
$\eta_{fi}$	коефіцієнт зниження розрахункового рівня навантаження у разі пожежі;	$\eta_{fi}$	the reduction factor for design load level in the fire situation;
$\theta$	температура;	$\theta$	the temperature;
$\theta_a$	температура сталі, °C;	$\theta_a$	the steel temperature [°C];
$\theta_{a,cr}$	критична температура сталі;	$\theta_{a,cr}$	critical temperature of steel;
$\theta_{g,t}$	температура навколишнього середовища в момент часу $t$ ;	$\theta_{g,t}$	the ambient gas temperature at time $t$ ;
$\theta_{web}$	середня температура стінки перерізу;	$\theta_{web}$	the average temperature in the web of the section;
$\theta_j$	температура елементарної площі $A_j$ ;	$\theta_j$	the temperature in the elemental area $A_j$ ;
$\kappa$	коефіцієнт пристосування;	$\kappa$	the adaptation factor;
$\kappa_1$	коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури по ширині поперечного перерізу;	$\kappa_1$	an adaptation factor for non-uniform temperature across the cross-section;
$\kappa_2$	коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури вздовж балки;	$\kappa_2$	an adaptation factor for non-uniform temperature along the beam;
$\lambda$	теплопровідність;	$\lambda$	the thermal conductivity;
$\lambda_j$	ширина полум'я для $i$ -го прорізу;	$\lambda_j$	the flame thickness for an opening $i$ ;
$\lambda_p$	теплопровідність системи вогнезахисту;	$\lambda_p$	the thermal conductivity of the fire protection system;
$\lambda_f$	розрахункова теплопровідність вогнезахисного матеріалу;	$\lambda_f$	the effective thermal conductivity of the fire protection material;
$\mu_0$	ступінь використання в момент часу $t = 0$ ;	$\mu_0$	the degree of utilization at time $t = 0$ ;
$\sigma$	стала Стефана Больцмана, $5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ ;	$\sigma$	the Stefan Boltzmann constant [ $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ];
$\rho_a$	густина сталі;	$\rho_a$	the unit mass of steel;
$\rho_p$	густина вогнезахисного матеріалу;	$\rho_p$	the unit mass of the fire protection material;
$\chi_{fi}$	коефіцієнт зниження для втрати стійкості від згину для розрахунку на вогнестійкість;	$\chi_{fi}$	the reduction factor for flexural buckling in the fire design situation;
$\chi_{LT,fi}$	коефіцієнт зниження для втрати стійкості від кручення для розрахунку на вогнестійкість;	$\chi_{LT,fi}$	the reduction factor for lateral-torsional buckling in the fire design situation;
$\chi_{\min,fi}$	мінімальне значення $\chi_{y,fi}$ та $\chi_{z,fi}$ ;	$\chi_{\min,fi}$	the minimum value of $\chi_{y,fi}$ and $\chi_{z,fi}$ ;
$\chi_{z,fi}$	коефіцієнт зниження для втрати стійкості від згину відносно осі $z$ під час пожежі;	$\chi_{z,fi}$	the reduction factor for flexural buckling about the $z$ -axis in the fire design situation;

$\chi_{y,fi}$  коефіцієнт зниження для втрати стійкості від згину відносно осі  $y$  під час пожежі;

$\psi_{fi}$  коефіцієнт сполучення для змінних впливів, що визначений як  $\psi_{1,1}$  або  $\psi_{2,1}$ .

$\chi_{y,fi}$  the reduction factor for flexural buckling about the  $y$ -axis in the fire design situation;

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

## 2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Вимоги

#### 2.1.1 Основні вимоги

(1) Якщо необхідно забезпечити механічний опір під час пожежі, сталеві конструкції мають бути запроєктовані та виготовлені так, щоб зберігати несучу здатність протягом відповідного вогневого впливу.

(2) Критерій деформації має бути застосований, якщо засоби захисту або критерії розрахунку огорожувальних конструкцій вимагають врахування деформації несучої конструкції.

(3) Окрім (2), врахування деформації несучої конструкції не є обов'язковим у таких ситуаціях:

- ефективність засобів захисту була оцінена відповідно до 3.4.3 та
- огорожувальні конструкції мають відповідати вимогам згідно з номінальним вогневим впливом.

#### 2.1.2 Номінальний вогневий вплив

(1) За стандартним температурним режимом конструкції мають відповідати критерію R так:  
– лише несучі: несуча здатність (критерій R).

(2) Критерій R забезпечено, якщо несуча здатність збережена протягом вогневого впливу необхідної тривалості.

(3) Для температурного режиму вуглеводневої пожежі слід застосовувати ті ж самі критерії, а посилання на цей режим позначати буквами "HC".

#### 2.1.3 Параметричний вогневий вплив

(1) Несуча здатність забезпечена, якщо руйнування не допустиме протягом повної тривалості пожежі, включаючи фазу затухання, або протягом необхідного проміжку часу.

## 2 BASIS OF DESIGN

### 2.1 Requirements

#### 2.1.1 Basic requirements

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

(2) Deformation criteria should be applied where the protection aims, or the design criteria for separating elements, require consideration of the deformation of the load bearing structure.

(3) Except from (2) 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 3.4.3;
- and
- the separating elements 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 Впливи

(1) Теплові та механічні впливи слід приймати за EN 1991-1-2.

(2) Додатково до EN 1991-1-2 ступінь чорноти сталевій поверхні має становити 0,7 для вуглецевої сталі та 0,4 для нержавіючої сталі згідно з додатком С.

## 2.3 Розрахункові значення властивостей матеріалів

(1) Розрахункові значення механічних (міцність та деформативність) властивостей матеріалу  $X_{d,fi}$  визначають так:

$$X_{d,fi} = k_{\theta} X_k / \gamma_{M,fi}, \quad (2.1)$$

де:

$X_k$  – характеристичне значення міцності чи деформативності (здебільшого  $f_k$  або  $E_k$ ) для розрахунку за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1;

$k_{\theta}$  – коефіцієнт зменшення міцності або деформативності ( $X_{k,\theta} / X_k$ ), що залежить від температури матеріалу (розділ 3);

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

**Примітка.** Коефіцієнт надійності для механічних властивостей сталі у разі пожежі наведено в національному додатку. Рекомендовано використовувати  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

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

– якщо збільшення характеристики сприятливе для безпеки:

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

– якщо збільшення характеристики несприятливе для безпеки:

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

де

$X_{k,\theta}$  – значення властивості матеріалу для розрахунку на вогнестійкість, що залежить від температури матеріалу (розділ 3);

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

**Примітка.** Коефіцієнт надійності для теплофізичних властивостей сталі у разі пожежі наведено в національному додатку. Рекомендовано використовувати  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ .

## 2.2 Actions

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

(2) In addition to EN 1991-1-2, the emissivity related to the steel surface should be equal to 0,7 for carbon steel and equal to 0,4 for stainless steels according to annex C.

## 2.3 Design values of material properties

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

where:

$X_k$  is the characteristic value of a strength or deformation property (generally  $f_k$  or  $E_k$ ) for normal temperature design to EN 1993-1-1;

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

$\gamma_{M,fi}$  is the partial factor for the relevant material property, for the fire situation.

**Note:** For the mechanical properties of steel, the partial factor for the fire situation is given in the national annex. The use of  $\gamma_{M,fi} = 1.0$  is recommended.

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

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

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

where:

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

$\gamma_{M,fi}$  is the partial factor for the relevant material property, for the fire situation.

**Note:** For thermal properties of steel, the partial factor for the fire situation see national annex. The use of  $\gamma_{M,fi} = 1.0$  is recommended.

## 2.4 Методи перевірки

### 2.4.1 Загальні положення

(1) Модель конструктивної системи, що прийнята для проектування згідно з цією частиною 1-2 EN 1993, має відображати очікувану роботу конструкції під час пожежі.

**Примітка.** Якщо правила, що наведені у частині 1-2 EN 1993, діють лише для стандартного температурного режиму, це визначено у відповідних пунктах.

(2) Вона має бути перевірена для відповідної тривалості вогневого впливу  $t$ :

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

де

$E_{fi,d}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, визначений відповідно до EN 1991-1-2 з урахуванням ефектів теплових розширень та деформацій;

$R_{fi,d,t}$  – відповідний розрахунковий опір під час пожежі.

(3) Розрахунок конструкцій на вогнестійкість слід виконувати відповідно до 5.1.4 (2) EN 1990.

**Примітка 1.** Для розрахунку 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 вимог нормованої вогнестійкості достатньо здійснити аналіз окремої конструкції.

(4) Як альтернатива розрахунку конструкції визначення вогнестійкості може базуватись на результатах вогневих випробувань або на результатах вогневих випробувань разом з розрахунками.

### 2.4.2 Розрахунок конструкції

(1) Навантажувальний ефект слід визначати для часу  $t = 0$ , застосовуючи коефіцієнти сполучення  $\psi_{1,1}$  або  $\psi_{2,1}$  відповідно до 4.3.1 EN 1991-1-2.

(2) Як спрощення до (1) навантажувальний ефект  $E_{d,fi}$  можна визначити з розрахунку конструкції за нормальної температури, а саме:

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

де

$E_d$  – розрахункове значення відповідної сили або моменту, що визначене з розрахунку за нормальної температури для основного сполучення навантажень згідно з EN 1990;

## 2.4 Verification methods

### 2.4.1 General

(1) The model of the structural system adopted for design to this Part 1-2 of EN1993 should reflect the expected performance of the structure in fire.

**Note:** Where rules given in this Part 1-2 of EN1993 are valid only for the standard fire exposure, this is identified in the relevant clauses.

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

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).

**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  $E_{d,fi}$  may be obtained from a structural analysis for normal temperature design as:

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);

$\eta_{fi}$  – коефіцієнт зниження розрахункового рівня навантаження у разі пожежі.

(3) Коефіцієнт зниження  $\eta_{fi}$  для сполучення навантаження (6.10) у EN 1990 слід визначати за формулою:

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

або для сполучення навантажень (6.10a) та (6.10b) у EN 1990, як менше значення з двох таких виразів:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}}, \quad (2.5a)$$

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

де

$Q_{k,1}$  – характеристичне значення головного змінного впливу;

$G_k$  – характеристичне значення постійного впливу;

$\gamma_G$  – коефіцієнт надійності для постійних впливів;

$\gamma_{Q,1}$  – коефіцієнт надійності для змінного впливу 1;

$\psi_{fi}$  – коефіцієнт сполучення для змінних впливів, що визначений як  $\psi_{1,1}$  або  $\psi_{2,1}$  (EN 1991-1-2);

$\xi$  – коефіцієнт зниження для несприятливих постійних впливів  $G$ .

**Примітка 1.** Приклад зміни коефіцієнтів зниження  $\eta_{fi}$  залежно від співвідношення навантаження  $Q_{k,1} / G_k$  для різних значень коефіцієнта сполучення  $\psi_{fi} = \psi_{1,1}$  відповідно до виразу (2.5) наведено на рисунку 2.1 з такими умовами:  $\gamma_G = 1,35$  та  $\gamma_Q = 1,5$ . Коефіцієнти надійності визначені у відповідних національних додатках EN 1990. Рівняння (2.5a) та (2.5b) дають дещо завищені значення.

**Примітка 2.** Як спрощення може бути використано рекомендоване значення  $\eta_{fi} = 0,65$ , окрім прикладених навантажень для категорії навантаження  $E$ , як встановлено в EN 1991-1-1 (площі, придатні для накопичення вантажів, включаючи доступні ділянки), для яких рекомендованим значенням є 0,7.

$\eta_{fi}$  is the reduction factor for the design load level for the fire situation.

(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 characteristic value of the leading variable action;

$G_k$  is the characteristic value of a permanent action;

$\gamma_G$  is the partial factor for permanent actions;

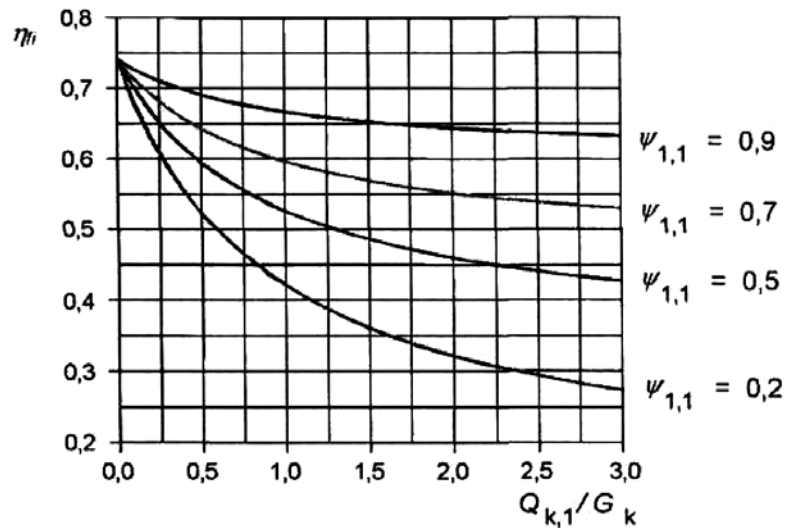
$\gamma_{Q,1}$  is the partial factor for variable action 1;

$\psi_{fi}$  is the combination factor for values, given either by  $\psi_{1,1}$  or  $\psi_{2,1}$ , see EN1991-1-2;

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

**Note 1:** 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 2.1 with the following assumptions:  $\gamma_G = 1,35$  and  $\gamma_Q = 1,5$ . Partial factors are specified in the relevant National annexes of EN 1990. Equations (2.5a) and (2.5b) give slightly higher values.

**Note 2:** 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.



**Рисунок 2.1** – Зміна коефіцієнтів зниження  $\eta_{fi}$  залежно від співвідношення навантаження  $Q_{k,1} / G_k$   
**Figure 2.1** – Variation of the reduction factor  $\eta_{fi}$  with the load ratio  $Q_{k,1} / G_k$

(4) Слід розглядати лише ефекти теплових деформацій, що є наслідком теплових градієнтів по ширині поперечного перерізу. Вплив теплового розширення вздовж та у площині конструкції можна не враховувати.

(5) Граничні умови на опорах та кінцях конструкції можна вважати незмінними під час пожежі.

(6) Спрощені або уточнені розрахункові моделі, що наведені в 4.2 та 4.3 відповідно, є прийнятними для перевірки конструкцій в умовах пожежі.

#### 2.4.3 Розрахунок частини конструктивної системи

(1) Застосовується правило 2.4.2 (1).

(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 за розрахунком конструкцій за нормальних температур, як наведено в 2.4.2.

(3) Частина конструктивної системи для розрахунку має бути визначена на основі можливих теплових розширень або деформацій, щоб її взаємодія з іншими частинами конструктивної системи могла бути виражена незалежними від часу умовами спирання та граничними умовами під час пожежі.

(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 Analysis of part of the structure

(1) 2.4.2 (1) applies.

(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 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) У межах частини конструктивної системи для розрахунку слід враховувати характерний вид руйнування під час пожежі, властивості матеріалу, що залежать від температури, та жорсткість конструкції, впливи теплових розширень та деформацій (впливи другого порядку під час пожежі).

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

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

(1) Якщо виконується загальний розрахунок конструктивної системи під час пожежі, слід враховувати характерний вид руйнування під час пожежі, властивості матеріалу, що залежать від температури, та жорсткість конструкції, впливи теплових розширень та деформацій (впливи другого порядку під час пожежі).

### **3 ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ**

#### **3.1 Загальні вимоги**

(1) Значення властивостей матеріалів, що наведені в цьому розділі, слід розглядати як характеристичні, окрім тих, що наведені як розрахункові.

(2) Механічні властивості сталі за температури 20 °C приймають з EN 1993-1-1 для розрахунку за нормальної температури.

#### **3.2 Механічні властивості вуглецевих сталей**

##### **3.2.1 Міцність та деформаційні властивості**

(1) Для швидкостей нагрівання від 2 К/хв до 50 К/хв міцність та деформаційні властивості сталі за підвищених температур визначають з діаграми "напруження-деформації", що наведена на рисунку 3.1.

**Примітка.** Для правил цього стандарту прийнято, що швидкості нагрівання знижуються у визначених межах.

(2) Співвідношення, що наведене на рисунку 3.1, використовують для визначення опору на розтяг, стиск, дію моменту та поперечної сили.

(4) Within the part of the structure to be analyzed, the relevant failure mode in fire exposure, the temperature-dependent material properties and member stiffness, effects of thermal expansions and 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 MATERIAL PROPERTIES**

#### **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 steel at 20 °C should be taken as those given in EN 1993-1-1 for normal temperature design.

#### **3.2 Mechanical properties of carbon steels**

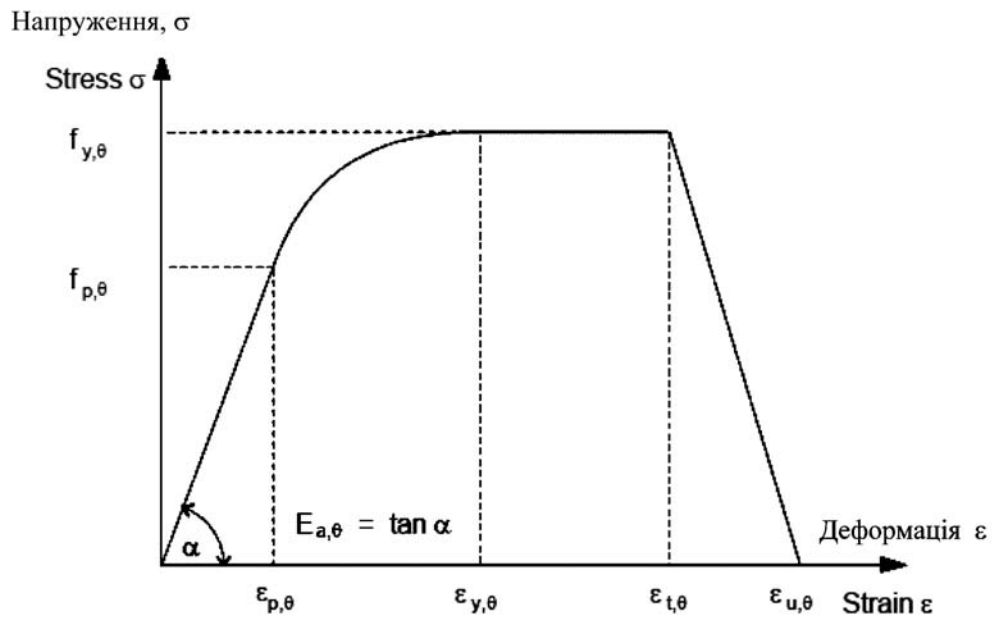
##### **3.2.1 Strength and deformation properties**

(1) For heating rates between 2 and 50 K/min, the strength and deformation properties of steel at elevated temperatures should be obtained from the stress-strain relationship given in figure 3.1.

**Note:** For the rules of this standard it is assumed that the heating rates fall within the specified limits.

(2) The relationship given in figure 3.1 should be used to determine the resistances to tension, compression, moment or shear.

Стадії деформування Strain range	Напруження Stress $\sigma$	Початковий модуль Tangent modulus
$\varepsilon \leq \varepsilon_{p,\theta}$	$\varepsilon E_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
$\varepsilon_{p,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{y,\theta}$	$f_{p,\theta} - c + (b/a) [a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)}{a [a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{y,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{t,\theta}$	$f_{y,\theta}$	0
$\varepsilon_{t,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{y,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{t,\theta}) / (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{t,\theta})]$	–
$\varepsilon = \varepsilon_{u,\theta}$	0,00	–
Параметри Parameters	$\varepsilon_{p,\theta} = f_{p,\theta} / E_{a,\theta}$ $\varepsilon_{y,\theta} = 0,02$ $\varepsilon_{t,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{u,\theta} = 0,20$	
Функції Functions	$a^2 = (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta} + c / E_{a,\theta})$ $b^2 = c(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})^2}{(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} - 2(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})}$	



$f_{y,\theta}$  – розрахункова границя текучості (effective yield strength);  $f_{p,\theta}$  – границя пропорційності (proportional limit);  $E_{a,\theta}$  – нахил лінійної пружної ділянки (slope of the linear elastic range);  $\varepsilon_{p,\theta}$  – деформація на границі пропорційності (strain at the proportional limit);  $\varepsilon_{y,\theta}$  – деформація на границі текучості (yield strain);  $\varepsilon_{t,\theta}$  – гранична деформація на границі текучості (limiting strain for yield strength);  $\varepsilon_{u,\theta}$  – критична деформація (ultimate strain).

**Рисунок 3.1** – Діаграма "напруження-деформація" для вуглецевої сталі за підвищеної температури

**Figure 3.1** – Stress-strain relationship for carbon steel at elevated temperatures



(3) Таблиця 3.1 вказує коефіцієнти зниження для діаграми "напруження-деформації" сталі за підвищеної температури, що наведена на рисунку 3.1. Ці коефіцієнти зниження визначають так:

– розрахункова границя текучості відносно границі текучості за температури 20 °С:

$$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y;$$

– границя пропорційності відносно границі текучості за температури 20 °С:

$$k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$$

– нахил лінійної пружної ділянки відносно нахилу за температури 20 °С:

$$k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a.$$

**Примітка.** Зміну цих коефіцієнтів зниження залежно від температури зображено на рисунку 3.2.

(3) Table 3.1 gives the reduction factors for the stress-strain relationship for steel at elevated temperatures given in figure 3.1. These reduction factors are defined as follows:

– effective yield strength, relative to yield strength at 20 °С:

– proportional limit, relative to yield strength at 20 °С:

– slope of linear elastic range, relative to slope at 20 °С:

**Note:** The variation of these reduction factors with temperature is illustrated in figure 3.2.

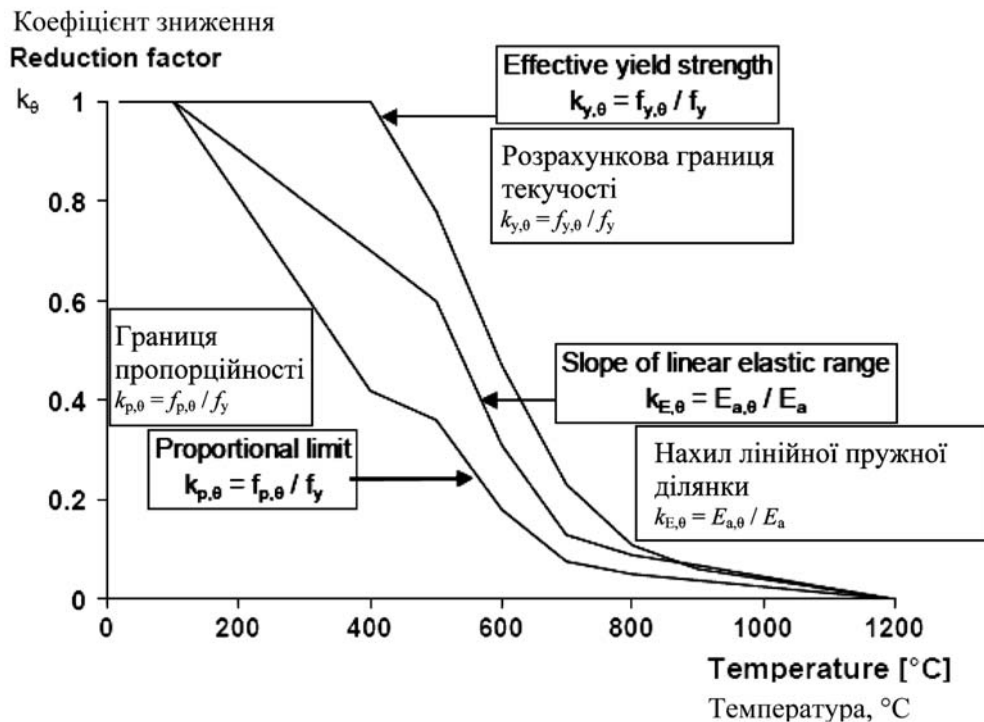
**Таблиця 3.1** – Коефіцієнти зниження для вуглецевої сталі за підвищеної температури

**Table 3.1:** Reduction factors for stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures

Температура сталі Steel Temperature $\theta_a$	Коефіцієнти зниження за температури $\theta_a$ відносно значення $f_y$ або $E_a$ для 20 °С Reduction factors at temperature $\theta_a$ relative to the value of $f_y$ or $E_a$ at 20 °С		
	Коефіцієнт зниження (відносно $f_y$ ) для розрахункової границі текучості Reduction factor (relative to $f_y$ ) for effective yield strength $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_y$ ) для границі пропорційності Reduction factor (relative to $f_y$ ) for proportional limit $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно $E_a$ ) для нахилу лінійної пружної ділянки Reduction factor (relative to $E_a$ ) for the slope of the linear elastic range $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20 °С	1,000	1,000	1,000
100 °С	1,000	1,000	1,000
200 °С	1,000	0,807	0,900
300 °С	1,000	0,613	0,800
400 °С	1,000	0,420	0,700
500 °С	0,780	0,360	0,600
600 °С	0,470	0,180	0,310
700 °С	0,230	0,075	0,130
800 °С	0,110	0,050	0,090
900 °С	0,060	0,0375	0,0675
1000 °С	0,040	0,0250	0,0450
1100 °С	0,020	0,0125	0,0225
1200 °С	0,000	0,0000	0,0000

**Примітка.** Для проміжних значень температури сталі може бути застосована лінійна інтерполяція.

**Note:** For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation may be used.



**Рисунок 3.2** – Коефіцієнти зниження для вуглецевої сталі за підвищеної температури  
**Figure 3.2** – Reduction factors for the stress-strain relationship of carbon steel at elevated temperatures

(4) Як альтернатива для температур нижче 400 °C діаграма "напруження-деформації", що визначена в (1), може бути подовжена завдяки можливості деформаційного зміцнення згідно з додатком А за умови, що місцева втрата стійкості конструкції не спричинить передчасного руйнування.

### 3.2.2 Густина

(1) Густина сталі  $\rho_a$  вважають незалежною від температури сталі. Прийнято таке значення:  $\rho_a = 7850 \text{ кг/м}^3$ .

### 3.3 Механічні властивості нержавіючих сталей

(1) Механічні властивості нержавіючої сталі приймають з додатка С.

(4) Alternatively, for temperatures below 400 °C, the stress-strain relationship specified in (1) may be extended by the strain-hardening option given in annex A, provided local or member buckling does not lead to premature collapse.

### 3.2.2 Unit mass

(1) The unit mass of steel  $\rho_a$  may be considered to be independent of the steel temperature. The following value may be taken:  $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.3 Mechanical properties of stainless steels

(1) The mechanical properties of stainless steel may be taken from annex C.

### 3.4 Теплофізичні властивості

#### 3.4.1 Вуглецеві сталі

##### 3.4.1.1 Теплове видовження

(1) Відносне теплове видовження сталі  $\Delta l / l$  визначають так:

– для  $20\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 750\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,2 \times 10^{-5} \theta_a + 0,4 \times 10^{-8} \theta_a^2 - 2,416 \times 10^{-4}; \quad (3.1a)$$

– для  $750\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 860\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,1 \times 10^{-2}; \quad (3.1b)$$

– для  $860\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 2 \times 10^{-5} \theta_a - 6,2 \times 10^{-3}, \quad (3.1c)$$

де:

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

$\Delta l$  – теплове видовження;

$\theta_a$  – температура сталі,  $^\circ\text{C}$ .

**Примітка.** Зміну відносного теплового видовження залежно від температури зображено на рисунку 3.3.

### 3.4 Thermal properties

#### 3.4.1 Carbon steels

##### 3.4.1.1 Thermal elongation

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

– for  $20\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 750\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,2 \times 10^{-5} \theta_a + 0,4 \times 10^{-8} \theta_a^2 - 2,416 \times 10^{-4}; \quad (3.1a)$$

– for  $750\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 860\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 1,1 \times 10^{-2}; \quad (3.1b)$$

– for  $860\text{ }^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Delta l / l = 2 \times 10^{-5} \theta_a - 6,2 \times 10^{-3}, \quad (3.1c)$$

where:

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

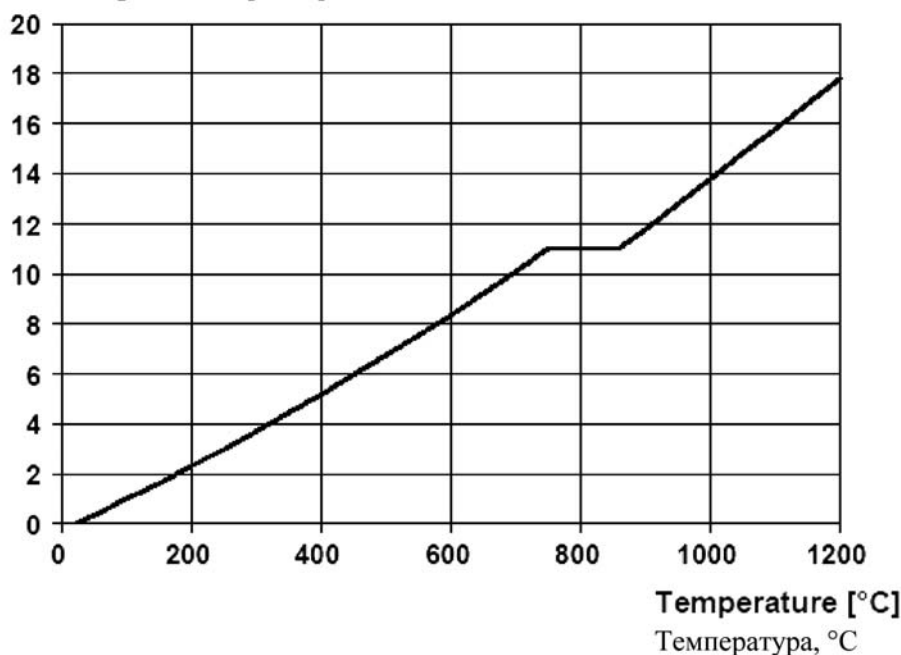
$\Delta l$  is the temperature induced elongation;

$\theta_a$  is the steel temperature [ $^\circ\text{C}$ ].

**Note:** The variation of the relative thermal elongation with temperature is illustrated in figure 3.3.

Відносне видовження,  $\Delta l / l$  [ $\times 10^{-3}$ ]

Relative Elongation  $\Delta l / l$  [ $\times 10^{-3}$ ]



**Рисунок 3.3** – Відносне теплове видовження вуглецевої сталі залежно від температури  
**Figure 3.3** – Relative thermal elongation of carbon steel as a function of the temperature

### 3.4.1.2 Питома теплоємність

(1) Питому теплоємність сталі  $c_a$  визначають так:

– для  $20\text{ °C} \leq \theta_a \leq 600\text{ °C}$ :

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2a)$$

– для  $600\text{ °C} \leq \theta_a \leq 735\text{ °C}$ :

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2b)$$

– для  $735\text{ °C} \leq \theta_a \leq 900\text{ °C}$ :

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2c)$$

– для  $900\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ °C}$ :

$$c_a = 650 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}, \quad (3.2d)$$

де:

$\theta_a$  – температура сталі, °C.

**Примітка.** Зміну питомої теплоємності залежно від температури зображено на рисунку 3.4.

### 3.4.1.2 Specific heat

(1) The specific heat of steel  $c_a$  should be determined from the following:

– for  $20\text{ °C} \leq \theta_a \leq 600\text{ °C}$ :

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2a)$$

– for  $600\text{ °C} \leq \theta_a \leq 735\text{ °C}$ :

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2b)$$

– for  $735\text{ °C} \leq \theta_a \leq 900\text{ °C}$ :

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}; \quad (3.2c)$$

– for  $900\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ °C}$ :

$$c_a = 650 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К (J/kg K)}, \quad (3.2d)$$

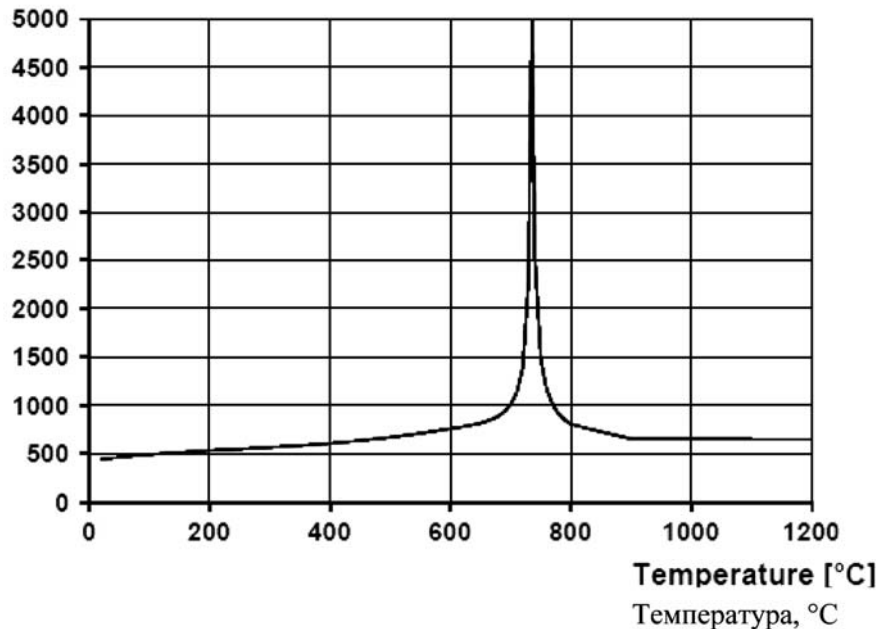
where:

$\theta_a$  is the steel temperature, [°C].

**Note:** The variation of the specific heat with temperature is illustrated in figure 3.4.

Питома теплоємність, Дж/кг·К

Specific heat [J / kg K]



**Рисунок 3.4** – Питома теплоємність вуглецевої сталі залежно від температури

**Figure 3.4** – Specific heat of carbon steel as a function of the temperature

### 3.4.1.3 Теплопровідність

(1) Теплопровідність сталі  $\lambda_a$  визначають так:

– для  $20\text{ °C} \leq \theta_a \leq 800\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \times 10^{-2} \theta_a \text{ Вт/м} \cdot \text{К (W/m K);} \quad (3.3a)$$

– для  $800\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 27,3 \text{ Вт/м} \cdot \text{К (W/m K),} \quad (3.3b)$$

де:

$\theta_a$  – температура сталі, [°C].

**Примітка.** Зміну теплопровідності залежно від температури зображено на рисунку 3.5.

### 3.4.1.3 Thermal conductivity

(1) The thermal conductivity of steel  $\lambda_a$  should be determined from the following:

– for  $20\text{ °C} \leq \theta_a \leq 800\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \times 10^{-2} \theta_a \text{ W/m K;}$$

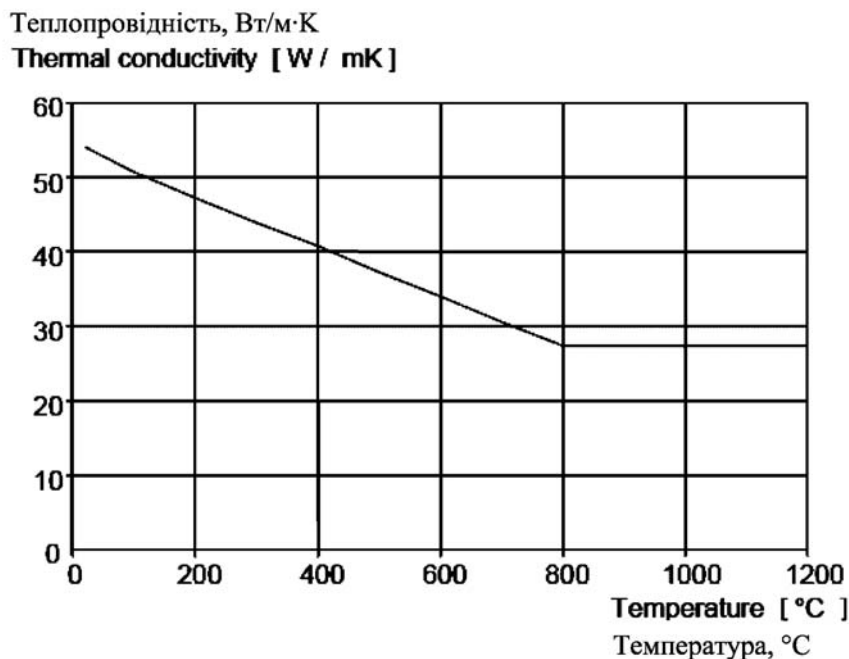
– for  $800\text{ °C} \leq \theta_a \leq 1200\text{ °C}$ :

$$\lambda_a = 27,3 \text{ W/m K,}$$

where:

$\theta_a$  is the steel temperature, [°C].

**Note:** The variation of the thermal conductivity with temperature is illustrated in figure 3.5.



**Рисунок 3.5** – Теплопровідність вуглецевої сталі залежно від температури  
**Figure 3.5** – Thermal conductivity of carbon steel as a function of the temperature

### 3.4.2 Нержавіюча сталь

(1) Теплофізичні властивості нержавіючої сталі приймають з додатка С.

### 3.4.3 Вогнезахисні матеріали

(1) Властивості та поведінка вогнезахисних матеріалів, що використані для проектування, мають бути оцінені з використанням методик випробувань, що наведені в ENV 13381-1, ENV 13381-2 або ENV 13381-4 відповідно.

**Примітка.** Ці стандарти включають вимогу, що вогнезахисні матеріали мають залишатися зчепленими та зв'язаними з їх основою протягом відповідного вогневого впливу.

### 3.4.2 Stainless steels

(1) The thermal properties of stainless steels may be taken from annex C.

### 3.4.3 Fire protection materials

(1) The properties and performance of fire protection materials used in design should have been assessed using the test procedures given in ENV 13381-1, ENV 13381-2 or ENV 13381-4 as appropriate.

**Note:** These standards include a requirement that the fire protection materials should remain coherent and cohesive to their supports throughout the relevant fire exposure.

## 4 РОЗРАХУНОК НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

### 4.1 Загальні вимоги

(1) Цей розділ встановлює правила для сталевих конструкцій, які можуть бути:

- незахищеними;
- ізольованими вогнезахисним матеріалом;
- захищеними тепловими екранами.

**Примітка.** Прикладами інших методів захисту є наповнення водою або частковий захист стін та перекриттів.

(2) Для визначення вогнестійкості застосовують такі методи проектування:

- спрощені розрахункові моделі;
- уточнені розрахункові моделі;
- випробування.

**Примітка.** Рішення про використання уточнених розрахункових моделей в країні можна знайти у національному додатку.

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

(4) Уточнені розрахункові моделі – це методи проектування, в яких інженерні принципи застосовані реалістично до особливих прикладних задач.

### 4.2 Спрощені розрахункові моделі

#### 4.2.1 Загальні вимоги

(1) Несуча здатність сталевій конструкції має зберігатися через проміжок часу  $t$  для даної пожежі:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}, \quad (4.1)$$

де:

$E_{fi,d}$  – розрахунковий навантажувальний ефект під час пожежі, що визначений відповідно до EN 1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$  – відповідний розрахунковий опір сталевій конструкції під час пожежі у момент часу  $t$ .

(2) Розрахунковий опір  $R_{fi,d,t}$  у момент часу  $t$  визначають за умови рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі, змінюючи розрахунковий опір для проектування за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1; щоб врахувати механічні властивості сталі за підвищених температур (див. 4.2.3).

## 4 STRUCTURAL FIRE DESIGN

### 4.1 General

(1) This section gives rules for steelwork 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) To determine the fire resistance the following design methods are permitted:

- simplified calculation models;
- advanced calculation models;
- testing.

**Note:** The decision on use of advanced calculation models in a Country may be found in its National Annex.

(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 a steel member should be assumed to be maintained after a time  $t$  in a given fire if:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}, \quad (4.1)$$

where:

$E_{fi,d}$  is the design effect of actions for the fire design situation, according to EN 1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$  is the corresponding design resistance of the steel member, for the fire design situation, at time  $t$ .

(2) The design resistance  $R_{fi,d,t}$  at time  $t$  should be determined, usually in the hypothesis of a uniform temperature in the cross-section, by modifying the design resistance for normal temperature design to EN 1993-1-1, to take account of the mechanical properties of steel at elevated temperatures, see 4.2.3.

**Примітка.** У 4.2.3  $R_{fi,d,t}$  замінюють на  $M_{fi,t,Rd}$ ,  $N_{fi,t,Rd}$  та ін. (окремо або разом), а відповідні значення  $M_{fi,Ed}$ ,  $N_{fi,Ed}$  та ін. замінюють  $E_{fi,d}$ .

(3) Якщо використовують нерівномірний розподіл температури, розрахунковий опір за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1 змінюють на основі цього розподілу температури.

(4) Як альтернатива (1) використанню рівномірного розподілу температури перевірку можна виконувати в інтервалі температури (див. 4.2.3).

(5) Руйнування робочого перерізу в прорізах для з'єднань не розглядається за умови, що з'єднання є в кожному прорізі, оскільки температура сталі з'єднань нижча через наявність додаткового матеріалу.

(6) Вогнестійкість болтового або зварного з'єднань вважають достатньою, якщо виконані такі умови:

1. Тепловий опір  $(d_f / \lambda_f)_C$  вогнезахисту з'єднання має дорівнювати або перевищувати мінімальне значення теплового опору  $(d_f / \lambda_f)_m$  вогнезахисту, що застосований до будь-якої зі з'єднаних конструкцій; тут  $d_f$  – товщина вогнезахисного матеріалу ( $d_f = 0$  для незахищених конструкцій);  $\lambda_f$  – розрахункова теплопровідність вогнезахисного матеріалу.
2. Використання з'єднання має дорівнювати або бути меншим за мінімальне значення використання будь-якого зі з'єднаних конструкцій.
3. Міцність з'єднання за температури навколишнього середовища має відповідати рекомендаціям, що наведені в EN 1993-1.8.

(7) Як альтернатива методу, що наведений у 4.2.1 (6), вогнестійкість з'єднання можна визначати за методом згідно з додатком D.

**Примітка.** Як спрощення порівняння рівнів використання з'єднань та з'єднаних конструкцій можна здійснювати за кімнатної температури.

#### 4.2.2 Класифікація поперечних перерізів

(1) Для цих спрощених правил поперечні перерізи можна класифікувати як для проектування за нормальної температури зі зниженим значенням  $\varepsilon$  :

$$\varepsilon = 0,85 [235 / f_y]^{0,5}, \quad (4.2)$$

**Note:** In 4.2.3  $R_{fi,d,t}$  becomes  $M_{fi,t,Rd}$ ,  $N_{fi,t,Rd}$  etc (separately or in combination) and the corresponding values of  $M_{fi,Ed}$ ,  $N_{fi,Ed}$  etc represent  $E_{fi,d}$ .

(3) If a non uniform temperature distribution is used, the design resistance for normal temperature design to EN1993-1-1 is modified on the base of this temperature distribution.

(4) Alternatively to (1), by using a uniform temperature distribution, the verification may be carried out in the temperature domain, see 4.2.4.

(5) Net-section failure at fastener holes need not be considered, provided that there is a fastener in each hole, because the steel temperature is lower at joints due to the presence of additional material.

(6) The fire resistance of a bolted or a welded joint may be assumed to be sufficient provided that the following conditions are satisfied:

1. The thermal resistance  $(d_f / \lambda_f)_C$  of the joint's fire protection should be equal or greater than the minimum value of thermal resistance  $(d_f / \lambda_f)_m$  of fire protection applied to any of the jointed members; Where:  $d_f$  is the thickness of the fire protection material ( $d_f = 0$  for unprotected members);  $\lambda_f$  is the effective thermal conductivity of the fire protection material.
2. The utilization of the joint should be equal or less than the maximum value of utilization of any of the connected members.

3. The resistance of the joint at ambient temperature should satisfy the recommendations given in EN1993-1.8.

(7) As an alternative to the method given in 4.2.1 (6) the fire resistance of a joint may be determined using the method given in Annex D.

**Note:** As a simplification the comparison of the level of utilization within the joints and jointed members may be performed for room temperature.

#### 4.2.2 Classification of cross-sections

(1) For the purpose of these simplified rules the cross-sections may be classified as for normal temperature design with a reduced value for  $\varepsilon$  as given in (4.2).



де

$f_y$  – границя текучості за температури 20 °C.

**Примітка 1.** Див. EN 1993-1-1.

**Примітка 2.** Коефіцієнт зниження 0,85 враховує впливи від зростання температури.

#### 4.2.3 Опір

##### 4.2.3.1 Конструкції, що працюють на розтяг

(1) Розрахункову несучу здатність  $N_{fi,\theta,Rd}$  конструкції на розтяг з рівномірною температурою  $\theta_a$  визначають з виразу:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} N_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}], \quad (4.3)$$

де

$k_{y,\theta}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_a$ , що досягається в момент часу  $t$  (розділ 3);

$N_{Rd}$  – розрахункова несуча здатність поперечного перерізу  $N_{pl,Rd}$  для проектування за нормальної температури відповідно до EN 1993-1-1.

(2) Розрахункову несучу здатність  $N_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  конструкції, що працює на розтяг, з нерівномірним розподілом температури по ширині поперечного перерізу визначають з виразу:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i k_{y,\theta,i} f_y / \gamma_{M,fi}, \quad (4.4)$$

де;

$A_i$  – елементарна площа поперечного перерізу за температури  $\theta_i$ ;

$k_{y,\theta,i}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_i$  (розділ 3);

$\theta_i$  – температура елементарної площі  $A_i$ .

(3) Розрахункова несуча здатність  $N_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  конструкції, що працює на розтяг, з нерівномірним розподілом температури може спрощено дорівнювати розрахунковій несучій здатності  $N_{fi,\theta,Rd}$  конструкції, що працює на розтяг, з рівномірним розподілом температури сталі  $\theta_a$ , що дорівнює максимальній температурі сталі  $\theta_{a,max}$  в момент часу  $t$ .

##### 4.2.3.2 Конструкції, що працюють на стиск, з поперечними перерізами класу 1, класу 2 або класу 3

(1) Розрахункову несучу здатність в момент часу  $t$  при поздовжньому згині  $N_{b,fi,t,Rd}$  стиснутої конструкції з поперечним перерізом класу 1, класу 2 або класу 3 з рівномірною температурою  $\theta_a$  визначають з виразу:

where:

$f_y$  is the yield strength at 20 °C.

**Note 1:** See EN1993-1-1.

**Note 2:** The reduction factor 0,85 considers influences due to increasing temperature.

#### 4.2.3 Resistance

##### 4.2.3.1 Tension members

(1) The design resistance  $N_{fi,\theta,Rd}$  of a tension member with a uniform temperature  $\theta_a$  should be determined from:

where:

$k_{y,\theta}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at temperature  $\theta_a$ , reached at time  $t$  see section 3;

$N_{Rd}$  is the design resistance of the cross-section  $N_{pl,Rd}$  for normal temperature design, according to EN 1993-1-1.

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

where:

$A_i$  is an elemental area of the cross-section with a temperature  $\theta_i$ ;

$k_{y,\theta,i}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at temperature  $\theta_i$ , see section 3;

$\theta_i$  is the temperature in the elemental area  $A_i$ .

(3) The design resistance  $N_{fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a tension member with a non-uniform temperature distribution may conservatively be taken as equal to the design resistance  $N_{fi,\theta,Rd}$  of a tension member with a uniform steel temperature  $\theta_a$  equal to the maximum steel temperature  $\theta_{a,max}$  reached at time  $t$ .

##### 4.2.3.2 Compression members with Class 1, Class 2 or Class 3 cross-sections

(1) The design buckling resistance  $N_{b,fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a compression member with a Class 1, Class 2 or Class 3 cross-section with a uniform temperature  $\theta_a$  should be determined from:



$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi}, \quad (4.5)$$

де:

$\chi_{fi}$  – коефіцієнт зниження для втрати стійкості при згині для розрахунку на вогнестійкість;

$k_{y,\theta}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_a$ , що досягається в момент часу  $t$  згідно з розділом 3.

(2) Значення  $\chi_{fi}$  приймають як менше зі значень  $\chi_{y,fi}$  та  $\chi_{z,fi}$ , що визначають з виразу:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}}, \quad (4.6)$$

де:  $\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \alpha \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2 \right]$  та

$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y}$ .

Гнучкість  $\bar{\lambda}_{\theta}$  за температури  $\theta_a$  визначають з виразу:

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda}_{\theta} \left[ k_{y,\theta} / k_{E,\theta} \right]^{0,5}, \quad (4.7)$$

де:

$k_{y,\theta}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_a$ , що досягається в момент часу  $t$  згідно з розділом 3;

$k_{E,\theta}$  – коефіцієнт зниження тангенса кута нахилу лінійної пружної ділянки за температури сталі  $\theta_a$ , що досягається в момент часу  $t$  згідно з розділом 3.

(3) Довжина зони поздовжнього згину  $l_{fi}$  колони для розрахунку на вогнестійкість має загалом бути визначена як для проектування за нормальної температури. Однак, у рамно-в'язевому каркасі довжина зони поздовжнього згину  $l_{fi}$  колони може бути визначена, розглядаючи її як закріплену в напрямку неперервних або напівнеперервних в'язей до довжин колон над протипожежним відсіком та під ним за умови, що вогнестійкість огорожувальних конструкцій протипожежного відсіку не менше вогнестійкості колони.

(5) Для рамно-в'язевого каркаса, де кожен поверх є протипожежним відсіком з відповідною вогнестійкістю, на середньому поверсі довжину зони поздовжнього згину  $l_{fi}$  неперервної колони можна приймати як  $l_{fi} = 0,5L$ , а на верхньому поверсі  $l_{fi} = 0,7L$ , де  $L$  – розрахункова довжина колони на відповідному поверсі (рисунки 4.1).

where:

$\chi_{fi}$  is the reduction factor for flexural buckling in the fire design situation;

$k_{y,\theta}$  is the reduction factor from section 3 for the yield strength of steel at the steel temperature  $\theta_a$  reached at time  $t$ .

(2) The value of  $\chi_{fi}$  should be taken as the lesser of the values of  $\chi_{y,fi}$  and  $\chi_{z,fi}$  determined according to:

with  $\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \alpha \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2 \right]$  and

$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y}$ .

The non-dimensional slenderness  $\bar{\lambda}_{\theta}$  for the temperature  $\theta_a$ , is given by:

where:

$k_{y,\theta}$  is the reduction factor from section 3 for the yield strength of steel at the steel temperature  $\theta_a$  reached at time  $t$ ;

$k_{E,\theta}$  is the reduction factor from section 3 for the slope of the linear elastic range at the steel temperature  $\theta_a$  reached at time  $t$ .

(3) The buckling length  $l_{fi}$  of a column for the fire design situation should generally be determined as for normal temperature design. However, in a braced frame the buckling length  $l_{fi}$  of a column length may be determined by considering it as fixed in direction at continuous or semi-continuous joints to the column lengths in the fire compartments above and below, provided that the fire resistance of the building components that separate these fire compartments is not less than 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 continuous 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 4.1.

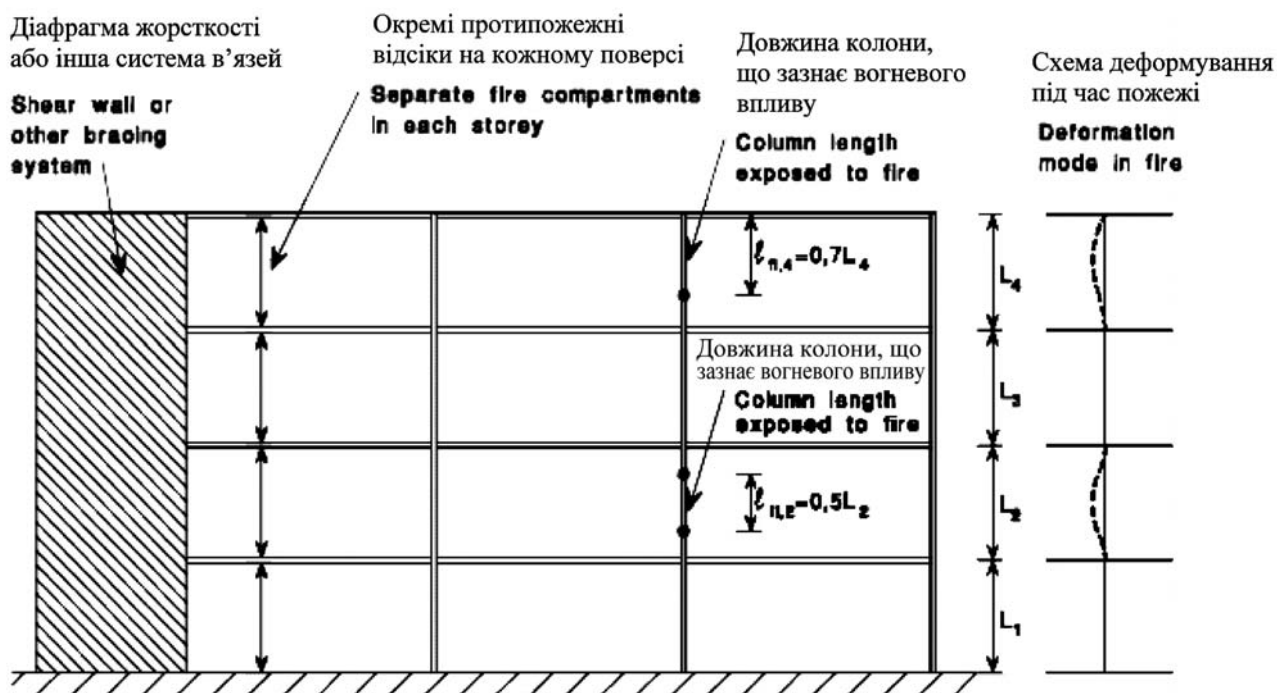


Рисунок 4.1 – Довжини зон поздовжнього згину  $l_{fi}$  колон рамно-в'язевого каркаса  
Figure 4.1 – Buckling lengths  $l_{fi}$  of columns in braced frames

(6) Для проектування за номінальним температурним режимом розрахункова несуча здатність в момент часу  $t$  при поздовжньому згині  $N_{b,fi,t,Rd}$  конструкції, що працює на стиск, з нерівномірним розподілом температури може дорівнювати розрахунковій несучій здатності при поздовжньому згині  $N_{b,fi,\theta,Rd}$  конструкції, що працює на стиск, з рівномірним розподілом температури сталі  $\theta_a$ , що дорівнює максимальній температурі сталі  $\theta_{a,max}$  в момент часу  $t$ .

#### 4.2.3.3 Балки з поперечними перерізами класу 1 або класу 2

(1) Розрахункову несучу здатність при згині  $N_{b,fi,\theta,Rd}$  поперечного перерізу класу 1 або класу 2 з рівномірним розподілом температури  $\theta_a$  визначають з виразу:

$$M_{b,fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd}, \quad (4.8)$$

де:

$M_{Rd}$  – згинальний момент у пластичному шарнірі  $M_{pl,Rd}$  загального перерізу для проектування за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1 або зменшений згинальний момент для проектування за нормальної температури, що враховує впливи поперечної сили згідно з EN 1993-1-1;

(6) When designing using nominal fire exposure the design resistance  $N_{b,fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a compression member with a non-uniform temperature distribution may be taken as equal to the design resistance  $N_{b,fi,\theta,Rd}$  of a compression member with a uniform steel temperature  $\theta_a$  equal to the maximum steel temperature  $\theta_{a,max}$  reached at time  $t$ .

#### 4.2.3.3 Beams with Class 1 or Class 2 cross-sections

(1) The design moment resistance  $N_{b,fi,\theta,Rd}$  of a Class 1 or Class 2 cross-section with a uniform temperature  $\theta_a$  should be determined from:

where:

$M_{Rd}$  is the plastic moment resistance of the gross cross-section  $M_{pl,Rd}$  for normal temperature design, according to EN 1993-1-1 or the reduced moment resistance for normal temperature design, allowing for the effects of shear if necessary, according to EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_a$  згідно з розділом 3.

(2) Розрахункову несучу здатність при згині  $M_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  поперечного перерізу класу 1 або класу 2 з нерівномірним розподілом температури по ширині перерізу визначають з виразу:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i z_i k_{y,\theta,i} f_{y,i} / \gamma_{M,fi}, \quad (4.9)$$

де:

$z_i$  – відстань від пластичної нейтральної осі до центра елементарної площі  $A_i$ ;

$f_{y,i}$  – номінальна границя текучості  $f_y$  для елементарної площі  $A_i$ , що приймається зі знаком плюс для стиснутої частини перерізу відносно пластичної нейтральної осі та зі знаком мінус для розтягнутої частини перерізу.

$A_i$  та  $k_{y,\theta,i}$  визначені в 4.2.3.1 (2).

(3) Як альтернативу розрахункову несучу здатність при згині  $M_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  поперечного перерізу класу 1 або класу 2 з нерівномірним розподілом температури по ширині перерізу визначають з виразу:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / \kappa_1 \kappa_2, \quad (4.10)$$

де:

$M_{fi,\theta,Rd}$  – розрахункова несуча здатність перерізу при згині для постійної температури  $\theta_a$ , яка дорівнює постійній температурі  $\theta_a$  в момент часу  $t$  у поперечному перерізі, що не зазнає теплового впливу від опор;

$\kappa_1$  – коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури по ширині поперечного перерізу, див. (7);

$\kappa_2$  – коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури вздовж балки, див. (8).

(4) Розрахункову несучу здатність при згині з крученням  $M_{b,fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  горизонтально необмеженої конструкції з поперечним перерізом класу 1 або класу 2 визначають з виразу:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi}, \quad (4.11)$$

де:

$\chi_{LT,fi}$  – коефіцієнт зниження для втрати стійкості при крученні для розрахунку на вогнестійкість;

$k_{y,\theta}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at temperature  $\theta_a$ , see section 3.

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

where:

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

$f_{y,i}$  is the nominal yield strength  $f_y$  for the elemental area  $A_i$  taken as positive on the compression side of the plastic neutral axis and negative on the tension side;

$A_i$  and  $k_{y,\theta,i}$  are as defined in 4.2.3.1 (2).

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

where:

$M_{fi,\theta,Rd}$  is the design moment resistance of the cross-section for a uniform temperature  $\theta_a$  which is equal to the uniform temperature  $\theta_a$  at time  $t$  in a cross-section which is not thermally influenced by the support;

$\kappa_1$  is an adaptation factor for non-uniform temperature across the cross-section, see (7);

$\kappa_2$  is an adaptation factor for non-uniform temperature along the beam, see (8).

(4) The design lateral torsional buckling resistance moment  $M_{b,fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a laterally unrestrained member with a Class 1 or Class 2 cross-section should be determined from:

where:

$\chi_{LT,fi}$  is the reduction factor for lateral-torsional buckling in the fire design situation;

$k_{y,\theta,com}$  – коефіцієнт зниження з розділу 3 для границі текучості сталі за максимальної температури у стиснутій зоні  $\theta_{a,com}$ , що досягається в момент часу  $t$ .

**Примітка.** Спрощено  $\theta_{a,com}$  має дорівнювати рівномірному розподілу температури  $\theta_a$ .

(5) Значення  $\chi_{LT,fi}$  визначають із таких виразів:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{[\phi_{LT,\theta,com}]^2 - [\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}]^2}}, \quad (4.12)$$

де

where

$$\phi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta,com})^2 \right] \quad (4.13)$$

та

and

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y}, \quad (4.14)$$

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} [k_{y,\theta,com} / k_{E,\theta,com}]^{0,5}, \quad (4.15)$$

де

where:

$k_{E,\theta,com}$  – коефіцієнт зниження з розділу 3 для тангенса кута нахилу лінійної пружної ділянки для максимальної температури у стиснутій зоні  $\theta_{a,com}$ , що досягається в момент часу  $t$ .

$k_{E,\theta,com}$  is the reduction factor from section 3 for the slope of the linear elastic range at the maximum steel temperature in the compression flange  $\theta_{a,com}$  reached at time  $t$ .

(6) Розрахункову несучу здатність на дію поперечної сили  $V_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  з поперечним перерізом класу 1 або класу 2 визначають з виразу:

(6) The design shear resistance  $V_{fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a Class 1 or Class 2 cross-section should be determined from:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}], \quad (4.16)$$

де

where:

$V_{Rd}$  – несуча здатність на дію поперечної сили основного поперечного перерізу для проектування за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1;

$V_{Rd}$  is the shear resistance of the gross cross-section for normal temperature design, according to EN 1993-1-1;

$\theta_{web}$  – середня температура стінки перерізу;

$\theta_{web}$  is the average temperature in the web of the section;

$k_{y,\theta,web}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_{web}$  (розділ 3).

$k_{y,\theta,web}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at the steel temperature  $\theta_{web}$ , see section 3.

(7) Значення коефіцієнта пристосування  $\kappa_1$  для нерівномірного розподілу температури приймають так:

(7) The value of the adaptation factor  $\kappa_1$  for non-uniform temperature distribution across a cross-section should be taken as follows:

- для балки, що зазнає впливу з усіх сторін,  $\kappa_1 = 1,0$ ;
- для незахищеної балки, що зазнає впливу з трьох сторін, зі сталезалізобетонною або бетонною плитою  $\kappa_1 = 0,7$ ;

- for a beam exposed on all four sides  $\kappa_1 = 1,0$ ;
- for an unprotected beam exposed on three sides, with a composite or concrete slab on side four:  $\kappa_1 = 0,70$ ;

– для захищеної балки, що зазнає впливу з трьох сторін, зі сталезалізобетонною або бетонною плитою  $\kappa_1 = 0,85$ .

(8) Для нерівномірного температурного розподілу вздовж балки коефіцієнт пристосування  $\kappa_2$  приймають так:

– для статично невизначеної балки  $\kappa_2 = 0,85$ ;

– для всіх інших випадків  $\kappa_2 = 1,0$ .

#### 4.2.3.4 Балки з поперечними перерізами класу 3

(1) Розрахункову несучу здатність при згині  $M_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  поперечного перерізу класу 3 з рівномірним розподілом температури визначають з виразу:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}], \quad (4.17)$$

де:

$M_{Rd}$  – пружний згинальний момент основного поперечного перерізу  $M_{el,Rd}$  для проектування за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1 або знижений згинальний момент для проектування за нормальної температури, що враховує впливи поперечної сили згідно з EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за температури  $\theta_a$  згідно з розділом 3.

(2) Розрахункову несучу здатність при згині  $M_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  поперечного перерізу класу 3 з нерівномірним розподілом температури визначають з виразу:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] / \kappa_1 \kappa_2, \quad (4.18)$$

де:

$M_{Rd}$  – пружний згинальний момент основного поперечного перерізу  $M_{el,Rd}$  для проектування за нормальної температури або знижений згинальний момент, що враховує впливи поперечної сили згідно з EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta,max}$  – коефіцієнт зниження границі текучості сталі за максимальної температури у стиснутій зоні  $\theta_{a,max}$ , що досягається в момент часу  $t$ , див. (3);

$\kappa_1$  – коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури по ширині поперечного перерізу, див. 4.2.3.3 (7);

$\kappa_2$  – коефіцієнт пристосування для нерівномірного розподілу температури вздовж балки, див. 4.2.3.3 (8).

– for an protected beam exposed on three sides, with a composite or concrete slab on side four  $\kappa_1 = 0,85$ .

(8) For a non-uniform temperature distribution along a beam the adaptation factor  $\kappa_2$  should be taken as follows:

– at the supports of a statically indeterminate beam  $\kappa_2 = 0,85$ ;

– in all other cases  $\kappa_2 = 1,0$ .

#### 4.2.3.4 Beams with Class 3 cross-sections

(1) The design moment resistance  $M_{fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a Class 3 cross-section with a uniform temperature should be determined from:

where:

$M_{Rd}$  is the elastic moment resistance of the gross cross-section  $M_{el,Rd}$  for normal temperature design, according to EN 1993-1-1 or the reduced moment resistance allowing for the effects of shear if necessary according to EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at the steel temperature  $\theta_a$ , see section 3

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

where:

$M_{Rd}$  is the elastic moment resistance of the gross cross-section  $M_{el,Rd}$  for normal temperature design or the reduced moment resistance allowing for the effects of shear if necessary according to EN 1993-1-1;

$k_{y,\theta,max}$  is the reduction factor for the yield strength of steel at the maximum steel temperature  $\theta_{a,max}$  reached at time  $t$ , see 3;

$\kappa_1$  is an adaptation factor for non-uniform temperature in a cross-section, see 4.2.3.3 (7);

$\kappa_2$  is an adaptation factor for non-uniform temperature along the beam, see 4.2.3.3 (8).



(3) Розрахункову несучу здатність при поздовжньому згині  $M_{b,fi,t,Rd}$  необмеженої збоку балки в момент часу  $t$  з поперечним перерізом класу 3 визначають з виразу:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi}, \quad (4.19)$$

де  $\chi_{LT,fi}$  визначено в 4.2.3.3 (5).

**Примітка.** Спрощено  $\theta_{a,com}$  дорівнює максимальній температурі  $\theta_{a,max}$ .

(4) Розрахункову несучу здатність на дію поперечної сили  $V_{fi,t,Rd}$  в момент часу  $t$  для поперечного перерізу класу 3 визначають з виразу:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}], \quad (4.20)$$

де;

$V_{Rd}$  – несуча здатність на дію поперечної сили основного поперечного перерізу для проектування за нормальної температури згідно з EN 1993-1-1.

#### 4.2.3.5 Конструкції, що працюють на стиск зі згином, з поперечними перерізами класів 1, 2 або 3

(1) Розрахункову несучу здатність при поздовжньому згині  $R_{fi,t,d}$  в момент часу  $t$  стиснуто-зігнутої конструкції перевіряють виконанням умов (4.21a) та (4.21b) для конструкції з поперечним перерізом класу 1 або класу 2 або умов (4.21c) та (4.21d) для конструкції з поперечним перерізом класу 3.

(3) The design buckling resistance moment  $M_{b,fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a laterally unrestrained beam with a Class 3 cross-section should be determined from:

where:  $\chi_{LT,fi}$  is as given in 4.2.3.3 (5).

**Note:** Conservatively  $\theta_{a,com}$  can be assumed to be equal to the maximum temperature  $\theta_{a,max}$ .

(4) The design shear resistance  $V_{fi,t,Rd}$  at time  $t$  of a Class 3 cross-section should be determined from:

where:

$V_{Rd}$  is the shear resistance of the gross cross-section for normal temperature design, according to EN 1993-1-1.

#### 4.2.3.5 Members with Class 1, 2 or 3 cross-sections, subject to combined bending and axial compression

(1) The design buckling resistance  $R_{fi,t,d}$  at time  $t$  of a member subject to combined bending and axial compression should be verified by satisfying expressions (4.21a) and (4.21b) for a member with a Class 1 or Class 2 cross-section, or expressions (4.21c) and (4.21d) for a member with a Class 3 cross-section.

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}}, \quad (4.21a)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1, \quad (4.21b)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1, \quad (4.21c)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1, \quad (4.21d)$$



де:  
 $\chi_{\min,fi}$  визначено у 4.2.3.2;  
 $\chi_{z,fi}$  визначено у 4.2.3.2;  
 $\chi_{LT,fi}$  визначено у 4.2.3.3 (5).

where:  
 $\chi_{\min,fi}$  is as defined in 4.2.3.2;  
 $\chi_{z,fi}$  is as defined in 4.2.3.2;  
 $\chi_{LT,fi}$  is as defined in 4.2.3.3 (5);

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1,$$

де

where

$$\mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_{z,\theta} \quad \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{fi,Ed}}{\chi_{y,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3,$$

де

where

$$\mu_y = (1,2\beta_{M,y} - 3) \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} - 0,29 \leq 0,8$$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3,$$

де

where

$$\mu_z = (2\beta_{M,z} - 5) \bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,44\beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8 \text{ та (and) } \bar{\lambda}_{z,\theta} \leq 1,1.$$

**Примітка.** Коефіцієнти еквівалентного рівномірного моменту  $\beta_M$  вказані на рисунку 4.2.

**Note:** For the equivalent uniform moment factors  $\beta_M$  see figure 4.2.

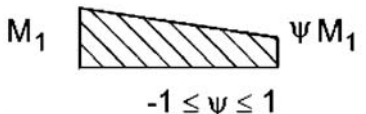
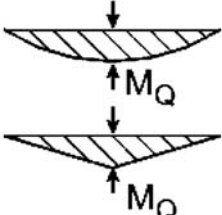
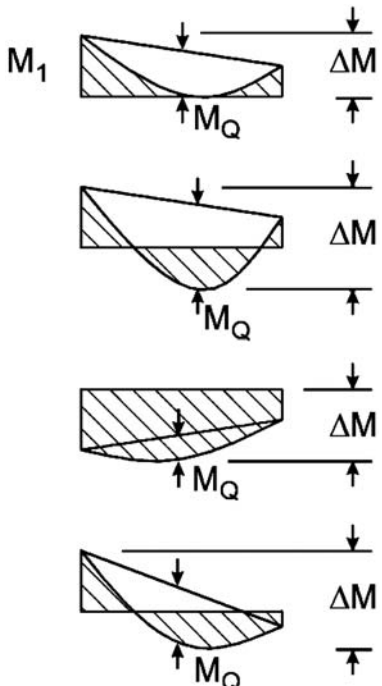
<p>Епюра моментів Moment diagram</p>	<p>Коефіцієнти еквівалентного рівномірного моменту Equivalent uniform moment factor <math>\beta_M</math></p>
<p>Кінцеві моменти End moments</p>  <p><math>M_1</math> <math>\psi M_1</math> <math>-1 \leq \psi \leq 1</math></p>	<p><math>\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7\psi</math></p>
<p>Моменти від дії плоского поперечного навантаження Moments due to in-plane lateral loads</p> 	<p><math>\beta_{M,Q} = 1,3</math> <math>\beta_{M,Q} = 1,4</math></p>
<p>Моменти від дії плоского поперечного навантаження та кінцеві моменти Moments due to in-plane lateral loads plus end moments</p> 	<p><math>\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,\psi})</math></p> <p><math>M_Q =  \max M </math> лише від поперечного навантаження due to lateral load only</p> <p><math>\Delta M</math> { <math> \max M </math> для епюри моментів без зміни знаку for moment diagram without change of sing <math> \max M  +  \min M </math> для епюри моментів зі зміною знаку for moment diagram with change of sing</p>

Рисунок 4.2 – Коефіцієнти еквівалентного рівномірного моменту  
Figure 4.2 – Equivalent uniform moment factors

#### 4.2.3.6 Конструкції з поперечними перерізами класу 4

(1) Для конструкцій з поперечними перерізами класу 4, окрім тих, що працюють на розтяг, можна допустити, що умова 4.2.1 (1) забезпечена, якщо в момент часу  $t$  температура сталі  $\theta_a$  в усіх поперечних перерізах не перевищує  $\theta_{crit}$ .

**Примітка 1.** Додаткова інформація міститься у додатку E.

**Примітка 2.** Межа  $\theta_{crit}$  може бути вибрана у національному додатку. Рекомендоване значення  $\theta_{crit} = 350$  °C.

#### 4.2.4 Критична температура

(1) Як альтернатива до 4.2.3 перевірку можна зробити в області температури.

(2) Критична температура  $\theta_{a,cr}$  вуглецевої сталі згідно з 1.1.2 (6) у момент часу  $t$  для нерівномірного розподілу температури в конструкції може бути визначена для будь-якого ступеня використання  $\mu_0$  у момент часу  $t = 0$ , окрім випадку, коли розглядається критерій деформації або треба враховувати явище стійкості, за формулою:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[ \frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} \right] + 482, \quad (4.22)$$

де  $\mu_0$  не менше 0,013.

**Примітка.** Приклади значень  $\theta_{a,cr}$  для значень  $\mu_0$  від 0,22 до 0,80 наведено в таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1** – Критична температура  $\theta_{a,cr}$  для значень ступеня використання  $\mu_0$

**Table 4.1:** Critical temperature  $\theta_{a,cr}$  for values of the utilization factor  $\mu_0$

$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$	$\mu_0$	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

**Примітка.** У національному додатку можна знайти стандартні значення критичної температури.

#### 4.2.3.6 Members with Class 4 cross-sections

(1) For members with class 4 cross-sections other than tension members it may be assumed that 4.2.1(1) is satisfied if at time  $t$  the steel temperature  $\theta_a$  at all cross-sections is not more than  $\theta_{crit}$ .

**Note 1:** For further information see annex E.

**Note 2:** The limit  $\theta_{crit}$  may be chosen in the National Annex. The value  $\theta_{crit} = 350$  °C is recommended.

#### 4.2.4 Critical temperature

(1) As an alternative to 4.2.3, verification may be carried out in the temperature domain.

(2) Except when considering deformation criteria or when stability phenomena have to be taken into account, the critical temperature  $\theta_{a,cr}$  of carbon steel according to 1.1.2 (6) at time  $t$  for a uniform temperature distribution in a member may be determined for any degree of utilization  $\mu_0$  at time  $t = 0$  using:

where  $\mu_0$  must not be taken less than 0,013.

**Note:** Examples for values of  $\theta_{a,cr}$  for values of  $\mu_0$  from 0,22 to 0,80 are given in table 4.1.

**Note:** The national annex may give default values for critical temperatures.

(3) Для конструкцій з поперечними перерізами класу 1, 2 або 3 та для всіх конструкцій, що працюють на розтяг, ступінь використання  $\mu_0$  в момент часу  $t = 0$  визначають з виразу:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} , \quad (4.23)$$

де

$R_{fi,d,0}$  – значення  $R_{fi,d,t}$  в момент часу  $t = 0$  з 4.2.3;  $E_{fi,d}$  та  $R_{fi,d,t}$  згідно з 4.2.1 (1).

(4) Альтернативно для конструкцій, що працюють на розтяг, та балок, для яких поздовжній згин з крученням не є можливим видом руйнування,  $\mu_0$  можна спрощено визначити з виразу:

$$\mu_0 = \eta_{fi} [\gamma_{M,fi} / \gamma_{M,0}] , \quad (4.24)$$

де:

$\eta_{fi}$  – коефіцієнт зниження згідно з 2.4.3 (3).

(3) For members with Class 1, Class 2 or Class 3 cross-sections and for all tension members, the degree of utilization  $\mu_0$  at time  $t = 0$  may be obtained from:

where:

$R_{fi,d,0}$  is the value of  $R_{fi,d,t}$  for time  $t = 0$ , from 4.2.3;  $E_{fi,d}$  and  $R_{fi,d,t}$  are as defined in 4.2.1(1).

(4) Alternatively for tension members, and for beams where lateral-torsional buckling is not a potential failure mode,  $\mu_0$  may conservatively be obtained from:

where:

$\eta_{fi}$  is the reduction factor defined in 2.4.3(3).

#### 4.2.5 Зростання (розвиток) температури сталі

##### 4.2.5.1 Незахищені внутрішні сталеві конструкції

(1) Приріст температури  $\Delta\theta_{a,t}$  для розрахункового рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі незахищеної сталеві конструкції за проміжок часу  $\Delta t$  визначають з виразу:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m / V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net} \Delta t , \quad (4.25)$$

де:

$k_{sh}$  – поправковий коефіцієнт ефекту затінення, див. (2);

$A_m / V$  – коефіцієнт перерізу незахищених сталевих конструкцій, 1/м;

$A_m$  – площа поверхні конструкції на одиницю довжини, м<sup>2</sup>/м;

$V$  – об'єм конструкції на одиницю довжини, м<sup>2</sup>/м;

$c_a$  – питома теплоємність сталі згідно з розділом 3, Дж/кг·К;

$\dot{h}_{net}$  – розрахункове значення поглинутого теплового потоку на одиницю площі, Вт/м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – проміжок часу, с;

$\rho_a$  – густина сталі згідно з розділом 3, кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.2.5 Steel temperature development

##### 4.2.5.1 Unprotected internal steelwork

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

where:

$k_{sh}$  is correction factor for the shadow effect, see (2);

$A_m / V$  is the section factor for unprotected steel members [1/m];

$A_m$  is the surface area of the member per unit length [m<sup>2</sup>/m];

$V$  is the volume of the member per unit length [m<sup>2</sup>/m];

$c_a$  is the specific heat of steel, from section 3 [J/kgK];

$\dot{h}_{net}$  is the design value of the net heat flux per unit area [W/m<sup>2</sup>];

$\Delta t$  is the time interval [seconds];

$\rho_a$  is the unit mass of steel, from section 3 [kg/m<sup>3</sup>].

(2) Поправковий коефіцієнт ефекту затінення для двотаврових перерізів від впливом номінальних вогневих навантажень визначають з виразу:

$$k_{sh} = 0,9[A_m / V]_b / [A_m / V], \quad (4.26a)$$

де  $[A_m / V]_b$  – значення коефіцієнта прямокутного поперечного перерізу.

Для решти випадків значення  $k_{sh}$  визначають з виразу:

$$k_{sh} = [A_m / V]_b / [A_m / V], \quad (4.26b)$$

**Примітка 1.** Для повністю облицьованих поперечних перерізів опуклої форми (наприклад, прямокутних або круглих порожнистих перерізів) під дією пожежі ефект затінення не відіграє ролі і поправковий коефіцієнт  $k_{sh}$  дорівнює одиниці.

**Примітка 2.** Відхилення ефекту затінення (тобто,  $k_{sh} = 1$ ) призводить до традиційних рішень.

(3) Значення  $\dot{h}_{net,d}$  визначають згідно з EN 1991-1-2, приймаючи  $\varepsilon_f = 1,0$  та  $\varepsilon_m$  відповідно до 2.2 (2), де  $\varepsilon_f$  та  $\varepsilon_m$  визначені в EN 1991-1-2.

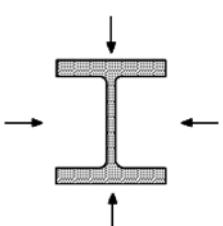
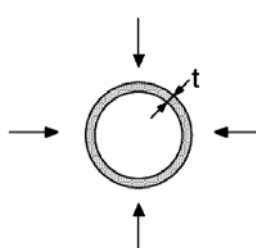
(4) Значення  $\Delta t$  приймають більше 5 с.

(5) У формулі (4.26) значення  $A_m / V$  не має бути менше за  $10 \text{ m}^{-1}$ .

**Примітка.** Деякі формули для визначення розрахункових значень коефіцієнта перерізу  $A_m / V$  для незахищених сталевих конструкцій наведені в таблиці 4.2.

**Таблиця 4.2** – Коефіцієнт перерізу  $A_m / V$  для незахищених сталевих конструкцій

**Table 4.2** – Section factor  $A_m / V$  for unprotected steel members

<p>Відкритий переріз, що зазнає впливу вогню з усіх сторін: Open section exposed to fire on all sides:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{периметр (perimeter)}}{\text{площа перерізу (cross - section area)}}$ 	<p>Труба, що зазнає впливу вогню з усіх сторін: Tube exposed to fire on all sides: <math>A_m / V = 1 / t</math></p> 
---	--

(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 does not play role and consequently the correction factor  $k_{sh}$  equals unity.

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

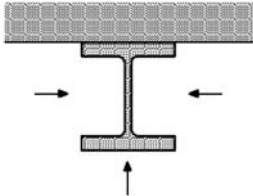
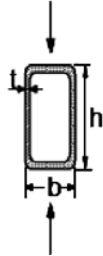
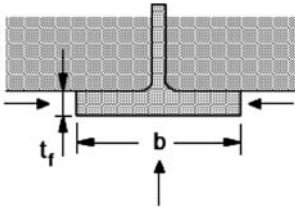
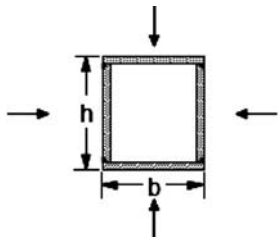
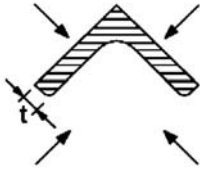
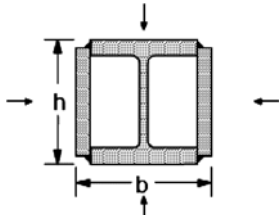
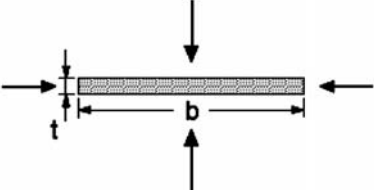
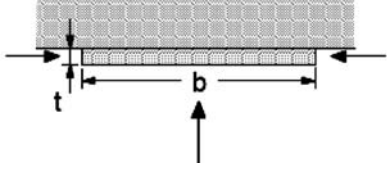
(3) The value  $\dot{h}_{net,d}$  of should be obtained from EN 1991-1-2 using  $\varepsilon_f = 1,0$  and  $\varepsilon_m$  according to 2.2(2), where  $\varepsilon_f$ ,  $\varepsilon_m$  are as defined in EN 1991-1-2.

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

(5) In expression (4.26) the value of the section factor  $A_m / V$  should not be taken as less than  $10 \text{ m}^{-1}$ .

**Note:** Some expressions for calculating design values of the section factor  $A_m / V$  for unprotected steel members are given in table 4.2.

Кінець таблиці 4.2

<p>Відкритий переріз, що зазнає впливу вогню з трьох сторін:  <math display="block">\frac{A_m}{V} = \frac{\text{поверхня, що зазнає вогневого впливу}}{\text{площа перерізу}}</math>                     Open section exposed to fire on three sides:  <math display="block">\frac{A_m}{V} = \frac{\text{surface exposed to fire}}{\text{cross - section area}}</math>  </p>	<p>Порожнистий переріз (або зварений коробчастий переріз з однаковою товщиною стінки), що зазнає впливу вогню з усіх сторін:                      Hollow section (or welded box section of uniform thickness) exposed to fire on all sides:                      Якщо (If) <math>t \ll b: A_m / V \approx 1 / t</math>  </p>
<p>Полиця двотаврового перерізу, що зазнає впливу вогню з трьох сторін:                      I-section flange exposed to fire on three sides:  <math display="block">A_m / V = (b + 2t_f) / bt_f</math>                     Якщо (If) <math>t \ll b: A_m / V \approx 1 / t_f</math>  </p>	<p>Зварений коробчастий переріз, що зазнає впливу вогню з усіх сторін:                      Welded box section exposed to fire on all sides:  <math display="block">\frac{A_m}{V} = \frac{2(b + h)}{\text{площа перерізу (cross - section area)}}</math>                     Якщо (If) <math>t \ll b: A_m / V \approx 1 / t</math>  </p>
<p>Кутик, що зазнає впливу вогню з усіх сторін:                      Angle exposed to fire on all sides:  <math display="block">A_m / V = 2 / t</math>  </p>	<p>Двотавровий переріз із коробчастим підсиленням, що зазнає впливу вогню з усіх сторін:                      I-section with box reinforcement, exposed to fire on all sides:  <math display="block">\frac{A_m}{V} = \frac{2(b + h)}{\text{площа перерізу (cross - section area)}}</math>  </p>
<p>Плоский прокат, що зазнає впливу вогню з усіх сторін:                      Flat bar exposed to fire on all sides:  <math display="block">A_m / V = 2(b + t) / (bt)</math>                     Якщо (If) <math>t \ll b: A_m / V \approx 2 / t</math>  </p>	<p>Плоский прокат, що зазнає впливу вогню з трьох сторін:                      Flat bar exposed to fire on three sides:  <math display="block">A_m / V = (b + 2t) / (bt)</math>                     Якщо (If) <math>t \ll b: A_m / V \approx 1 / t</math>  </p>



#### 4.2.5.2 Внутрішня сталева конструкція, що вкрита вогнезахисним матеріалом

(1) Приріст температури  $\Delta\theta_{a,t}$  за проміжок часу  $\Delta t$  для рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі захищеної сталеві конструкції визначають з виразу:

$$\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi / 3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (4.27)$$

(але  $\Delta\theta_{a,t} \geq 0$ , якщо  $\Delta\theta_{g,t} > 0$ )

де:

$A_p / V$  – коефіцієнт перерізу сталевих конструкцій, що вкриті вогнезахисним матеріалом;  
 $A_p$  – відповідна площа вогнезахисного матеріалу на одиницю довжини конструкції, м<sup>2</sup>/м;  
 $V$  – об'єм конструкції на одиницю довжини, м<sup>3</sup>/м;

$c_a$  – питома теплоємність сталі, що залежить від температури, згідно з розділом 3, Дж/кг·К;

$c_p$  – питома теплоємність вогнезахисного матеріалу, що не залежить від температури, Дж/кг·К;

$d_p$  – товщина вогнезахисного матеріалу, м;

$\Delta t$  – інтервал часу, с;

$\theta_{a,t}$  – температура сталі в момент часу  $t$ , °С;

$\theta_{g,t}$  – температура навколишнього середовища в момент часу  $t$ , °С;

$\Delta\theta_{g,t}$  – приріст температури навколишнього середовища за проміжок часу  $\Delta t$ , К;

$\lambda_p$  – теплопровідність системи вогнезахисту, Вт/м<sup>2</sup>;

$\rho_a$  – густина сталі згідно з розділом 3, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_p$  – густина вогнезахисного матеріалу згідно з розділом 3, кг/м<sup>3</sup>.

(2) Значення  $c_p$ ,  $\lambda_p$  та  $\rho_p$  визначають згідно з розділом 3.

(3) Значення  $\Delta t$  приймають не більше 30 с.

(4) Площу  $A_p$  вогнезахисного матеріалу загалом приймають як площу його внутрішньої поверхні, а для порожнистого облицювання із зазором навколо сталеві конструкції можна приймати таке ж значення, як для порожнистого облицювання без зазору.

#### 4.2.5.2 Internal steelwork insulated by fire protection material

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

$$\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi / 3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (4.27)$$

(but  $\Delta\theta_{a,t} \geq 0$  if  $\Delta\theta_{g,t} > 0$ )

where:

$A_p / V$  is the section factor for steel members insulated by fire protection material;

$A_p$  is the appropriate area of fire protection material per unit length of the member [m<sup>2</sup>/m];

$V$  is the volume of the member per unit length [m<sup>3</sup>/m];

$c_a$  is the temperature dependant specific heat of steel, from section 3 [J/kgK];

$c_p$  is the temperature independent specific heat of the fire protection material [J/kgK];

$d_p$  is the thickness of the fire protection material [m];

$\Delta t$  is the time interval [seconds];

$\theta_{a,t}$  is the steel temperature at time  $t$  [°C];

$\theta_{g,t}$  is the ambient gas temperature at time  $t$  [°C];

$\Delta\theta_{g,t}$  is the increase of the ambient gas temperature during the time interval  $\Delta t$  [K];

$\lambda_p$  is the thermal conductivity of the fire protection system [W/mK];

$\rho_a$  is the unit mass of steel, from section 3 [kg/m<sup>3</sup>];

$\rho_p$  is the unit mass of the fire protection material [kg/m<sup>3</sup>].

(2) The values of  $c_p$ ,  $\lambda_p$  and  $\rho_p$  should be determined as specified in section 3.

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

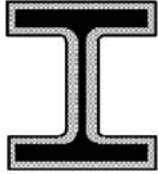
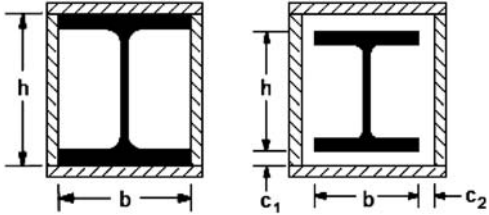
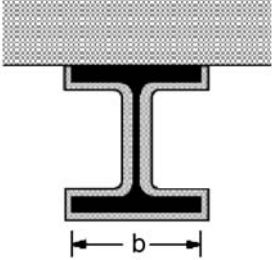
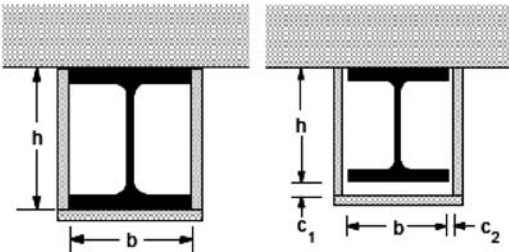
(4) The area  $A_p$  of the fire protection material should generally be taken as the area of its inner surface, but for hollow encasement with a clearance around the steel member the same value as for hollow encasement without a clearance may be adopted.

**Примітка.** Деякі розрахункові значення коефіцієнта перерізу  $A_p / V$  для ізованих сталевих конструкцій наведені у таблиці 4.3.

**Note:** Some design values of the section factor  $A_p / V$  for insulated steel members are given in table 4.3.

**Таблиця 4.3** – Коефіцієнт перерізу  $A_p / V$  для сталевих конструкцій, що вкриті вогнезахисним матеріалом

**Table 4.3:** Section factor  $A_p / V$  for steel members insulated by fire protection material

Ескіз перерізу Sketch	Опис Description	Коефіцієнт перерізу Section factor ( $A_p / V$ )
	Зовнішнє облицювання рівномірної товщини Contour encasement of uniform thickness	$\frac{\text{периметр сталі}}{\text{площа сталевого перерізу}}$ $\frac{\text{steel perimeter}}{\text{steel cross-section area}}$
	Порожнисте облицювання рівномірної товщини <sup>1)</sup> Hollow encasement of uniform thickness	$\frac{2(b + h)}{\text{площа сталевого перерізу}}$ $\frac{2(b + h)}{\text{steel cross-section area}}$
	Зовнішнє облицювання рівномірної товщини, що знає впливу вогню з трьох сторін Contour encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides	$\frac{\text{периметр сталі} - b}{\text{площа сталевого перерізу}}$ $\frac{\text{steel perimeter} - b}{\text{steel cross-section area}}$
	Порожнисте облицювання рівномірної товщини, що знає впливу вогню з трьох сторін <sup>1)</sup> Hollow encasement of uniform thickness, exposed to fire on three sides	$\frac{2h + b}{\text{площа сталевого перерізу}}$ $\frac{2h + b}{\text{steel cross-section area}}$
<sup>1)</sup> Розміри зазорів $c_1$ та $c_2$ не перевищують $h / 4$ . The clearance dimensions $c_1$ and $c_2$ should not normally exceed $h / 4$ .		

(5) Для вологих вогнезахисних матеріалів розрахунок приросту температури сталі  $\Delta\theta_a$  можна змінити, щоб врахувати запізнення при зростанні температури сталі, доки вона досягне 100 °C. Запізнення визначають методом згідно з EN 13381-4.

(5) For moist fire protection materials the calculation of the steel temperature increase  $\Delta\theta_a$  may be modified to allow for a time delay in the rise of the steel temperature when it reaches 100 °C. This delay time should be determined by a method conforming with ENV 13381-4.

(6) Як альтернатива до 4.2.5.2 (1) рівномірну температуру ізованої сталеві конструкції після стандартного вогневого впливу визначеної тривалості можна отримати, використовуючи розрахункові блок-схеми згідно з EN 13381-4.

(6) As an alternative to 4.2.5.2 (1), the uniform temperature of an insulated steel member after a given time duration of standard fire exposure may be obtained using design flow charts derived in conformity with ENV 13381-4.

#### 4.2.5.3 Внутрішня сталева конструкція у пустоті, що захищена тепловими екранами

(1) Умови, що наведені нижче, застосовують у наступних випадках:

- сталеві конструкції у пустоті, що має перекриття вгорі та горизонтальний тепловий екран знизу, а також
- сталеві конструкції у пустоті, що має вертикальні теплові екрани з обох сторін, якщо в обох випадках є зазор між тепловим екраном та конструкцією. Умови не виконують, якщо тепловий екран безпосередньо дотикається до конструкції.

(2) Розрахунок приросту температури сталі  $\Delta\theta_a$  внутрішніх сталевих конструкцій, що захищені тепловими екранами, має базуватися на методах, що наведені в 4.2.5.1 або 4.2.5.2 відповідно, прийнявши температуру навколишнього середовища  $\Delta\theta_{g,t}$  такою, що дорівнює температурі газового середовища у пустоті.

(3) Властивості та роботу теплових екранів, що використані при проектуванні, слід визначати за методикою випробування згідно з EN 13381-1 або EN 13381-2 відповідно.

(4) Розвиток температури у пустоті, в якій розташовані сталеві конструкції, визначають за допомогою вимірювань згідно з EN 13381-1 або EN 13381-2 відповідно.

#### 4.2.5.4 Зовнішні металеві конструкції

(1) Температуру зовнішніх металевих конструкцій визначають, враховуючи таке:

- радіаційний тепловий потік від протипожежного відсіку;
- радіаційний та конвекційний теплові потоки від полум'я, що виходить із прорізів;
- радіаційні та конвекційні втрати тепла від сталеві конструкції до навколишнього середовища;
- розміри та розташування будівельних конструкцій.

(2) Теплові екрани можуть бути встановлені з одного, двох або трьох сторін зовнішньої сталеві конструкції, щоб захистити її від радіаційної передачі тепла.

(3) Теплові екрани мають:

- безпосередньо кріпитися до сторони сталеві конструкції, яка потребує захисту або

#### 4.2.5.3 Internal steelwork in a void that is protected by heat screens

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

- steel members in a void that have a floor on top and by a horizontal heat screen below, and
- steel members in a void that have vertical heat screens on both sides, provided in both cases that there is a gap between the heat screen and the member. They do not apply if the heat screen is in direct contact with the member.

(2) For internal steelwork protected by heat screens, the calculation of the steel temperature increase  $\Delta\theta_a$  should be based on the methods given in 4.2.5.1 or 4.2.5.2 as appropriate, taking the ambient gas temperature  $\Delta\theta_{g,t}$  as equal to the gas temperature in the void.

(3) The properties and performance of the heat screens used in design should have been determined using a test procedure conforming with EN 13381-1 or EN 13381-2 as appropriate.

(4) The temperature development in the void in which the steel members are situated should be determined from measurement according to EN 13381-1 or EN 13381-2 as appropriate.

#### 4.2.5.4 External steelwork

(1) The temperature of external steelwork should be determined taking into account:

- the radiative heat flux from the fire compartment;
- the radiative heat flux and the convective heat flux from the flames emanating from openings;
- the radiative and convective heat loss from the steelwork 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 steel member in order to protect it from radiative heat transfer.

(3) Heat screens should be either:

- directly attached to that side of the steel member that it is intended to protect, or

– бути достатнього розміру, щоб повністю захистити сторону конструкції від радіаційного теплового потоку.

(4) Теплові екрани згідно з додатком В повинні бути негорючими та мати вогнестійкість не менше EI 30 відповідно до EN ISO 13501-2.

(5) Температуру в зовнішній сталевій конструкції, що захищена тепловими екранами, визначають згідно з 4.2.5.4 (1), приймаючи, що радіаційна передача тепла до сторін, які захищені тепловими екранами, не відбувається.

(6) Розрахунки можуть базуватися на умовах врівноваженого стану, що отримані зі стаціонарного теплового балансу за допомогою методів з додатка В.

(7) Розрахунок згідно з додатком В частини 1-2 EN 1993 має базуватися на моделі з додатка В EN 1991-1-2, яка описує умови пожежі у відсіку та полум'я, що виходить із прорізів, на яких має базуватися розрахунок радіаційного та конвекційного теплових потоків.

### **4.3 Уточнені розрахункові моделі**

#### **4.3.1 Загальні вимоги**

(1) Уточнені розрахункові методи мають забезпечувати реалістичний розрахунок конструкцій, що зазнають вогневого впливу. Методи мають базуватися на фундаментальній фізичній роботі так, щоб привести до вірного припущення очікуваної роботи відповідної частини конструктивної системи під час пожежі.

(2) Будь-які види можливих руйнувань, які не розглядає уточнений розрахунковий метод (включаючи місцеву втрату стійкості при поздовжньому згині та руйнування від дії поперечної сили), мають бути усунені відповідними заходами.

(3) Уточнені розрахункові моделі містять окремі розрахункові моделі для визначення:

- розвитку та розповсюдження температури в конструкціях (модель температурної реакції) та
- механічної роботи будівлі або будь-якої її частини (модель механічної реакції).

(4) Уточнені розрахункові методи використовують разом з будь-яким режимом нагрівання за умови, що відомі властивості матеріалів для відповідної температурної стадії.

– large enough to fully screen that side from the expected radiative heat flux.

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

(5) The temperature in external steelwork protected by heat screens should be determined as required in 4.2.5.4(1), assuming that there is no radiative heat transfer to those sides that are protected by heat screens.

(6) Calculations may be based on steady state conditions resulting from a stationary heat balance using the methods given in annex B.

(7) Design using annex B of this Part 1-2 of EN 1993 should be based on the model given in annex B of EN 1991-1-2 describing the compartment fire conditions and the flames emanating from 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 provide a realistic analysis of structures exposed to fire. They 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 separate 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) Уточнені розрахункові методи можна використовувати для будь-якого типу поперечного перерізу.

#### **4.3.2 Теплова реакція**

(1) Уточнені розрахункові методи теплової реакції мають базуватися на загальновизначених принципах та передумовах теорії передачі тепла.

(2) Модель теплової реакції має враховувати:

- відповідні теплові впливи, що визначені в EN 1991-1-2 та
- зміну теплофізичних властивостей матеріалу залежно від температури (розділ 3).

(3) Ефекти нерівномірного теплового впливу та передачі тепла до сусідніх частин будівлі мають бути враховані, де це необхідно.

(4) Впливом будь-якого вмісту та поширення вологи всередині вогнезахисного матеріалу можна знехтувати.

#### **4.3.3 Механічна реакція**

(1) Уточнені розрахункові моделі механічної реакції мають базуватися на загальновизначених принципах та передумовах теорії будівельної механіки, що враховують зміни властивостей матеріалів залежно від температури.

(2) Слід враховувати ефекти температурних деформацій та напружень, що виникають через підвищення та перепади температур.

(3) Модель механічної реакції також має враховувати:

- спільно механічні навантажувальні ефекти, геометричні дефекти та теплові впливи;
- механічні властивості матеріалів, що залежать від температури (розділ 3);
- геометрично нелінійні ефекти;
- ефекти нелінійних властивостей матеріалів, включаючи несприятливі впливи навантаження та розвантаження на жорсткість конструкції.

(4) Ефекти нестационарної температурної повзучості не потребують детального розгляду, якщо використовують діаграми "напруження-деформації" згідно з розділом 3.

(5) Деформації у граничному стані, що визначені розрахунковим методом, обмежують, щоб забезпечити сумісність усіх частин конструктивної системи.

(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 section 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 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 model for mechanical response 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 section 3;
- geometrical non-linear effects;
- the effects of non-linear material properties, including the unfavourable effects of loading and unloading on the structural stiffness.

(4) Provided that the stress-strain relationships given in section 3 are used, the effects of transient thermal creep need not 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) Проектування має враховувати граничний стан, за межами якого розрахункові деформації конструктивної системи спричиняють руйнування внаслідок втрати відповідної опори однієї з конструкцій.

(7) Для розрахунку окремих вертикальних конструкцій використовують синусоїдне початкове пошкодження з максимальним значенням  $h/1000$  посередині висоти, якщо інше не визначено відповідними стандартами на продукцію.

#### **4.3.4 Затвердження уточнених розрахункових моделей**

(1) Перевірка точності розрахункових моделей має бути здійснена на основі результатів відповідних випробувань.

(2) Результати розрахунків можуть стосуватися деформацій, температури та межі вогнестійкості.

(3) Граничні значення мають бути перевірені за допомогою аналізу чутливості, щоб пересвідчитися, що схема відповідає обґрунтованим інженерно-технічним принципам.

(4) Граничні значення можуть стосуватися граничної довжини, розмірів конструкцій, рівня навантаження.

(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) For the analysis of isolated vertical members a sinusoidal initial imperfection with a maximum value of  $h/1000$  at mid-height should be used, when not specified by relevant product standards.

#### **4.3.4 Validation of advanced calculation models**

(1) A verification of the accuracy of the 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 elements, the load level.



**ДЕФОРМАЦІЙНЕ ЗМІЦНЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ  
СТАЛІ ЗА ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР**

(1) Для температури нижче 400 °С альтернативна можливість деформаційного зміцнення, що вказана у 3.2, може бути використана так:

– для  $0,02 < \varepsilon < 0,04$ :

$$\sigma_a = 50(f_{u,\theta} - f_{y,\theta})\varepsilon + 2f_{y,\theta} - f_{u,\theta}, \quad (\text{A.1a})$$

– для  $0,04 \leq \varepsilon \leq 0,15$ :

– for  $0,04 \leq \varepsilon \leq 0,15$ :

$$\sigma_a = f_{u,\theta}, \quad (\text{A.1b})$$

– для  $0,15 < \varepsilon < 0,20$ :

– for  $0,15 < \varepsilon < 0,20$ :

$$\sigma = f_{u,\theta} [1 - 20(\varepsilon - 0,15)], \quad (\text{A.1c})$$

– для  $\varepsilon \geq 0,20$ :

– for  $\varepsilon \geq 0,20$ :

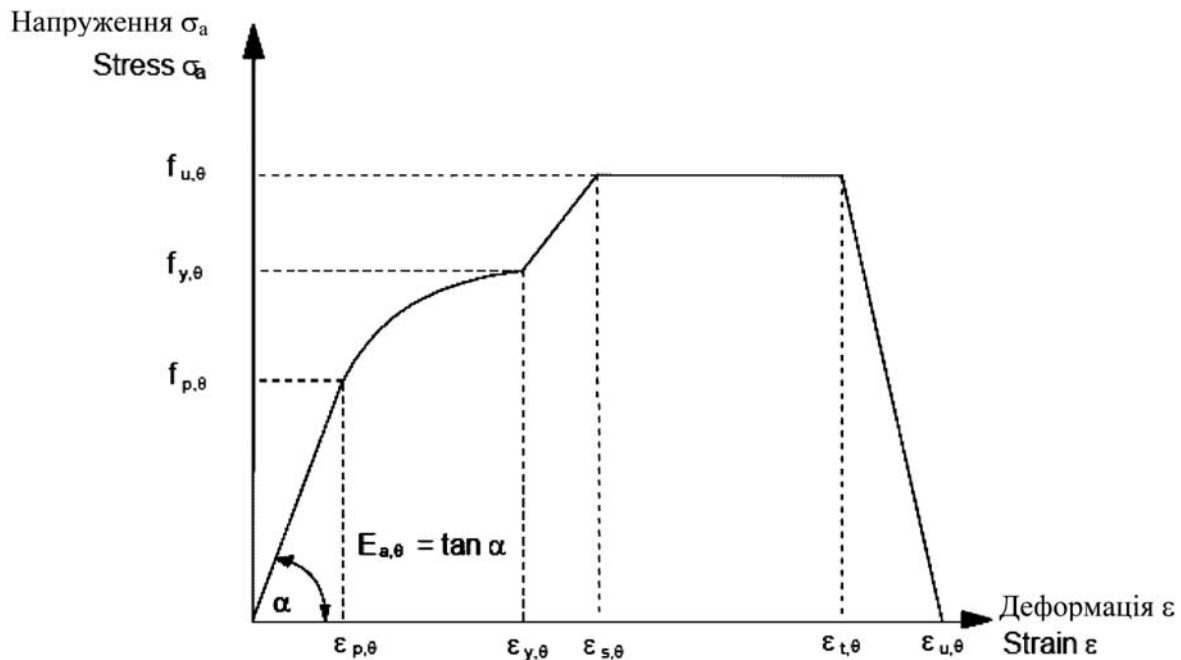
$$\sigma_a = 0,00, \quad (\text{A.1d})$$

де  $f_{u,\theta}$  – гранична міцність за підвищеної температури, що враховує деформаційне зміцнення.

where:  $f_{u,\theta}$  is the ultimate strength at elevated temperature, allowing for strain-hardening.

**Примітка.** Альтернативна діаграма "напруження-деформація" для сталі, що враховує деформаційне зміцнення, наведена на рисунку А.1.

**Note:** The alternative stress-strain relationship for steel, allowing for strain hardening, is illustrated in figure A.1.



**Рисунок А.1** – Альтернативна діаграма "напруження-деформація" для сталі, що враховує деформаційне зміцнення

**Figure A.1** – Alternative stress-strain relationship for steel allowing for strain-hardening

(2) Граничну міцність за підвищеної температури, що враховує деформаційне зміцнення, визначають так:

– для  $\theta_a < 300$  °C:

$$f_{u,\theta} = 1,25f_{y,\theta} , \quad (\text{A.2a})$$

– для  $300$  °C  $\leq \theta_a < 400$  °C:

– for  $300$  °C  $\leq \theta_a < 400$  °C:

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta} (2 - 0,0025\theta_a) , \quad (\text{A.2b})$$

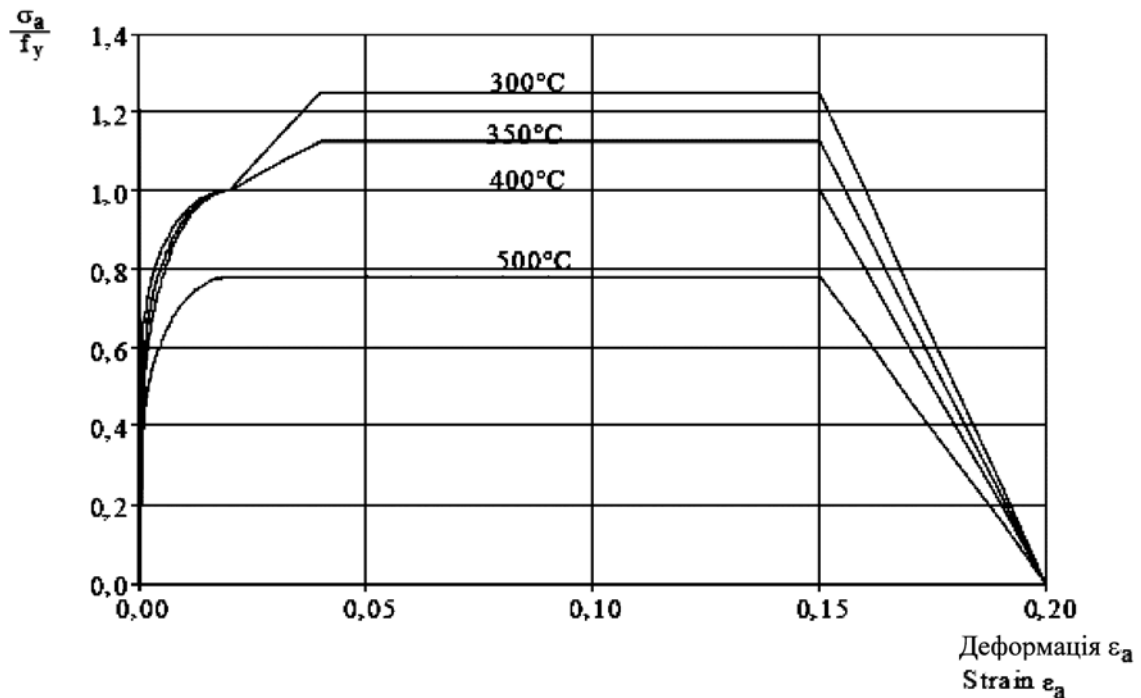
– для  $\theta_a \geq 400$  °C:

– for  $\theta_a \geq 400$  °C:

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta} . \quad (\text{A.2c})$$

**Примітка.** Зміна альтернативної діаграми "напруження-деформація" для сталі залежно від температури наведена на рисунку А.2.

**Note:** The variation of the alternative stress-strain relationship with temperature is illustrated in figure A.2.



**Рисунок А.2** – Альтернативна діаграма "напруження-деформація" для сталі за підвищених температур, що враховує деформаційне зміцнення

**Figure A.2** – Alternative stress-strain relationships for steel at elevated temperatures, allowing for strain hardening

## ПЕРЕДАЧА ТЕПЛА ДО ЗОВНІШНІХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

### В.1 Загальні положення

#### В.1.1 Основні вимоги

(1) В цьому додатку допускають, що протипожежний відсік обмежено лише одним поверхом. Всі вікна або інші схожі прорізи у протипожежному відсіку приймають прямокутними.

(2) Температуру пожежі у протипожежному відсіку, розміри та температуру полум'я, що виходить з прорізів, а також радіаційні та конвекційні параметри визначають згідно з додатком В EN 1991-1-2.

(3) Слід розрізняти конструкції, що не охоплені полум'ям, та конструкції, що охоплені полум'ям, залежно від їх розташування щодо прорізів у стінах протипожежного відсіку.

(4) Конструкцію, що не охоплена полум'ям, розглядають, щоб приймати радіаційну передачу тепла від усіх прорізів у тій стороні протипожежного відсіку та від полум'я, що виходить з цих прорізів.

(5) Конструкцію, що охоплена полум'ям, розглядають, щоб приймати конвекційну передачу тепла від полум'я, а також радіаційну передачу тепла від полум'я та прорізів протипожежного відсіку, з яких воно виходить. Радіаційною передачею тепла від іншого полум'я та від інших прорізів можна знехтувати.

#### В.1.2 Умовні позначки розмірів

(1) Умовні позначки геометричних даних зображені на рисунку В.1.

## HEAT TRANSFER TO EXTERNAL STEELWORK

### 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.

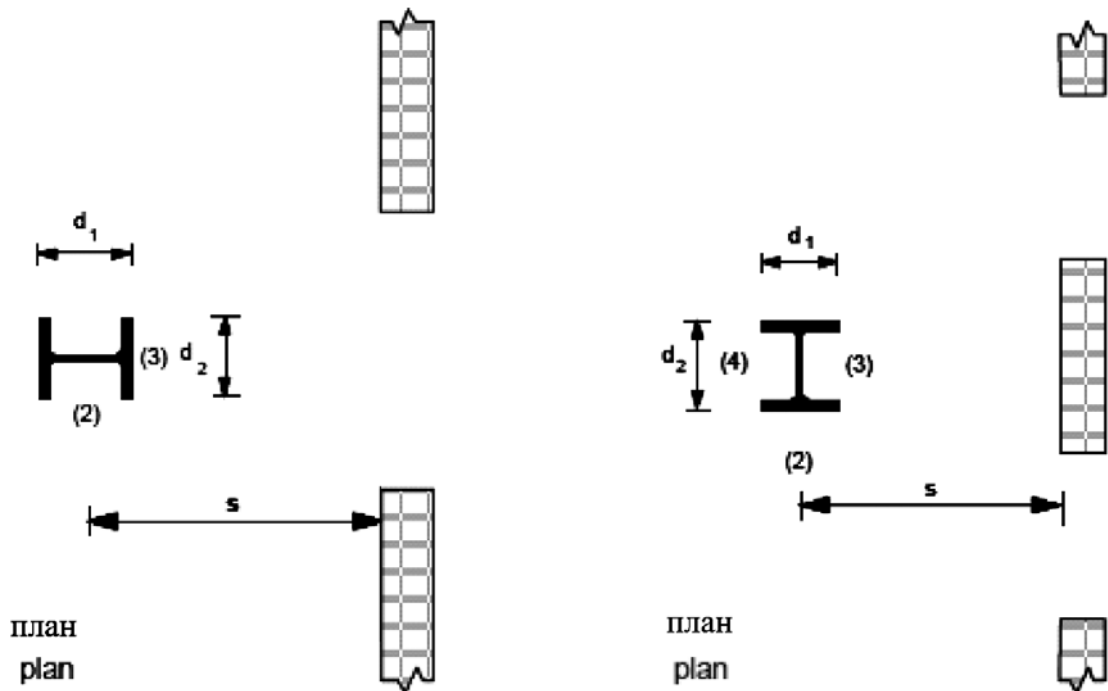
(4) A member that is not engulfed in flame should be assumed to receive radiative heat transfer from all the openings in that side of the fire compartment and from the flames projecting from all these openings.

(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.

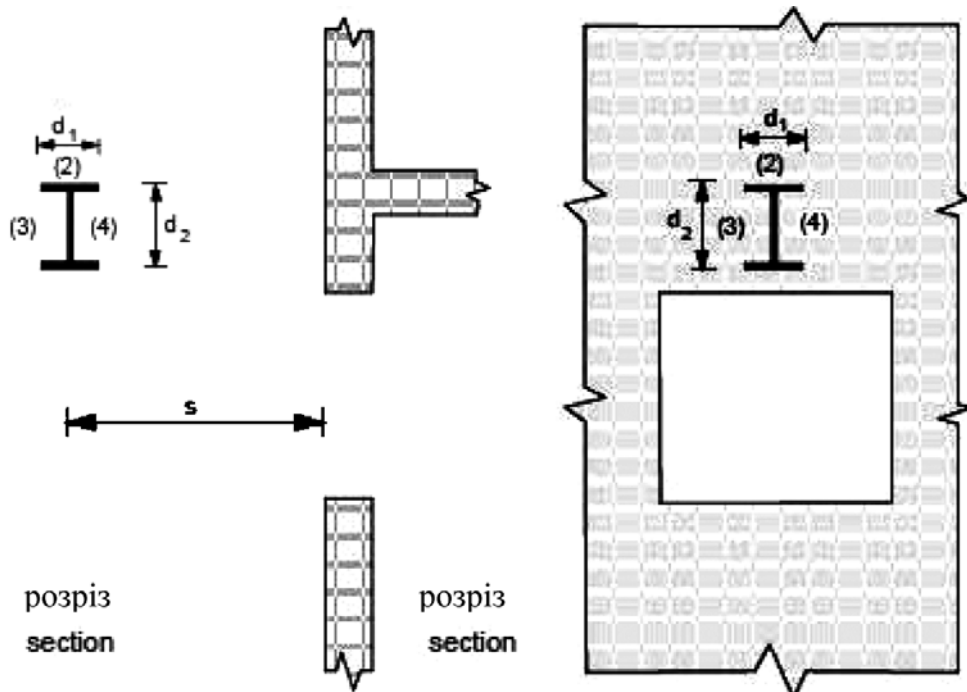
**а – Колони  
Columns**



1 – Колона, що розташована навпроти прорізу  
Column opposite opening

2 – Колона, що розташована між прорізами  
Column between openings

**б – Балки  
Beams**



1 – Балка, що розташована паралельно стіні  
Beam parallel to wall

2 – Балка, що розташована перпендикулярно до стіни  
Beam perpendicular to wall

**Рисунок В.1 – Розміри та поверхні конструкції  
Figure B.1 – Member dimensions and faces**

### B.1.3 Тепловий баланс

(1) Для конструкції, що не охоплена полум'ям, середню температуру сталевий конструкції  $T_m$ , К визначають із рішення такого теплового балансу:

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

де

$\sigma$  – стала Стефана Больцмана,  $56,7 \cdot 10^{-12}$ , кВт/м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>;

$\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, кВт/м<sup>2</sup> К;

$I_z$  – радіаційний тепловий потік від полум'я, кВт/м<sup>2</sup>;

$I_f$  – радіаційний тепловий потік з прорізів, кВт/м<sup>2</sup>.

(2) Коефіцієнт конвекційного теплообміну  $\alpha$  визначають згідно з додатком В EN 1991-1-2 для умов "невимушеної (природної) тяги повітря" або "штучної (примусової) тяги повітря" відповідно, використовуючи розрахунковий розмір перерізу  $d = (d_1 + d_2) / 2$ .

(3) Для конструкції, що охоплена полум'ям, середню температуру сталевий конструкції  $T_m$ , К визначають із рішення такого теплового балансу:

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

де

$T_z$  – температура полум'я, К;

$I_z$  – радіаційний тепловий потік від полум'я, кВт/м<sup>2</sup>;

$I_f$  – радіаційний тепловий потік з прорізів, кВт/м<sup>2</sup>.

(4) Радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають залежно від ситуації та типу конструкції так:

- колони, що не охоплені полум'ям, В.2;
- балки, що не охоплені полум'ям, В.3;
- колони, що охоплені полум'ям, В.4;
- балки, що повністю або частково охоплені полум'ям, В.5.

Інші випадки розглядають аналогічно, використовуючи належні засоби обробки згідно з В.2 – В.5.

(5) Радіаційний тепловий потік  $I_f$  з прорізів визначають з виразу:

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

### B.1.3 Heat balance

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

where:

$\sigma$  is the Stefan Boltzmann constant [ $56,7 \cdot 10^{-12}$  kW/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>];

$\alpha$  is the convective heat transfer coefficient [kW/m<sup>2</sup>K];

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

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

(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  $d = (d_1 + d_2) / 2$ .

(3) For a member engulfed in flame, the average temperature of the steel 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:

- 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:

де

$\phi_f$  – загальний коефіцієнт форми конструкції для радіаційного теплообміну з прорізом;

$\varepsilon_f$  – коефіцієнт випромінювання прорізу;

$a_z$  – коефіцієнт поглинання для полум'я;

$T_f$  – температура полум'я, К, згідно з додатком В EN 1991-1-2.

(6) Коефіцієнт випромінювання прорізу  $\varepsilon_f$  дорівнює одиниці згідно з додатком В EN 1991-1-2.

(7) Коефіцієнт поглинання для полум'я  $a_z$  визначають за формулами (В.2) – (В.5) відповідно.

#### **В.1.4 Загальні коефіцієнти форми**

(1) Загальний коефіцієнт форми  $\phi_f$  конструкції для радіаційного теплообміну з прорізом визначають з виразу:

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

де

$\phi_{f,i}$  – коефіцієнт форми  $i$ -ї поверхні конструкції для прорізу (додаток G EN 1991-1-2);

$d_i$  – розмір поперечного перерізу  $i$ -ї поверхні конструкції;

$C_i$  – коефіцієнт захисту  $i$ -ї поверхні конструкції:

- для захищеної поверхні:  $C_i = 0$ ;
- для незахищеної поверхні:  $C_i = 1$ .

(2) Коефіцієнт форми  $\phi_{f,i}$  для поверхні конструкції, з якої проріз не видно, дорівнює нулю.

(3) Коефіцієнт форми  $\phi_z$  конструкції для радіаційного теплообміну від полум'я визначається за формулою:

$$\phi_z = \frac{(C_1 \phi_{z,1} + C_2 \phi_{z,2})d_1 + (C_3 \phi_{z,3} + C_4 \phi_{z,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2}, \quad (\text{B.5})$$

де

$\phi_{z,i}$  – коефіцієнт форми  $i$ -ї поверхні конструкції для полум'я згідно з додатком G EN 1991-1-2.

(4) Кутовий коефіцієнт  $\phi_{z,i}$  поверхонь конструкцій для радіаційного теплообміну від полум'я базується на еквівалентних прямокутних розмірах полум'я. Розміри та положення еквівалентних прямокутників, що відображають фронтальну поверхню і боки полум'я для цієї мети, повинні визначатись згідно з В.2 для колон та В.3 для балок. Для всіх інших випадків необ-

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:

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:

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



хідно використовувати розміри полум'я згідно з додатком В EN 1991-1-2.

(5) Коефіцієнт форми  $\phi_{z,i}$  для поверхні конструкції, з якої полум'я не видно, дорівнює нулю.

(6) Поверхня конструкції може бути захищена тепловими екранами відповідно до 4.2.5.4. Поверхня конструкції, безпосередньо прилегла до стіни відсіку, розглядається як захищена за умови, що в цій частині стіни відсутні прорізи. Всі інші поверхні конструкції розглядають як незахищені.

## **В.2 Колона, що не охоплена полум'ям**

### **В.2.1 Радіаційний теплообмін**

(1) Слід розрізняти колону, що розташована навпроти прорізу, та колону, розташовану між прорізами.

**Примітка.** Зображення наведено на рисунку В.2.

(2) Якщо колона розташована навпроти прорізу, радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають з виразу:

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

де

$\phi_z$  – загальний коефіцієнт форми колони для радіаційного теплообміну з полум'ям (див. В.1.4);

$\varepsilon_z$  – коефіцієнт випромінювання полум'я (див. В.2.2);

$T_z$  – температура полум'я, К (див. В.2.3).

**Примітка.** Зображення наведено на рисунку В.3.

(3) Якщо колона розташована між прорізами, радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я на кожній грані визначають з виразу:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4, \quad (\text{B.7})$$

де

$\phi_{z,m}$  – загальний коефіцієнт форми колони для нагрівання від полум'я сторони  $m$  (див. В.1.4);

$\phi_{z,n}$  – загальний коефіцієнт форми колони для нагрівання від полум'я сторони  $n$  (див. В.1.4);

$\varepsilon_{z,m}$  – загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні  $m$  (див. В.2.2);

$\varepsilon_{z,n}$  – загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні  $n$  (див. В.2.2).

**Примітка.** Зображення наведено на рисунку В.4.

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 4.2.5.4. 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.

## **В.2 Column not engulfed in flame**

### **В.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 are 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:

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:** Illustration 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:

where:

$\phi_{z,m}$  is the overall configuration factor of the column for heat from flames on side  $m$ , see B.1.4;

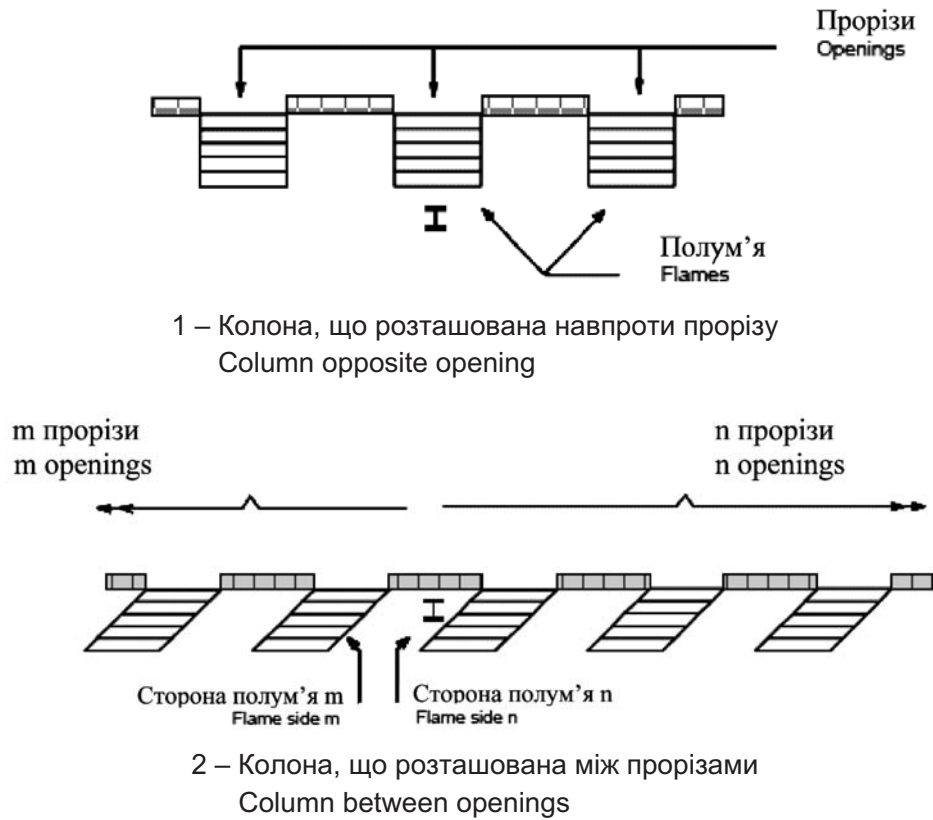
$\phi_{z,n}$  is the overall configuration factor of the column for heat from flames on side  $n$ , see B.1.4;

$\varepsilon_{z,m}$  is the total emissivity of the flames on side  $m$ , see B.2.2;

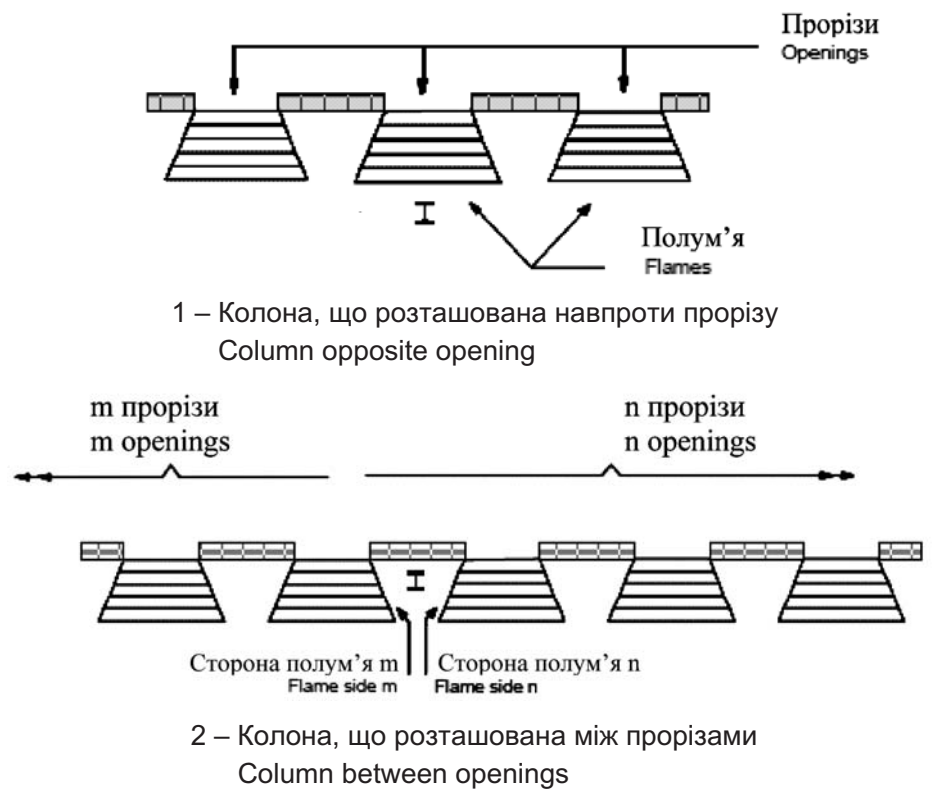
$\varepsilon_{z,n}$  is the total emissivity of the flames on side  $n$ , see B.2.2.

**Note:** Illustration are given in figure B.4.

**а – умова "невимушеної (природної) тяги повітря"**  
**'No forced draught' condition**

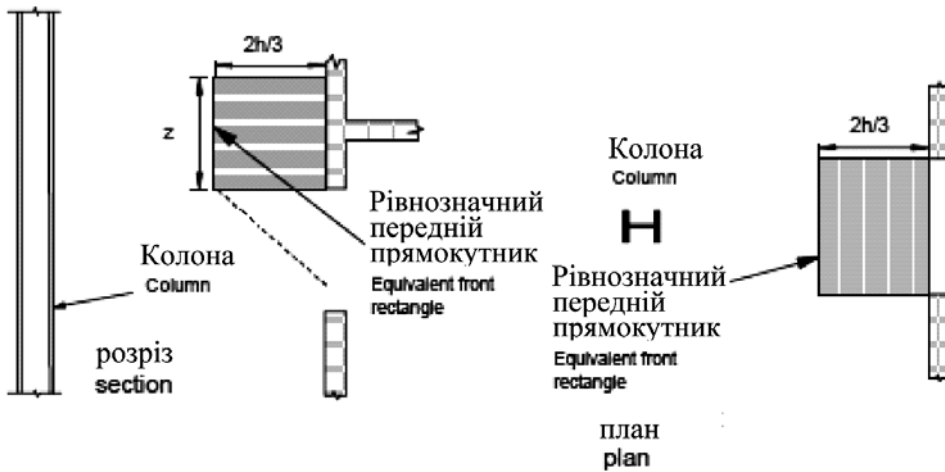


**б – умова "штучної (примусової) тяги повітря"**  
**'Forced draught' condition**

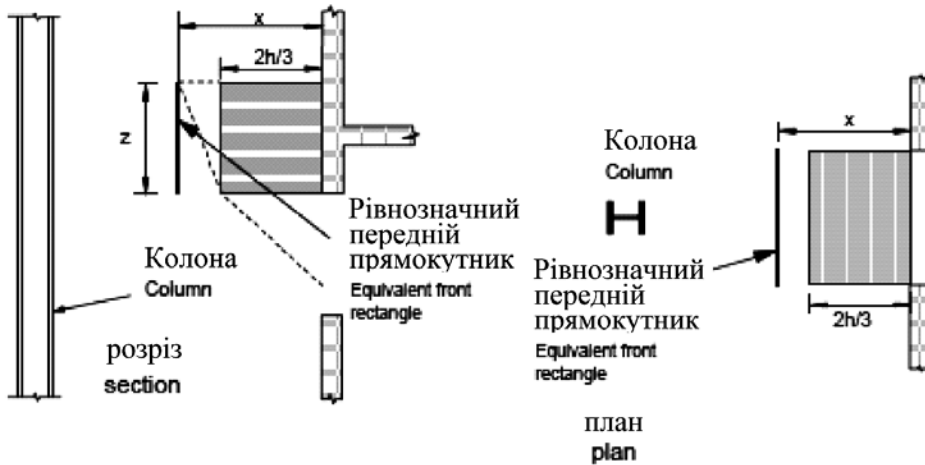


**Рисунок В.2 – Розташування колони**  
**Figure B.2: Column positions**

**а – "невимушена (природна) тяга повітря"**  
**'No forced draught'**

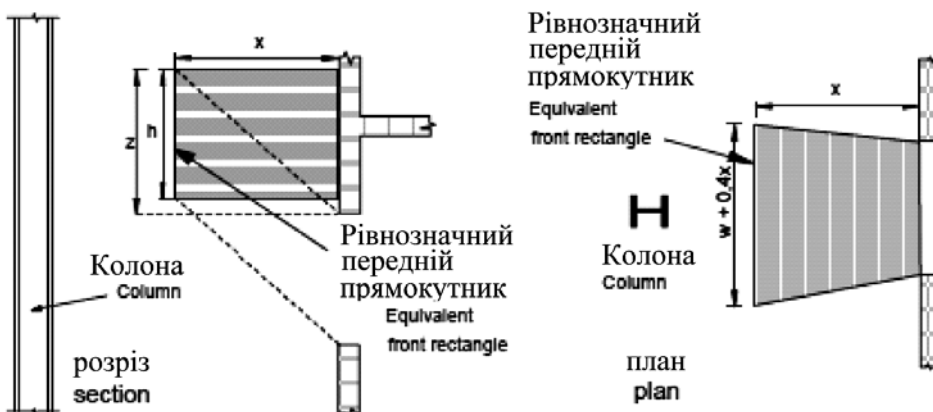


1 – стіна вище та  $h < 1,25w$   
 wall above and  $h < 1,25w$



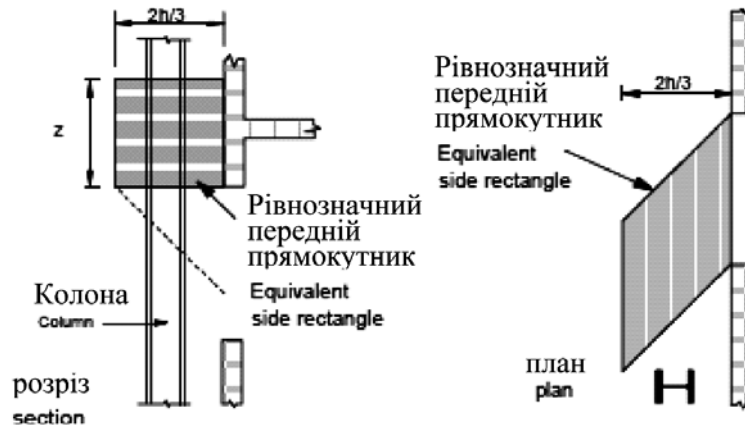
2 – стіна вище та  $h > 1,25w$  або стіна вище відсутня  
 wall above and  $h > 1,25w$  or no wall above

**б – "штучна (примусова) тяга повітря"**  
**'Forced draught'**

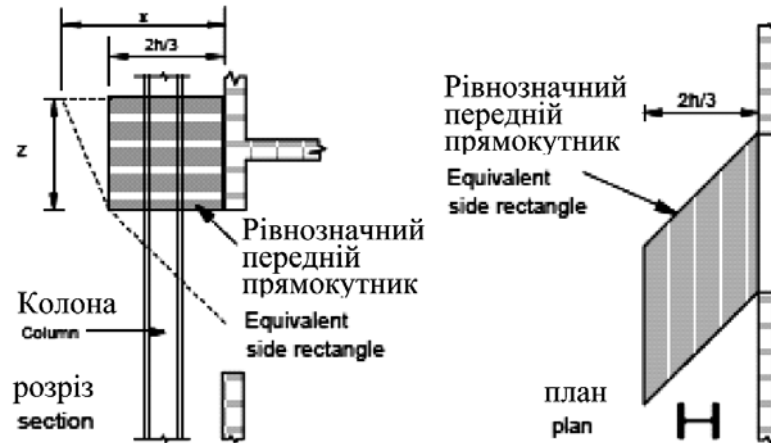


**Рисунок В.3 – Колона, що розташована навпроти прорізу**  
**Figure B.3 – Column opposite opening**

**а – "невимушена (природна) тяга повітря"**  
**'No forced draught'**

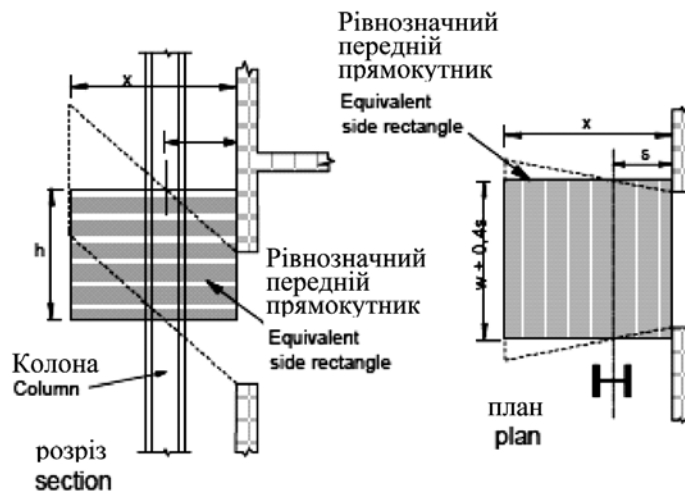


1 – стіна вище та  $h < 1,25w$   
 wall above and  $h < 1,25w$



2 – стіна вище та  $h > 1,25w$  або стіна вище відсутня  
 wall above and  $h > 1,25w$  or no wall above

**б – "штучна (примусова) тяга повітря"**  
**'Forced draught'**



**Рисунок В.4 – Колонна, що розташована між прорізами**  
**Figure B.4 – Column between openings**

**В.2.2 Коефіцієнт випромінювання полум'я**

(1) Якщо колона розташована навпроти прорізу, коефіцієнт випромінювання полум'я  $\varepsilon_z$  визначають з виразу для  $\varepsilon$  згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи ширину полум'я  $\lambda$  на рівні верху прорізів. Якщо дашок або балкон над прорізом відсутні,  $\lambda$  визначають так:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря"

$$\lambda = 2h / 3 , \tag{B8.a}$$

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря"

$$\lambda = x \text{ але (but) } \lambda \leq hx / z , \tag{B.8b}$$

де  $h$ ,  $x$  та  $z$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

(2) Якщо колона розташована між прорізами, загальні коефіцієнти випромінювання полум'я  $\varepsilon_{z,m}$  та  $\varepsilon_{z,n}$  на сторонах  $m$  та  $n$  визначають з виразу для  $\varepsilon$  згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи значення загальної ширини полум'я  $\lambda$  так:

– для сторони  $m$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i , \tag{B.9a}$$

– для сторони  $n$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i , \tag{B.9b}$$

де

$m$  – кількість прорізів на стороні  $m$ ;

$n$  – кількість прорізів на стороні  $n$ ;

$\lambda_i$  – ширина полум'я для  $i$ -го прорізу.

(3) Ширину полум'я  $\lambda_i$  визначають так:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря"

$$\lambda_i = w_i , \tag{B.10a}$$

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря"

$$\lambda_i = w_i + 0,4s , \tag{B.10b}$$

де

$w_i$  – ширина прорізу;

**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:

– for the 'forced draught' condition:

where  $h$ ,  $x$  and  $z$  are as given in annex B of EN 1991-1-2.

(2) If the column is 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 total flame thickness  $\lambda$  as follows:

– for side  $m$  :

– for side  $n$ :

where:

$m$  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:

– for the 'forced draught' condition:

where:

$w_i$  is the width of the opening;

$s$  – відстань від осі колони до стіни проти-пожежного відсіку (рисунок В.1).

### **В.2.3 Температура полум'я**

(1) Температуру полум'я  $T_z$  приймають як температуру на його осі, що визначена з виразу для  $T_z$  згідно з додатком В EN 1991-1-2 для умов "невимушеної (природної) тяги повітря" або "штучної (примусової) тяги повітря" відповідно, на відстані  $l$  вздовж осі полум'я, так:

- для умови "невимушеної (природної) тяги повітря":

$$l = h / 2 , \quad (\text{B.11a})$$

- для умови "штучної (примусової) тяги повітря":  
для колони, розташованої перед прорізом:

$$l = 0 , \quad (\text{B.11b})$$

для колони, розташованої між прорізами,  $l$  – відстань вздовж осі полум'я до точки на горизонталі  $s$  від стіни протипожежного відсіку. Якщо дашок або балкон над прорізом відсутні:

$$l = s X / x , \quad (\text{B.11c})$$

де  $X$  та  $x$  визначені в додатку В EN 1991-1-2.

### **В.2.4 Коефіцієнт поглинання полум'я**

(1) Для умови "невимушеної (природної) тяги повітря" коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  дорівнює нулю.

(2) Для умови "штучної (примусової) тяги повітря" коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  дорівнює коефіцієнту випромінювання  $\varepsilon_z$  відповідного полум'я, див. В.2.2.

## **В.3 Балка, не охоплена полум'ям**

### **В.3.1 Радіаційний теплообмін**

(1) В цьому розділі прийнято, що рівень низу балки розташовано не нижче рівня верху прорізів протипожежного відсіку.

(2) Слід розрізняти балки, що розташовані паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, та балки, що розташовані перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку (рисунок В.5).

$s$  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:

- for the 'forced draught' condition:

for a column opposite an opening:

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:

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.

## **B.3 Beam not engulfed in flame**

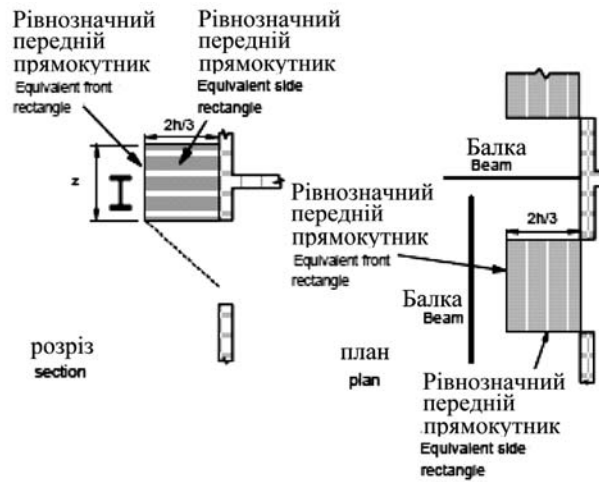
### **B.3.1 Radiative heat transfer**

(1) Throughout B.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.

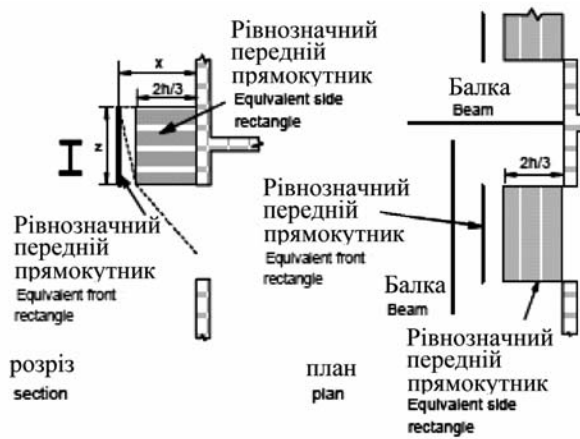
(2) A distinction should be made between a beam that is parallel to the external wall of the fire compartment and a beam that is perpendicular to the external wall of the fire compartment, see figure B.5.



**а – "невимушена (природна) тяга повітря"**  
**'No forced draught'**

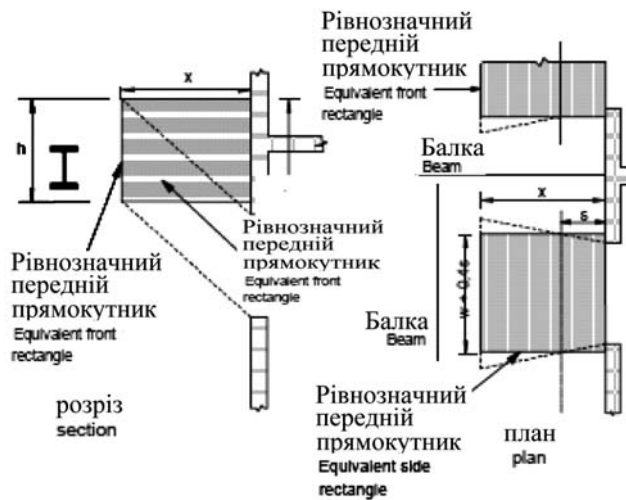


1 – стіна вище та  $h < 1,25w$   
 wall above and  $h < 1,25w$



2 – стіна вище та  $h > 1,25w$  або стіна вище відсутня  
 wall above and  $h > 1,25w$  or no wall above

**б – "штучна (примусова) тяга повітря"**  
**'Forced draught'**



**Рисунок В.5 – Балка, не охоплена полум'ям**  
**Figure B.5: Beam not engulfed in flame**

(3) Якщо балка розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, середню температуру сталеві конструкції  $T_m$  визначають у точці вздовж балки прямо над центром прорізу. У цьому випадку радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають з виразу:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4, \quad (\text{B.12})$$

де

$\phi_z$  – загальний коефіцієнт форми для полум'я, розташованого прямо перед балкою (див. В.1.4);

$\varepsilon_z$  – коефіцієнт випромінювання полум'я (див. В.3.2);

$T_z$  – температура полум'я, К (див. В.3.3).

(4) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, середню температуру балки визначають у ряді точок, що розташовані вздовж балки через 100 мм. Середня температура сталеві конструкції  $T_m$  дорівнює максимальному з цих значень. У цьому випадку радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають з виразу:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4, \quad (\text{B.13})$$

де

$\phi_{z,m}$  – загальний коефіцієнт форми балки для нагрівання від полум'я сторони  $m$  (див. В.3.2);

$\phi_{z,n}$  – загальний коефіцієнт форми балки для нагрівання від полум'я сторони  $n$  (див. В.3.2);

$\varepsilon_{z,m}$  – загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні  $m$  (див. В.3.3);

$\varepsilon_{z,n}$  – загальний коефіцієнт випромінювання полум'я на стороні  $n$  (див. В.3.3);

$T_z$  – температура полум'я, К (див. В.3.4).

### **В.3.2 Коефіцієнт випромінювання полум'я**

(1) Якщо балка розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку над прорізом, коефіцієнт випромінювання полум'я  $\varepsilon_z$  визначають з виразу  $\varepsilon$  для згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи значення ширини полум'я  $\lambda$  на рівні верху прорізів. Якщо дашок або балкон над прорізом відсутні,  $\lambda$  визначають так:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря"

$$\lambda = 2h / 3, \quad (\text{B.14a})$$

(3) If the beam is parallel to the external wall of the fire compartment, the average temperature of the steel 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 B.1.4;

$\varepsilon_z$  is the flame emissivity, see B.3.2;

$T_z$  is the flame temperature from B.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 steel 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 B.3.2;

$\phi_{z,n}$  is the overall configuration factor of the beam for heat from flames on side  $n$ , see B.3.2;

$\varepsilon_{z,m}$  is the total emissivity of the flames on side  $m$ , see B.3.3;

$\varepsilon_{z,n}$  is the total emissivity of the flames on side  $n$ , see B.3.3;

$T_z$  is the flame temperature [K], see B.3.4.

### **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:

– for the 'no forced draught' condition:

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря"

$$\lambda = x, \text{ але (but) } \lambda \leq h x / z, \quad (\text{B.14b})$$

де  $h$ ,  $x$  та  $z$  наведені в додатку В EN 1991-1-2.

(2) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку між двома прорізами, загальні коефіцієнти випромінювання полум'я  $\varepsilon_{z,m}$  та  $\varepsilon_{z,n}$  на сторонах  $m$  та  $n$  визначають з виразу для  $\varepsilon$  згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи значення ширини полум'я  $\lambda$  так:

– для сторони  $m$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i, \quad (\text{B.15a})$$

– для сторони  $n$  :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (\text{B.15b})$$

де

$m$  – кількість прорізів на стороні  $m$ ;

$n$  – кількість прорізів на стороні  $n$ ;

$\lambda_i$  – ширина полум'я для  $i$ -го прорізу.

(3) Ширину полум'я  $\lambda_i$  визначають так:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря"

$$\lambda_i = w_i, \quad (\text{B.16a})$$

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря"

$$\lambda_i = w_i + 0,4 s, \quad (\text{B.16b})$$

де

$w_i$  – ширина прорізу;

$s$  – відстань від стіни протипожежного відсіку до точки балки, яка розглядається (рисунок В.5).

### **В.3.3 Температура полум'я**

(1) Температуру полум'я  $T_z$  приймають як температуру на осі полум'я, що визначена з виразу для  $T_z$  згідно з додатком В EN 1991-1-2 для умов "невимушеної (природної) тяги повітря" або "штучної (примусової) тяги повітря" відповідно, на відстані  $l$  від прорізу, вимірній вздовж осі полум'я, так:

– for the 'forced draught' condition:

where  $h$ ,  $x$  and  $z$  are as given in annex B of EN 1991-1-2.

(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:

– for side  $m$  :

– for side  $n$ :

where:

$m$  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:

– for the 'forced draught' condition:

where:

$w_i$  is the width of the opening;

$s$  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 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' or 'forced draught' condition as appropriate, at a distance  $l$  from the opening, measured along the flame axis, as follows:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря":

$$l = h / 2 , \quad (B.17a)$$

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря":

для балки, що розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку над прорізом:

$$l = 0 , \quad (B.17b)$$

для балки, що розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку між прорізами  $l$  – відстань вздовж осі полум'я до точки на горизонталі  $s$  від стіни протипожежного відсіку. Якщо дашок або балкон над прорізом відсутні:

$$l = s X / x , \quad (B.17c)$$

де  $X$  та  $x$  визначені в додатку В EN 1991-1-2.

– for the 'no forced draught' condition:

– for the 'forced draught' condition:

for a beam parallel to the external wall of the fire compartment, above an opening:

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:

where  $X$  and  $x$  are as given in annex B of EN 1991-1-2.

#### **В.3.4 Коефіцієнт поглинання полум'я**

(1) Для умови "невимушеної (природної) тяги повітря" коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  дорівнює нулю.

(2) Для умови "штучної (примусової) тяги повітря" коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  дорівнює коефіцієнту випромінювання  $\varepsilon_z$  відповідного полум'я (див. В.3.2).

#### **B.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 Колона, охоплена полум'ям**

(1) Радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають з виразу:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)} , \quad (B.18)$$

Тут

With

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

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

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

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

де

$I_{z,i}$  – радіаційний тепловий потік від полум'я до  $i$ -ї грані колони;

$\varepsilon_{z,i}$  – коефіцієнт випромінювання полум'я  $i$ -ї грані колони;

$i$  – позначка грані колони 1, 2, 3 або 4;

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;

$C_i$  – коефіцієнт захисту  $i$ -ї поверхні конструкції (див. В.1.4);

$T_z$  – температура полум'я, К;

$T_o$  – температура полум'я в прорізі, К, згідно з додатком В EN 1991-1-2.

(2) Коефіцієнт випромінювання полум'я  $\varepsilon_{z,i}$  для граней 1, 2, 3 та 4 колони визначають з виразу  $\varepsilon$  згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи ширину полум'я  $\lambda$ , що дорівнює розміру  $\lambda_j$ , який відповідає  $i$ -й грані колони на рисунку В.6.

(3) Для умови "невимушеної (природної) тяги повітря" використовують значення  $\lambda_j$  на рівні верху прорізу (рисунок В.6(a)).

(4) Для умови "штучної (примусової) тяги повітря", якщо вісь полум'я та вісь колони перетинаються нижче рівня верху прорізу, використовують значення  $\lambda_j$  на рівні прорізу перетину осей (рисунок В.6(b)(1)). Інакше використовують значення  $\lambda_j$  на рівні верху прорізу (рисунок В.6(b)(2), окрім того, коли  $\lambda_4 < 0$  на цьому рівні, використовують значення на рівні, де  $\lambda_4 = 0$  .

(5) Температуру полум'я  $T_z$  приймають як температуру на осі полум'я, що визначена з виразу для  $T_z$  згідно з додатком В EN 1991-1-2 для умов "невимушеної (природної) тяги повітря" або "штучної (примусової) тяги повітря" відповідно, на відстані  $l$  від прорізу, вимірній вздовж осі полум'я:

– для умови "невимушеної (природної) тяги повітря":

$$l = h / 2 , \quad (\text{B.19a})$$

– для умови "штучної (примусової) тяги повітря"  $l$  – відстань вздовж осі полум'я до рівня, де вимірюють  $\lambda_j$ . Якщо дашок або балкон над прорізом відсутні:

$$l = (\lambda_3 + 0,5d_1)X / x , \quad (\text{B.19b})$$

але  $l \leq 0,5hX / z$

де  $h$ ,  $X$ ,  $x$  та  $z$  визначені в додатку В EN 1991-1-2.

(6) Коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  визначають з виразу:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} , \quad (\text{B.20})$$

де  $\varepsilon_{z,1}$ ,  $\varepsilon_{z,2}$  та  $\varepsilon_{z,3}$  – коефіцієнти поглинання полум'я для граней колони 1, 2 та 3.

$C_i$  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.

(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  $\lambda_j$  indicated in figure B.6 corresponding to face  $i$  of the column.

(3) For the 'no forced draught' condition the values of  $\lambda_j$  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  $\lambda_j$  at the level of the intersection should be used, see figure B.6(b)(1). Otherwise the values of  $\lambda_j$  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:

– for the 'no forced draught' condition:

– for the 'forced draught' condition,  $l$  is the distance along the flame axis to the level where  $\lambda_j$  is measured. Provided that there is no balcony or awning above the opening:

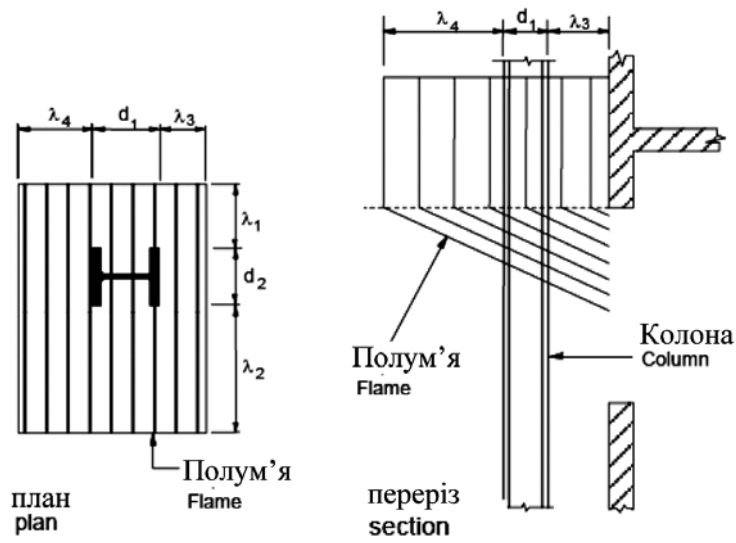
but  $l \leq 0,5hX / z$

where  $h$ ,  $X$ ,  $x$  and  $z$  are as given in annex B of EN 1991-1-2.

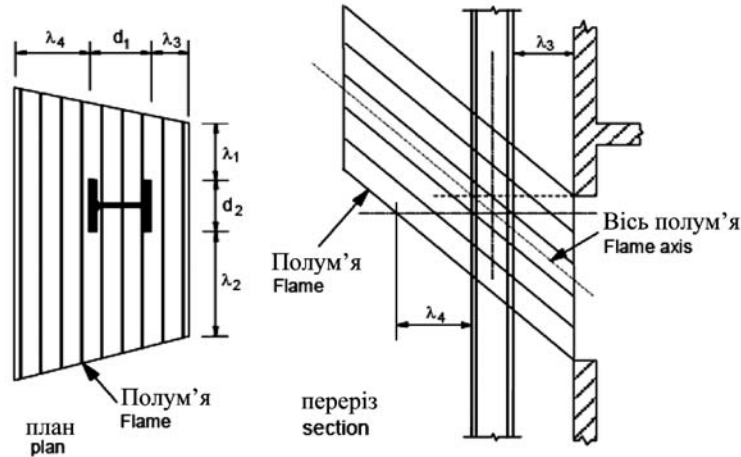
(6) The absorptivity  $a_z$  of the flames should be determined from:

where  $\varepsilon_{z,1}$ ,  $\varepsilon_{z,2}$  and  $\varepsilon_{z,3}$  are the emissivities of the flame for column faces 1, 2, and 3.

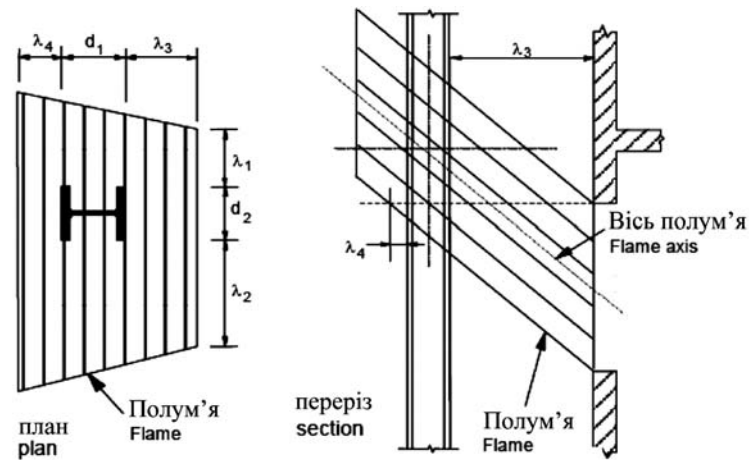
а – умова "невимушеної (природної) тяги повітря"  
 'No forced draught' condition



б – умова "штучної (примусової) тяги повітря"  
 'Forced draught' condition



1) Вісь полум'я перетинає вісь колони нижче верху прорізу  
 Flame axis intersects column axis below top of opening



2) Вісь полум'я перетинає вісь колони над верхом прорізу  
 Flame axis intersects column axis above top of opening

Рисунок В.6 – Колона, охоплена полум'ям  
 Figure B.6 – Column engulfed in flame



## **В.5 Балка, що повністю або частково охоплена полум'ям**

### **В.5.1 Радіаційний теплообмін**

#### **В.5.1.1 Загальні вимоги**

(1) В цьому розділі прийнято, що рівень низу балки розташовано не нижче рівня верху сусідніх прорізів протипожежного відсіку.

(2) Слід розрізняти балки, що розташовані паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, та балки, що розташовані перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку (рисунок В.7).

(3) Якщо балка розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, середню температуру сталеві конструкції  $T_m$  визначають у точці вздовж балки прямо над центром прорізу.

(4) Якщо балка розташована перпендикулярно до зовнішньої стіни протипожежного відсіку, середню температуру балки визначають у ряді точок, що розташовані вздовж балки через 100 мм. Середня температура сталеві конструкції  $T_m$  дорівнює максимальному з цих значень.

(5) Радіаційний тепловий потік  $I_z$  від полум'я визначають з виразу:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)}, \quad (\text{B.21})$$

де

$I_{z,i}$  – радіаційний тепловий потік від полум'я до  $i$ -ї грані колони;

$i$  – позначка грані колони 1, 2, 3 або 4.

## **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) 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 steel member  $T_m$ .

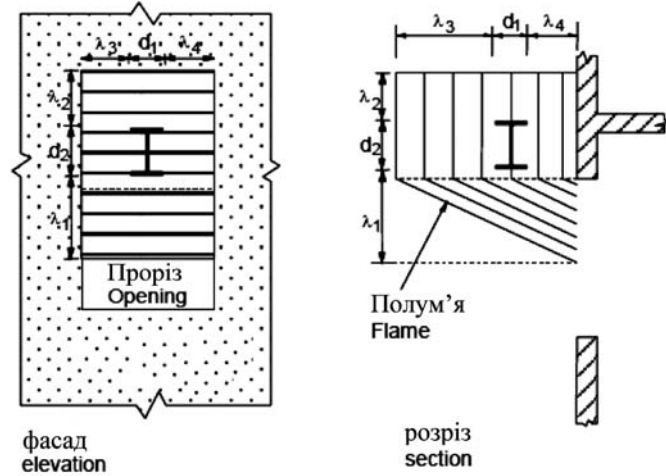
(5) The radiative heat flux  $I_z$  from the flame should be determined from:

where:

$I_{z,i}$  is the radiative heat flux from the flame to column face  $i$ ;

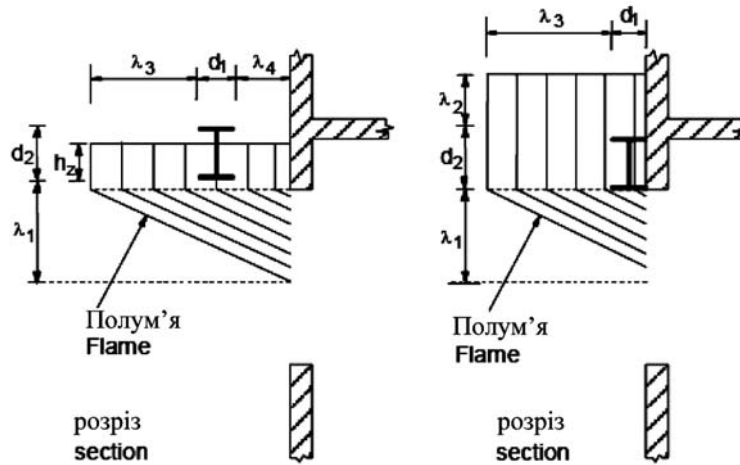
$i$  is the column face indicator 1, 2, 3 or 4.

**а – умова "невимушеної (природної) тяги повітря"**  
**'No forced draught' condition**



1) балка перпендикулярно до стіни  
 Beam perpendicular to wall

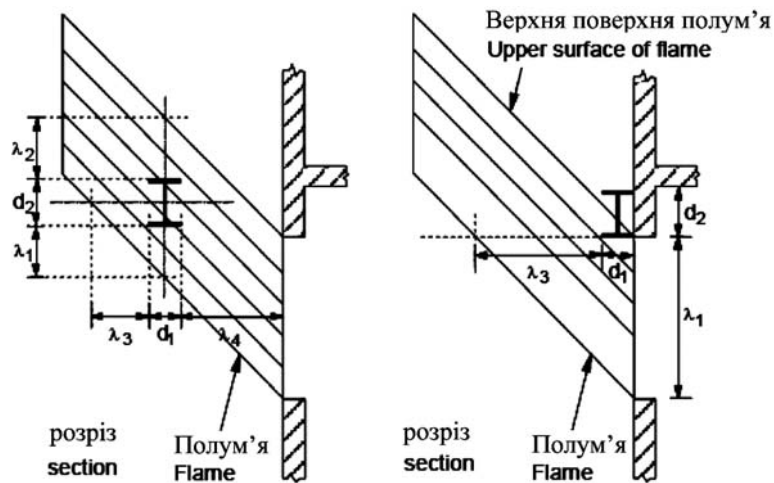
2) балка паралельно стіні  
 Beam parallel to wall



3) вершина полум'я нижче верху балки  
 Top of flame below top of beam

4) балка прилегла до стіни  
 Beam immediately adjacent to wall

**б – умова "штучної (примусової) тяги повітря"**  
**'Forced draught' condition**



1) балка не прилегла до стіни

2) балка прилегла до стіни

**Рисунок В.7 – Балка, охоплена полум'ям**  
**Figure B.7 – Beam engulfed in flame**

**B.5.1.2 Умова "невимушеної (природної) тяги повітря"**

(1) Для умови "невимушеної (природної) тяги повітря" розрізняють випадки, коли вершина полум'я вище рівня верху балки та коли вершина полум'я нижче цього рівня.

(2) Якщо вершина полум'я вище рівня верху балки, застосовують 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

$I_{z,i}$  – коефіцієнт випромінювання полум'я  $i$ -ї грані колони (див. B.5.2);

$T_o$  – температура в прорізі, К, згідно з додатком В EN 1991-1-2;

$T_{z,1}$  – температура полум'я, К, згідно з додатком В EN 1991-1-2, рівень низу балки;

$T_{z,2}$  – температура полум'я, К, згідно з додатком В EN 1991-1-2, рівень верху балки.

(3) Для балки, що розташована паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку,  $C_4$  дорівнює нулю, якщо балка безпосередньо прилегла до стіни (рисунок В.7).

(4) Якщо вершина полум'я нижче рівня верху балки, застосовують 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 язика полум'я, 813 К;

$h_z$  – висота язика полум'я вище низу балки.

**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:

$I_{z,i}$  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 to the wall, see figure B.7.

(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 the bottom of the beam.

### **В.5.1.3 Умова "штучної (примусової) тяги повітря"**

(1) Для умови "штучної (примусової) тяги повітря" серед балок, що розташовані паралельно зовнішній стіні протипожежного відсіку, розрізняють суміжні та не суміжні зі стіною.

**Примітка.** Зображення наведено на рисунку В.7.

(2) Для балки, що розташована паралельно стіні, але не суміжна з нею або балки, що розташована перпендикулярно до стіни, застосовують 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) Для балки, що розташована паралельно стіні та суміжна з нею, лише нижня полиця розглядається як охоплена полум'ям, а одна зі сторін та верх балки зазнають радіаційного теплообміну з верхньою поверхнею полум'я (рисунки 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  $\phi_{z,i}$  – коефіцієнт форми  $i$ -ї грані балки для верхньої поверхні полум'я згідно з додатком G EN 1991-1-2.

### **В.5.2 Коефіцієнт випромінювання полум'я**

(1) Коефіцієнт випромінювання полум'я  $\varepsilon_{z,i}$  для кожної з граней 1, 2, 3 та 4 балки визначають з виразу  $\varepsilon$  згідно з додатком В EN 1991-1-2, використовуючи ширину полум'я  $\lambda$ , що дорівнює розміру  $\lambda_i$ , який відповідає  $i$ -й грані балки на рисунку В.7.

### **В.5.3 Коефіцієнт поглинання полум'я**

(1) Коефіцієнт поглинання полум'я  $a_z$  визначають з виразу:

$$a_z = 1 - e^{-0,3h}. \quad (\text{B.26})$$

### **В.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 EN 1991-1-2.

### **В.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 Flame absorptivity**

(1) The absorptivity of the flame  $a_z$  should be determined from:

## НЕРЖАВІЮЧА СТАЛЬ

### С.1 Загальні вимоги

(1) В цьому додатку наведено теплофізичні та механічні властивості нержавіючих сталей 1.4301, 1.4401, 1.4571, 1.4003 та 1.4462.

**Примітка.** Для інших нержавіючих сталей згідно з EN 1993-1-4 можна прийняти механічні властивості, що наведені в 3.2. Теплофізичні властивості можна прийняти згідно з цим додатком.

(2) Значення механічних властивостей, що наведені в цьому додатку, приймають як характеристичні.

(3) Механічні властивості сталі за температури 20 °С приймають такі, що наведені в EN 1993-1-4 для розрахунку за нормальної температури.

### С.2 Механічні властивості сталі

#### С.2.1 Міцність та деформаційні властивості

(1) Для швидкостей нагрівання від 2 К/хв до 50 К/хв міцність та деформаційні властивості нержавіючої сталі за підвищених температур визначають з діаграми "напруження-деформації", що наведена на рисунку С.1.

**Примітка.** Для правил цього стандарту прийнято, що режими нагрівання знижуються у визначених межах.

(2) Цю діаграму використовують для визначення опору на розтяг, стиск, дії моменту та поперечної сили.

(3) Таблиця С.1 вказує коефіцієнти зниження відносно відповідного значення для 20 °С для діаграми "напруження-деформації" декількох нержавіючих сталей за підвищеної температури так:

– нахил лінійної пружної гілки відносно нахилу за температури 20 °С:

$$k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a,$$

– умовна границя текучості відносно границі текучості за температури 20 °С:

$$k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y,$$

– границя міцності на розрив відносно границі міцності на розрив за температури 20 °С:

$$k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u.$$

## STAINLESS STEEL

### C.1 General

(1) The thermal and mechanical properties of following stainless are given in this annex: 1.4301, 1.4401, 1.4571, 1.4003 and 1.4462.

**Note:** For other stainless steels according to EN 1993-1-4 the mechanical properties given in 3.2 may be used. The thermal properties may be taken from this annex.

(2) The values of material properties given in this annex should be treated as characteristic.

(3) The mechanical properties of steel at 20 °C should be taken as those given in EN 1993-1-4 for normal temperature design.

### C.2 Mechanical properties of steel

#### C.2.1 Strength and deformation properties

(1) For heating rates between 2 and 50 K/min, the strength and deformation properties of stainless steel at elevated temperatures should be obtained from the stress-strain relationship given in figure C.1.

**Note:** For the rules of this standard it is assumed that the heating rates fall within the specified limits.

(2) This relationship should be used to determine the resistances to tension, compression, moment or shear.

(3) Table C.1 gives reduction factors, relative to the appropriate value at 20 °C, for the stress-strain relationship of several stainless steels at elevated temperatures as follows:

– slope of linear elastic range, relative to slope at 20 °C:

– proof strength, relative to yield strength at 20 °C:

– tensile strength, relative to tensile strength at 20 °C:

(4) Для використання спрощених розрахункових методів таблиця С.1 встановлює поправочний коефіцієнт  $k_{2\%,\theta}$  визначення границі текучості:

$$f_{y,\theta} = f_{0,2p,\theta} + k_{2\%,\theta} (f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta}) . \quad (C.1)$$

(5) Для використання уточнених розрахункових методів таблиця С.2 встановлює додаткові значення для діаграми "напруження-деформації" декількох нержавіючих сталей за підвищеної температури так:

– нахил умовної границі текучості відносно нахилу за температури 20 °С:

$$k_{Ect,\theta} = E_{ct,\theta} / E_a ,$$

– гранична деформація:

$$\varepsilon_{u,\theta} .$$

### **С.2.2 Густина**

(1) Густина сталі  $\rho_a$  вважають незалежною від температури сталі. Прийнято таке значення:

$$\rho_a = 7850 \text{ кг/м}^3 .$$

(4) For the use of simple calculation methods table C.1 gives the correction factor  $k_{2\%,\theta}$  for the determination of the yield strength using:

(5) For the use of advanced calculation methods table C.2 gives additional values for the stress-strain relationship of several stainless steels at elevated temperatures as follows:

– slope at proof strength, relative to slope at 20 °С:

– ultimate strain:

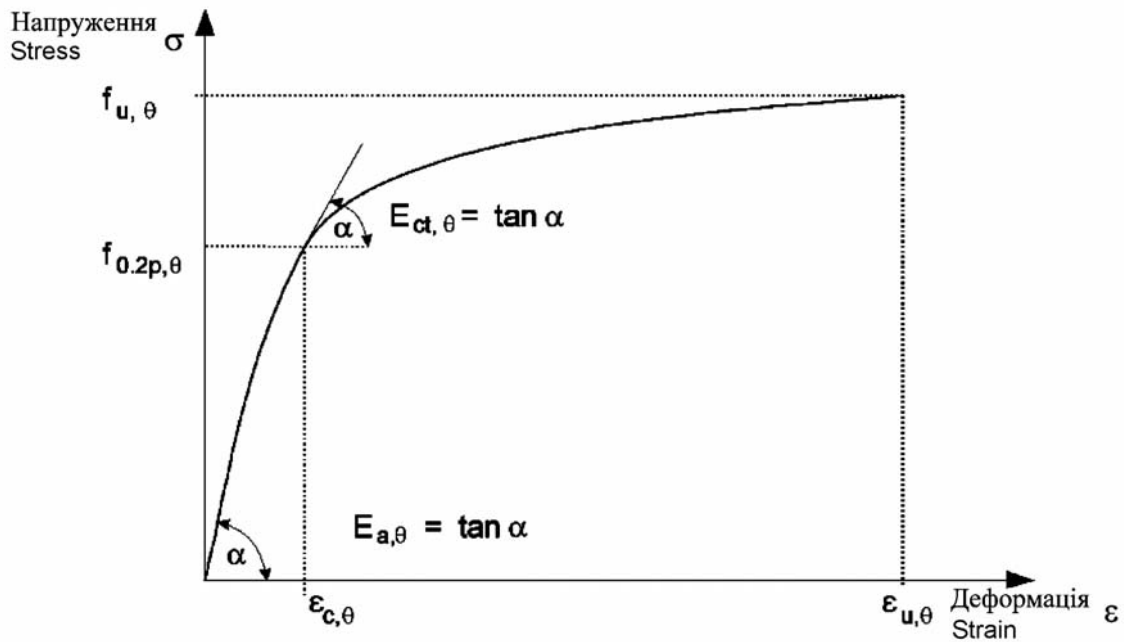
### **C.2.2 Unit mass**

(1) The unit mass of steel  $\rho_a$  may be considered to be independent of the steel temperature. The following value may be taken:

$$\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3 .$$



Стадії деформування Strain range	Напруження Stress $\sigma$	Початковий модуль Tangent modulus $E_t$
$\varepsilon \leq \varepsilon_{c,\theta}$	$\frac{E \cdot \varepsilon}{1 + a \cdot \varepsilon^b}$	$\frac{E(1 + a \cdot \varepsilon^b - a \cdot b \cdot \varepsilon^b)}{(1 + a \cdot \varepsilon^b)^2}$
$\varepsilon_{c,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{0,2p,\theta} - e + (d/c) \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}$	$\frac{d + (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$
Параметри Parameters	$\varepsilon_{c,\theta} = f_{0,2p,\theta} / E_{a,\theta} + 0,002$	
Функції Functions	$a = \frac{E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} - f_{0,2p,\theta}}{f_{0,2p,\theta} \varepsilon_{c,\theta}^b}$	$b = \frac{(1 - \varepsilon_{c,\theta} E_{ct,\theta} / f_{0,2p,\theta}) E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta}}{(E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} / f_{0,2p,\theta} - 1) f_{0,2p,\theta}}$
	$c^2 = (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) \left( \varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta} + \frac{e}{E_{ct,\theta}} \right)$	$d^2 = e(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} + e^2$
	$e = \frac{(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})^2}{(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} - 2(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})}$	



$f_{u,\theta}$  – границя міцності на розрив is tensile strength;  $f_{0,2p,\theta}$  – умовна границя текучості для 0,2 % пластичної деформації (is the proof strength at 0.2 % plastic strain);  $E_{a,\theta}$  – нахил лінійної пружної гілки (is the slope of the linear elastic range);  $E_{ct,\theta}$  – нахил для умовної границі текучості (is the slope at proof strength);  $\varepsilon_{c,\theta}$  – повна деформація для умовної границі текучості (is the total strain at proof strength);  $\varepsilon_{u,\theta}$  – гранична деформація (is the ultimate strain).

**Рисунок С.1** – Діаграма "напруження-деформації" для нержавіючої сталі за підвищеної температури

**Figure C.1** – Stress-strain relationship for stainless steel at elevated temperatures

**Таблиця С.1** – Коефіцієнти для визначення деформації та жорсткості за підвищеної температури  
**Table C.1:** Factors for determination of strain and stiffness of stainless steel at elevated temperatures

Температура сталі Steel Temperature $\theta_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $E_a$ ) для нахилу лінійної пружної гілки Reduction factor (relative to $E_a$ ) for the slope of the linear elastic range $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_y$ ) для умовної границі текучості Reduction factor (relative to $f_y$ ) for proof strength $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_u$ ) для границі міцності на розрив Reduction factor (relative to $f_u$ ) for tensile strength $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$	Коефіцієнти для визначення границі текучості Factor for determination of the yield strength $f_{y,\theta}$ $k_{2\%,\theta}$
<b>Марка (Grade) 1.4301</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,26
100	0,96	0,82	0,87	0,24
200	0,92	0,68	0,77	0,19
300	0,88	0,64	0,73	0,19
400	0,84	0,60	0,72	0,19
500	0,80	0,54	0,67	0,19
600	0,76	0,49	0,58	0,22
700	0,71	0,40	0,43	0,26
800	0,63	0,27	0,27	0,35
900	0,45	0,14	0,15	0,38
1000	0,20	0,06	0,07	0,40
1100	0,10	0,03	0,03	0,40
1200	0,00	0,00	0,00	0,40
<b>Марка (Grade) 1.4401 / 1.4404</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,24
100	0,96	0,88	0,93	0,24
200	0,92	0,76	0,87	0,24
300	0,88	0,71	0,84	0,24
400	0,84	0,66	0,83	0,21
500	0,80	0,63	0,79	0,20
600	0,76	0,61	0,72	0,19
700	0,71	0,51	0,55	0,24
800	0,63	0,40	0,34	0,35
900	0,45	0,19	0,18	0,38
1000	0,20	0,10	0,09	0,40
1100	0,10	0,05	0,04	0,40
1200	0,00	0,00	0,00	0,40
<b>Марка (Grade) 1.4571</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,25
100	0,96	0,89	0,88	0,25
200	0,92	0,83	0,81	0,25
300	0,88	0,77	0,80	0,24
400	0,84	0,72	0,80	0,22

Кінець таблиці С.1

Температура сталі Steel Temperature $\theta_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $E_a$ ) для нахилу лінійної пружної гілки Reduction factor (relative to $E_a$ ) for the slope of the linear elastic range $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_y$ ) для умовної границі текучості Reduction factor (relative to $f_y$ ) for proof strength $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_u$ ) для границі міцності на розрив Reduction factor (relative to $f_u$ ) for tensile strength $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$	Коефіцієнти для визначення границі текучості Factor for determination of the yield strength $f_{y,\theta}$ $k_{2\%,\theta}$
500	0,80	0,69	0,77	0,21
600	0,76	0,66	0,71	0,21
700	0,71	0,59	0,57	0,25
800	0,63	0,50	0,38	0,35
900	0,45	0,28	0,22	0,38
1000	0,20	0,15	0,11	0,40
1100	0,10	0,075	0,055	0,40
1200	0,00	0,00	0,00	0,40
<b>Марка (Grade) 1.4003</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,37
100	0,96	1,00	0,94	0,37
200	0,92	1,00	0,88	0,37
300	0,88	0,98	0,86	0,37
400	0,84	0,91	0,83	0,42
500	0,80	0,80	0,81	0,40
600	0,76	0,45	0,42	0,45
700	0,71	0,19	0,21	0,46
800	0,63	0,13	0,12	0,47
900	0,45	0,10	0,11	0,47
1000	0,20	0,07	0,09	0,47
1100	0,10	0,035	0,045	0,47
1200	0,00	0,00	0,00	0,47
<b>Марка (Grade) 1.4462</b>				
20	1,00	1,00	1,00	0,35
100	0,96	0,91	0,93	0,35
200	0,92	0,80	0,85	0,32
300	0,88	0,75	0,83	0,30
400	0,84	0,72	0,82	0,28
500	0,80	0,65	0,71	0,30
600	0,76	0,56	0,57	0,33
700	0,71	0,37	0,38	0,40
800	0,63	0,26	0,29	0,41
900	0,45	0,10	0,12	0,45
1000	0,20	0,03	0,04	0,47
1100	0,10	0,015	0,02	0,47
1200	0,00	0,00	0,00	0,47

**Таблиця С.2** – Коефіцієнт зниження та гранична деформація для використання уточнених розрахункових методів

**Table C.2:** Reduction factor and ultimate strain for the use of advanced calculation methods

Температура сталі Steel Temperature $\theta_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $E_a$ ) для нахилу лінійної пружної гілки Reduction factor (relative to $E_a$ ) for the slope of the linear elastic range $k_{E_{ct,\theta}} = E_{ct,\theta} / E_a$	Гранична деформація Ultimate strain $\varepsilon_{u,\theta}$ [-]
<b>Марка (Grade) 1.4301</b>		
20	0,11	0,40
100	0,05	0,40
200	0,02	0,40
300	0,02	0,40
400	0,02	0,40
500	0,02	0,40
600	0,02	0,35
700	0,02	0,30
800	0,02	0,20
900	0,02	0,20
1000	0,02	0,20
1100	0,02	0,20
1200	0,02	0,20
<b>Марка (Grade) 1.4401 / 1.4404</b>		
20	0,050	0,40
100	0,049	0,40
200	0,047	0,40
300	0,045	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40
600	0,020	0,40
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1000	0,020	0,20
1100	0,020	0,20
1200	0,020	0,20
<b>Марка (Grade) 1.4571</b>		
20	0,060	0,40
100	0,060	0,40
200	0,050	0,40
300	0,040	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40

## Кінець таблиці С.2

Температура сталі Steel Temperature $\theta_a$	Коефіцієнт зниження (відносно $E_a$ ) для нахилу лінійної пружної гілки Reduction factor (relative to $E_a$ ) for the slope of the linear elastic range $k_{E_{ct,\theta}} = E_{ct,\theta} / E_a$	Гранична деформація Ultimate strain $\varepsilon_{u,\theta}$ [-]
600	0,020	0,35
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1000	0,020	0,20
1100	0,020	0,20
1200	0,020	0,20
<b>Марка (Grade) 1.4003</b>		
20	0,055	0,20
100	0,030	0,20
200	0,030	0,20
300	0,030	0,20
400	0,030	0,15
500	0,030	0,15
600	0,030	0,15
700	0,030	0,15
800	0,030	0,15
900	0,030	0,15
1000	0,030	0,15
1100	0,030	0,15
1200	0,030	0,15
<b>Марка (Grade) 1.4462</b>		
20	0,100	0,20
100	0,070	0,20
200	0,037	0,20
300	0,035	0,20
400	0,033	0,20
500	0,030	0,20
600	0,030	0,20
700	0,025	0,15
800	0,025	0,15
900	0,025	0,15
1000	0,025	0,15
1100	0,025	0,15
1200	0,025	0,15

### C.3 Теплофізичні властивості

#### C.3.1 Теплове видовження

(1) Теплове видовження аустенітної нержавіючої сталі  $\Delta l / l$  визначають так:

$$\Delta l / l = (16 + 4,79 \times 10^{-3} \theta_a - 1,243 \times 10^{-6} \theta_a^2) \times (\theta_a - 20) 10^{-6}, \quad (C.21)$$

де

$l$  – довжина за температури 20 °C;

$\Delta l$  – теплове видовження;

$\theta_a$  – температура сталі, °C.

**Примітка.** Зміну відносного теплового видовження залежно від температури зображено на рисунку C.2.

### C.3 Thermal properties

#### C.3.1 Thermal elongation

(1) The thermal elongation of austenitic stainless steel  $\Delta l / l$  may be determined from the following:

$$\Delta l / l = (16 + 4,79 \times 10^{-3} \theta_a - 1,243 \times 10^{-6} \theta_a^2) \times (\theta_a - 20) 10^{-6}, \quad (C.21)$$

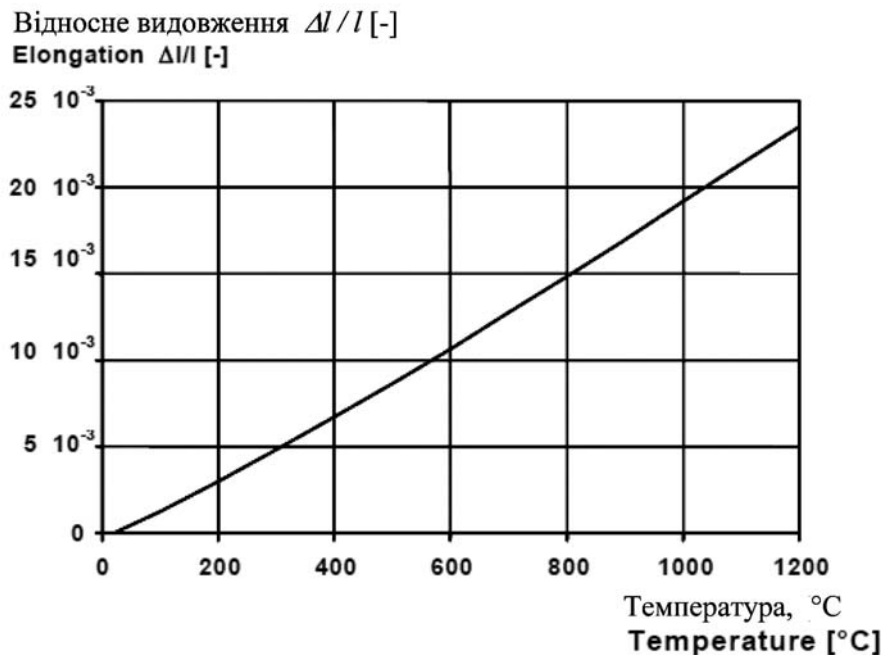
where:

$l$  is the length at 20 °C;

$\Delta l$  is the temperature induced expansion;

$\theta_a$  is the steel temperature [°C].

**Note:** The variation of the thermal elongation with temperature is illustrated in figure C.2.



**Рисунок C.2** – Теплове видовження нержавіючої сталі залежно від температури  
**Figure C.2** – Thermal elongation of stainless steel as a function of the temperature

#### C.3.2 Питома теплоємність

(1) Питому теплоємність нержавіючої сталі  $c_a$  визначають так:

$$c_a = 450 + 0,280 \times \theta_a - 2,91 \times 10^{-4} \theta_a^2 + 1,34 \times 10^{-7} \theta_a^3, \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \text{ (J/kg K)} \quad (C.2)$$

де  $\theta_a$  – температура сталі, C.

**Примітка.** Зміну питомої теплоємності залежно від температури зображено на рисунку C.3.

#### C.3.2 Specific heat

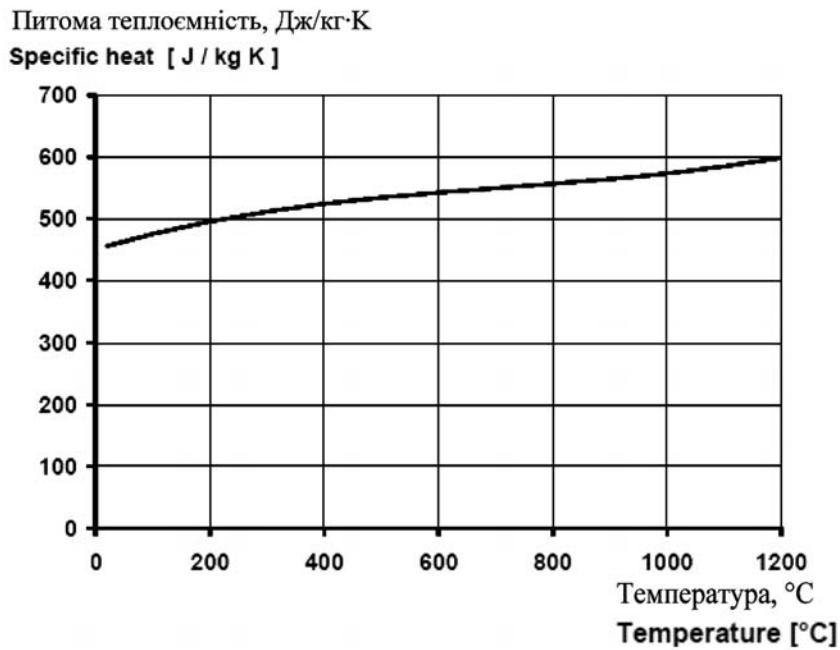
(1) The specific heat of stainless steel  $c_a$  may be determined from the following:

$$c_a = 450 + 0,280 \times \theta_a - 2,91 \times 10^{-4} \theta_a^2 + 1,34 \times 10^{-7} \theta_a^3, \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \text{ (J/kg K)} \quad (C.2)$$

where:  $\theta_a$  is the steel temperature [°C].

**Note:** The variation of the specific heat with temperature is illustrated in figure C.3.





**Рисунок С.3** – Питома теплоємність нержавіючої сталі залежно від температури  
**Figure C.3** – Specific heat of stainless steel as a function of the temperature

### С.3.3 Теплопровідність

(1) Теплопровідність нержавіючої сталі  $\lambda_a$  визначають так:

$$\lambda_a = 14,6 + 1,27 \times 10^{-2} \theta_a, \text{ Вт/м} \cdot \text{К (W/mK)}, \quad (\text{C.3})$$

де  $\theta_a$  – температура сталі, °C.

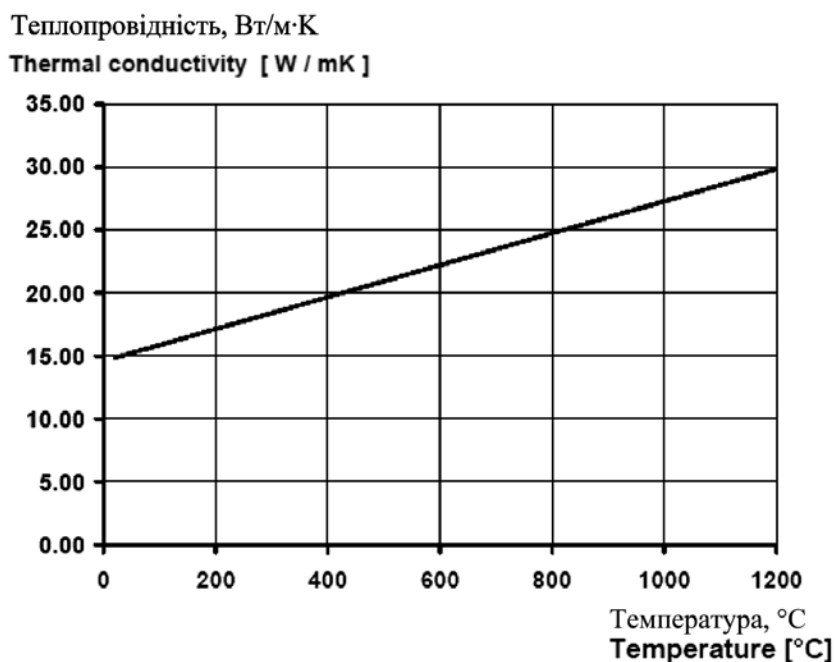
**Примітка.** Зміну теплопровідності залежно від температури зображено на рисунку С.4.

### С.3.3 Thermal conductivity

(1) The thermal conductivity of stainless steel  $\lambda_a$  may be determined from the following:

where:  $\theta_a$  is the steel temperature [°C].

**Note:** The variation of the thermal conductivity with temperature is illustrated in figure C.4.



**Рисунок С.4** – Теплопровідність нержавіючої сталі залежно від температури  
**Figure C.4** – Thermal conductivity of stainless steel as a function of the temperature

**З'ЄДНАННЯ**

**D.1 Болтові з'єднання**

(1) Руйнування робочого перерізу в прорізах для з'єднань не розглядається за умови, що з'єднання є в кожному прорізі, оскільки температура сталі з'єднань нижча через наявність додаткового матеріалу.

**D1.1 Розрахунковий опір болтів на зріз**

**D1.1.1 Категорія А: несучий тип**

(1) Розрахунковий опір болтів під час пожежі, що навантажені поперечною силою, визначають з виразу:

$$F_{V,t,Rd} = F_{V,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (D.1)$$

де

$k_{b,\dots}$  – коефіцієнт зниження, що визначений з таблиці D.1 для відповідної температури болта;  
 $F_{V,Rd}$  – розрахунковий опір на зріз болта на площину зрізу, визначений за умови, що площа зрізу проходить через різьбу болта (таблиця 3.4 EN 1993-1-8);

$\gamma_{M2}$  – коефіцієнт надійності для нормальної температури;

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

(2) Розрахунковий опір болтів під час пожежі визначають з виразу:

$$F_{b,t,Rd} = F_{b,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (D.2)$$

де

$F_{b,Rd}$  – визначають з таблиці 3.4 EN1993-1.8;

$k_{b,\dots}$  – коефіцієнт зниження, що визначений з таблиці D.1 для відповідної температури болта.

**JOINTS**

**D.1 Bolted joints**

(1) Net-section failure at fastener holes need not be considered, provided that there is a fastener in each hole, because the steel temperature is lower at joints due to the presence of additional material.

**D1.1 Design Resistance of Bolts in Shear**

**D1.1.1 Category A: Bearing Type**

(1) The fire design resistance of bolts loaded in shear should be determined from:

where

$k_{b,\dots}$  is the reduction factor determined for the appropriate bolt temperature from Table D.1;

$F_{V,Rd}$  is the design shear resistance of the bolt per shear plane calculated assuming that the shear plane passes through the threads of the bolt (table 3.4 of EN 1993-1-8);

$\gamma_{M2}$  is the partial factor at normal temperature;

$\gamma_{M,fi}$  is the partial factor for fire conditions.

(2) The design bearing resistance of bolts in fire should be determined from:

where

$F_{b,Rd}$  is determined from table 3.4 EN1993-1.8;

$k_{b,\dots}$  is the reduction factor determined for the appropriate bolt temperature from Table D.1.

**Таблиця D.1** – Коефіцієнт зниження міцності для болтів та зварних швів

**Table D.1:** Strength Reduction Factors for Bolts and Welds

Температура Temperature $\theta_a$	Коефіцієнт зниження для болтів $k_{b,\dots}$ (Розтяг та зріз) Reduction factor for bolts, $k_{b,\dots}$ (Tension and shear)	Коефіцієнт зниження для зварних швів Reduction factor for welds, $k_{w,\dots}$
20	1,000	1,000
100	0,968	1,000
150	0,952	1,000
200	0,935	1,000
300	0,903	1,000
400	0,775	0,876
500	0,550	0,627
600	0,220	0,378
700	0,100	0,130
800	0,067	0,074
900	0,033	0,018
1000	0,000	0,000

**D.1.1.2 Категорія В:** опір ковзанню за експлуатаційної придатності та категорія С: опір ковзанню для граничного стану

(1) Опір ковзанню з'єднань розглядався як просковзування під час пожежі та опір одного болта визначають як для несучого типу болта (див. D.1.1.1).

**D1.2 Розрахунковий опір болтів на розтяг**

**D1.2.1 Категорії D та E:** попередньо ненавантажені та попередньо навантажені болти

(1) Розрахунковий опір на розтяг одного болта під час пожежі визначають з виразу:

$$F_{ten,t,Rd} = F_{t,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (D.3)$$

де  $F_{t,Rd}$  – визначають з таблиці 3.4 EN 1993-1-8;  $k_{b,\dots}$  – коефіцієнт зниження, що визначений з таблиці D.1 для відповідної температури болта.

**D1.1.2 Category B:** Slip resistance at serviceability and category C Slip resistance at ultimate state

(1) Slip resistant joints should be considered as having slipped in fire and the resistance of a single bolt should be determined as for bearing type bolts, see D1.1.1.

**D1.2 Design Resistance of Bolts in Tension**

**D1.2.1 Category D and E:** Non-preloaded and preloaded bolts

(1) The design tension resistance of a single bolt in fire should be determined from:

where  $F_{t,Rd}$  is determined from table 3.4 of EN 1993-1-8;  $k_{b,\dots}$  is the reduction factor determined for the appropriate bolt temperature from Table D.1

## D.2 Розрахунковий опір зварних швів

### D.2.1 Зварні з'єднання в стик

(1) Розрахункова міцність повністю проплавленого зварного з'єднання в стик для температури до 700 °C дорівнює міцності найслабшої з'єднаної частини, використовуючи відповідні коефіцієнти зниження для конструкційної сталі. Для температури > 700 °C коефіцієнти зниження, наведені для кутових зварних швів, також застосовують для зварних з'єднань в стик.

### D.2.2 Кутові зварні шви

(1) Розрахунковий опір на одиницю довжини кутового зварного шва під час пожежі визначають з виразу:

$$F_{w,t,Rd} = F_{w,Rd} k_{w,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (D.4)$$

де

$k_{w,\dots}$  – визначено з таблиці D.1 для відповідної температури зварного шва;

$F_{w,Rd}$  – визначено з розділу 4.5.3. EN 1 993-1-8.

## D.3 Температура з'єднань під час пожежі

### D.3.1 Загальні вимоги

(1) Температуру з'єднання приймають, використовуючи локальне значення  $A/V$  для частин з'єднання.

(2) Як спрощення температуру з'єднання приймають рівномірно розподіленою; температуру визначають, використовуючи максимальне значення співвідношення  $A/V$  з'єднаних сталевих конструкцій, що розташовані близько до з'єднання.

(3) Для з'єднань балки з колоною та балки з балкою, якщо на балки спирається бетонне перекриття будь-якого типу, температуру з'єднання визначають із температури нижньої полиці в середині прольоту.

(4) При застосуванні методу з 4.2.5 температури частин з'єднання визначають так:

а) якщо висота балки менше або дорівнює 400 мм

$$\theta_h = 0,88\theta_o [1 - 0,3(h/D)], \quad (D.5)$$

де

$\theta_h$  – температура по висоті  $h$ , мм, сталевій балки (рисунок D.1);

## D.2 Design Resistance of Welds

### D2.1 Butt Welds

(1) The design strength of a full penetration butt weld, for temperatures up to 700 °C, should be taken as equal to the strength of the weaker part joined using the appropriate reduction factors for structural steel. For temperatures > 700 °C the reduction factors given for fillet welds can also be applied to butt welds.

### D2.2 Fillet Welds

(1) The design resistance per unit length of a fillet weld in fire should be determined from:

where

$k_{w,\dots}$  is obtained from Table D.1 for the appropriate weld temperature;

$F_{w,Rd}$  is determined from clause 4.5.3. EN 1993-1-8.

## D.3 Temperature of joints in fire

### D3.1 General

(1) The temperature of a joint may be assessed using the local  $A/V$  value of the parts forming that joint.

(2) As a simplification a uniform distributed temperature may be assessed within the joint; this temperature may be calculated using the maximum value of the ratios  $A/V$  of the connected steel members in the vicinity of the joint.

(3) For beam to column and beam to beam joints, where the beams are supporting any type of concrete floor, the temperature for the joint may be obtained from the temperature of the bottom flange at mid span.

(4) In applying the method in 4.2.5 the temperature of the joint components may be determined as follows:

a) If the depth of the beam is less or equal than 400 mm

where

$\theta_h$  is the temperature at height  $h$  (mm) of the steel beam (Figure D.1);

$\theta_o$  – температура нижньої полиці сталевій балки, віддаленої від з'єднання;

$h$  – висота частини, що розглядається, над низом балки, мм;

$D$  – висота балки, мм;

б) якщо висота балки більше 400 мм:

i) якщо  $h$  менше або дорівнює  $D/2$ ,

$$\theta_h = 0,88\theta_o, \quad (D.6)$$

ii) якщо  $h$  більше  $D/2$ ,

$$\theta_h = 0,88\theta_o [1 + 0,2(1 - 2h / D)], \quad (D.7)$$

де

$\theta_o$  – температура нижньої полиці сталевій балки, віддаленої від з'єднання;

$h$  – висота частини, що розглядається, над низом балки, мм;

$D$  – висота балки, мм.

$\theta_o$  is the bottom flange temperature of the steel beam remote from the joint;

$h$  is the height of the component being considered above the bottom of the beam in (mm);

$D$  is the depth of the beam in (mm).

b) If the depth of the beam is greater than 400 mm

i) When  $h$  is less or equal than  $D/2$

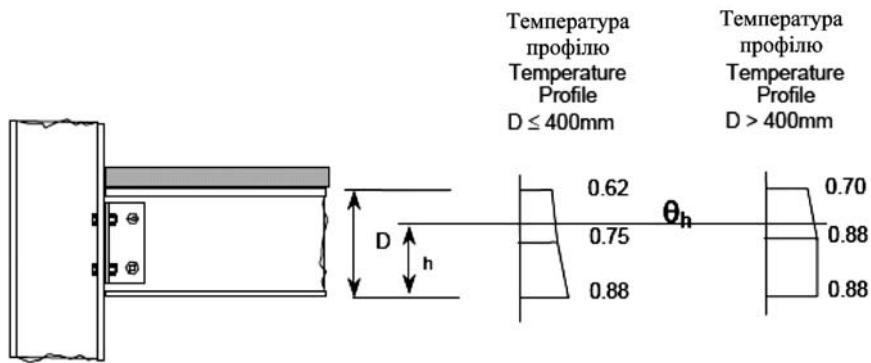
ii) When  $h$  is greater than  $D/2$

where

$\theta_o$  is the bottom flange temperature of the steel beam remote from the joint;

$h$  is the height of the component being considered above the bottom of the beam in (mm);

$D$  is the depth of the beam in (mm).



**Рисунок D.1** – Тепловий градієнт по висоті складного з'єднання  
**Figure D.1** – Thermal gradient within the depth of a composite joint

## ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕРІЗИ КЛАСУ 4

## CLASS 4 CROSS-SECTIONS

### E.1 Уточнені розрахункові моделі

(1) Уточнені розрахункові моделі використовують для проектування поперечних перерізів класу 4, якщо враховані всі ефекти стійкості.

### E.1 Advanced calculation models

(1) Advanced calculation models may be used for the design of class 4 sections when all stability effects are taken into account.

### E.2 Спрощені розрахункові моделі

(1) Міцність конструкцій, що працюють стиск, з поперечним перерізом класу 4 перевіряють за формулами, що наведені в 4.2.3.2, для зігнутих балок – в 4.2.3.4 та для стиснуто-зігнутих конструкцій – у 4.2.3.5, де площу замінюють робочою площею, а момент опору перерізу замінюють розрахунковим моментом опору перерізу.

### E.2 Simple calculation models

(1) The resistance of members with a class 4 cross section should be verified with the equations given in 4.2.3.2 for compression members, in 4.2.3.4 for beams in bending, and in 4.2.3.5 for members subject to bending and axial compression, in which the area is replaced by the effective area and the section modulus is replaced by the effective section modulus.

(2) Розрахункову площу поперечного перерізу та розрахунковий момент опору перерізу визначають відповідно до EN 1993-1-3 та EN 1993-1-5, базуючись на властивостях матеріалу за температури 20 °C.

(2) The effective cross section area and the effective section modulus should be determined in accordance with EN 1993-1-3 and EN 1993-1-5, i.e. based on the material properties at 20 °C.

(3) Для проектування у разі пожежі розрахункову границю текучості сталі приймають як 0,2 відсотка умовної границі текучості. Цю розрахункову границю текучості використовують для визначення опору на розтяг та стиск, дію моменту або поперечної сили.

(3) For the design under fire conditions the design yield strength of steel should be taken as the 0,2 percent proof strength. This design yield strength may be used to determine the resistance to tension, compression, moment or shear.

(4) Коефіцієнти зниження розрахункової границі текучості вуглецевої сталі відносно границі текучості для 20 °C приймають з таблиці E.1:  
– розрахункова границя текучості відносно границі текучості для 20 °C:

(4) Reduction factors for the design yield strength of carbon steels relative to the yield strength at 20 °C may be taken from table E.1:  
– design yield strength, relative to yield strength at 20 °C:

$$k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y;$$

– нахил лінійної пружної гілки відносно нахилу за температури 20 °C:

– slope of linear elastic range, relative to slope at 20 °C:

$$k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a.$$

**Примітка.** Ці коефіцієнти зниження відображені на рисунку E.1.

**Note:** These reductions factors are illustrated in figure E.1.

(5) Коефіцієнти зниження розрахункової границі текучості нержавіючих сталей відносно границі текучості для 20 °C визначають з додатка C.

(5) Reduction factors for the design yield strength of stainless steels relative to the yield strength at 20 °C may be taken from annex C.



**Таблиця Е.1** – Коефіцієнти зниження для вуглецевої сталі для проектування поперечних перерізів класу 4 за підвищених температур  
**Table E.1:** Reduction factors for carbon steel for the design of class 4 sections at elevated temperatures

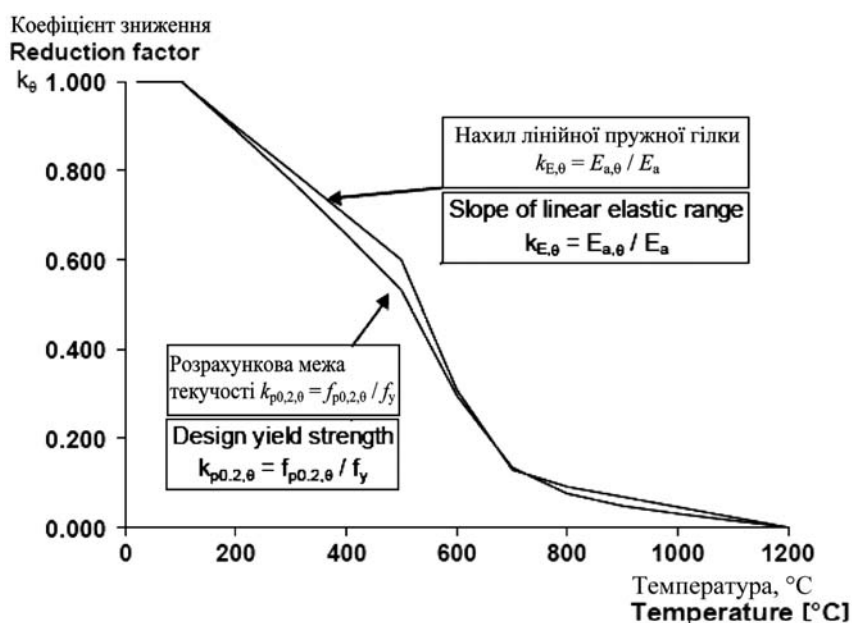
Температура сталі Steel Temperature $\theta_a, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_y$ ) розрахункової границі текучості гарячекатаних та зварних перерізів класу 4 Reduction factor (relative to $f_y$ ) for the design yield strength of hot rolled and welded class 4 sections $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$	Коефіцієнт зниження (відносно $f_{yb}$ ) розрахункової границі текучості холодноформованих перерізів класу 4 Reduction factor (relative to $f_{yb}$ ) for the design yield strength of cold formed class 4 sections $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_{yb}$
20		1,00
100		1,00
200		0,89
300		0,78
400		0,65
500		0,53
600		0,30
700		0,13
800		0,07
900		0,05
1000		0,03
1100		0,02
1200		0,00

**Примітка 1.** Для проміжних значень температури сталі використовують лінійну інтерполяцію.

**Note 1:** For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation may be used.

**Примітка 2.** Визначення  $f_{yb}$  приймають згідно з EN 1993-1-3

**Note 2:** The definition for  $f_{yb}$  should be taken from EN 1993-1-3



**Рисунок Е.1** – Коефіцієнти зниження діаграми "напруження-деформації" холодноформованих та гарячекатаних сталевих перерізів класу 4 за підвищеної температури

**Figure E.2:** Reduction factors for the stress-strain relationship of cold formed and hot rolled class 4 steel sections at elevated temperatures

ДОДАТОК НА  
(довідковий)

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС,  
посилання на які є в EN 1993-1-2:2005

Позначення європейського стандарту	Ступінь відповідності	Позначення та назва національного стандарту України (ДСТУ)
EN 1993-1-1	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT)
EN 1991-1-2	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)
EN 10025	IDT	ДСТУ EN 10025-1:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 1. Загальні технічні умови постачання (EN 10025-1:2004, IDT) ДСТУ EN 10025-2:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей (EN 10025-2:2004, IDT) ДСТУ EN 10025-3:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 3. Технічні умови постачання зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей, підданих нормалізації або нормалізованому прокатуванню (EN 10025-3:2004, IDT) ДСТУ EN 10025-4:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 4. Технічні умови постачання термомеханічно оброблених зварюваних дрібнозернистих сталей (EN 10025-4:2004, IDT) ДСТУ EN 10025-5:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 5. Технічні умови постачання конструкційних сталей з підвищеною тривкістю до атмосферної корозії (EN 10025-5:2004, IDT) ДСТУ EN 10025-6:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 6. Технічні умови постачання плоских виробів з конструкційної сталі з високою границею текучості в загартованому та відпущеному стані (EN 10025-6:2004, IDT)
EN 10210	IDT	ДСТУ EN 10210-1:2009 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10210-1:2006, IDT)
EN 10219	IDT	ДСТУ EN 10219-1:2009 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10219-1:2006, IDT)
EN 1990	IDT	ДСТУ-Н Б В.1-2-13:2008 Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)

EUROPEAN STANDARD

**EN 1993-1-2:2005/AC**

NORME EUROPÉENNE

March 2009

Mars 2009

EUROPÄISCHE NORM

März 2009

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

English version  
Version Française  
Deutsche Fassung

Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-2: General rules – Structural fire design

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier  
- Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du  
comportement au feu

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion  
von Stahlbauten - Teil 1-2: Allgemeine  
Regeln - Tragwerksbemessung für den  
Brandfall

This corrigendum becomes effective on 18 March 2009 for incorporation in the three official language versions of the EN.

Ce corrigendum prendra effet le 18 mars 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 18.März 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 1993-1-2:2005/AC:2009 D/E/F

Англійська версія

**Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій**  
**Частина 1-2: Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість**

Дана поправка вступає в силу з 18 березня 2009 р.і вноситься у три офіційні мовні версії EN.



ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ

**Центр Управління: Авеню Марні 17, В-1000 Брюссель**

---

© 2009 CEN Всі права на використання у будь-якій формі та якимось іншим чином зарезервовані у всьому світі для національних Членів CEN

Ref. No.:EN 1993-1-2:2005/AC:2009 D/E/F

## Зміни за EN 1993-1-2:2005 / AC:2005

### 1) Зміни до 2.1.1, 2.4.1 та 4.2.1

Виправлення передбачають додання "P" після номера пункту, а також заміну "слід" на "буде", де це доречно. Виправлення підкреслені, як показано нижче.

#### "2.1.1 Основні вимоги"

"(1)P Якщо необхідно забезпечити механічний опір під час пожежі, сталеві конструкції будуть запроектовані та виготовлені так, щоб зберігати несучу функцію протягом відповідного вогневого впливу."

#### "2.4.1 Загальні положення"

"(2)P Модель буде перевірена для відповідної тривалості вогневого впливу  $t$ :"

#### "4.2.1 Загальні вимоги"

"(1)P Несуча здатність сталеві конструкції буде збережена через проміжок часу  $t$  для даної пожежі:"

### 2) Зміна до 1.2

*Вилучити:*

"EN 10155 Конструкційні сталі з покращеною стійкістю до атмосферної корозії – Технічні умови постачання"

### 3) Зміни до 1.6

Змінити одиниці вимірювання  $A_p$  "[m<sup>2</sup>]" на "[m<sup>2</sup>/m]".

Змінити коефіцієнт зниження, що визначений для відповідної температури болта, " $k_{b,...}$ " на " $k_{b,\theta}$ ".

Змінити коефіцієнт зниження міцності зварних швів, " $k_{w,...}$ " на " $k_{w,\theta}$ ".

### 4) Зміни до 4.2.3.3

Пункт "(3)", формула "(4.10)", змінити " $\kappa_1 \kappa_2$ " на " $(\kappa_1 \kappa_2)$ ".

Пункт "(3)", формула "(4.10)", додати умову: " $M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd}$ ".

## Modifications due to EN 1993-1-2:2005 / AC:2005

### 1) Modifications to Subclauses 2.1.1, 2.4.1 and 4.2.1

The corrections are to add a "P" after the clause number and replace "should" with "shall" where appropriate. The corrections are underlined as shown.

#### '2.1.1 Basic requirements'

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

#### '2.4.1 General'

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

#### '4.2.1 General'

"(1)P The load-bearing function of a steel member shall be assumed to be maintained after a time  $t$  in a given fire if:"

### 2) Modification to Subclause 1.2

*Delete:*

"

EN 10155 Structural steels with improved atmospheric corrosion resistance – Technical delivery conditions;

".

### 3) Modifications to Subclause 1.6

*Change the dimension of  $A_p$  "[m<sup>2</sup>]" into: "[m<sup>2</sup>/m]".*

*Change the reduction factor determined for the appropriate bolt temperature " $k_{b,...}$ " into: " $k_{b,\theta}$ ".*

*Change the strength reduction factor for welds " $k_{w,...}$ " into: " $k_{w,\theta}$ ".*

### 4) Modifications to Subclause 4.2.3.3

*Paragraph '(3)', equation '(4.10)', change " $\kappa_1 \kappa_2$ " into: " $(\kappa_1 \kappa_2)$ ".*

*Paragraph '(3)', equation '(4.10)', add the condition:*

"

$M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd}$

".

#### 5) Зміни до 4.2.3.4

Пункт "(2)", дев'ятий рядок: вилучити: "дивись 3".  
Пункт "(2)", формула "(4.18)", змінити " $\kappa_1 \kappa_2$ " на " $(\kappa_1 \kappa_2)$ ".

Пункт "(2)", формула "(4.18)", додати умову:  
 $M_{fi, \theta, Rd} \leq M_{Rd}$ .

#### 6) Зміни до 4.2.3.5

Пункт "(1)", змінити формулу для " $\mu_y$ ":

"для сильної осі

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8$$

та  $\bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} \leq 1,1$ ."

Пункт "(1)", змінити формулу для " $\mu_z$ ":

"для слабкої осі

$$\mu_z = (1,2\beta_{M,z} - 3)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,71\beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8$$

#### 7) Зміни до 4.2.4

Пункт "(2)", перший рядок: змінити "коли явище стійкості" на "коли явище нестійкості".

Пункт "(4)", змінити посилання для " $\eta_{fi}$ " "2.4.3(3) на: 2.4.2(3)".

#### 8) Зміни до 4.2.5.1

Пункт "(1)", формула "(4.25)", змінити " $\dot{h}_{net}$ " на " $\dot{h}_{net,d}$ ".

Пункт "(1)", формула "(4.25)", перелік визначень "де", змінити " $\dot{h}_{net}$ " на " $\dot{h}_{net,d}$ ".

#### 9) Зміни до додатка А

Формула "(A.1c)", змінити " $\sigma$ " на " $\sigma_a$ ".

Формула "(A.2b)", змінити " $\theta_a$ " на " $\theta_a$ ".

#### 10) Зміни до підпункту В.4

Пункт "(1)", формула "(B.18)" змінити формулу на

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

#### 5) Modifications to Subclause 4.2.3.4

Paragraph '(2)', 9<sup>th</sup> line: delete: ", see 3".

Paragraph '(2)', equation '(4.18)', change " $\kappa_1 \kappa_2$ " into: " $(\kappa_1 \kappa_2)$ ".

Paragraph '(2)', equation '(4.18)', add the condition:

$$M_{fi, \theta, Rd} \leq M_{Rd}$$

#### 6) Modifications to Subclause 4.2.3.5

Paragraph '(1)', change the formulae for " $\mu_y$ ":

For the strong axis:

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8$$

with  $\bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} \leq 1,1$ .

Paragraph '(1)', change the formulae for " $\mu_z$ " as follows:

For the weak axis:

$$\mu_z = (1,2\beta_{M,z} - 3)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,71\beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8$$

#### 7) Modifications to Subclause 4.2.4

Paragraph '(2)', 1<sup>st</sup> line: change "when stability phenomena have" into: "when instability phenomena have".

Paragraph '(4)', change the current reference for ' $\eta_{fi}$ ' to "2.4.3(3)" into: "2.4.2(3)".

#### 8) Modifications to Subclause 4.2.5.1

Paragraph '(1)', equation '(4.25)', change " $\dot{h}_{net}$ " into: " $\dot{h}_{net,d}$ ".

Paragraph '(1)', equation '(4.25)', list of definitions under 'where', change " $\dot{h}_{net}$ " into: " $\dot{h}_{net,d}$ ".

#### 9) Modifications to Annex A

Equation '(A.1c)', change " $\sigma$ " into " $\sigma_a$ ".

Equation '(A.2b)', change " $\theta_a$ " into: " $\theta_a$ ".

#### 10) Modification to Subclause B.4

Paragraph '(1)', equation '(B.18)', replace the equation with:

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



### 11) Зміни до підпункту B.5.1.1

Пункт "(5)", формула "(B.21)" змінити формулу на:

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

### 12) Зміни до підпункту B.5.3

Пункт "(1)", додати після формули "(B.26)":  
"де  $h$  висота прорізу. Дивися рисунок B.7b (висота позначена як  $\lambda_1$ )".

### 13) Зміни до підпункту C.2.2

Рисунок C.1, змінити вираз для "Початковий модуль" для " $\varepsilon_{c,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{u,\theta}$ ":

$$\frac{d + (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c\sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$$

на

$$\frac{d \cdot (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c\sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$$

### 14) Зміни до підпункту C.3.2

Пункт "(1)", "Примітка", змінити "Рисунок C,3" на "Рисунок C.3" у назві рисунка.

### 15) Зміни до підпункту D.1.1.1

Пункт "(1)", змінити описання змінних у формулі "(D.1)" " $k_{b,\dots}$ " на " $k_{b,\theta}$ ".

Пункт "(2)", змінити описання змінних у формулі "(D.2)" " $k_{b,\dots}$ " на " $k_{b,\theta}$ ".

### 16) Зміни до підпункту D.1.2.1

Пункт "(1)", змінити описання змінних у формулі "(D.3)" " $k_{b,\dots}$ " на " $k_{b,\theta}$ ".

"Таблиця D.1", змінити у верхньому рядку таблиці " $k_{b,\dots}$ " на " $k_{b,\theta}$ " та " $k_{w,\dots}$ " на " $k_{w,\theta}$ ".

### 11) Modification to Subclause B.5.1.1

Paragraph '(5)', equation '(B.21)', replace the equation with:

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

### 12) Modification to Subclause B.5.3

Paragraph '(1)', add after equation '(B.26)':

"

where:

$h$  is the height of the opening. See figure B.7b (height is Note:d as  $\lambda_1$ ).

"

### 13) Modification to Subclause C.2.2

Figure C.1, change the expression for 'Tangent Modulus' for ' $\varepsilon_{c,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{u,\theta}$ ':

"

$$\frac{d + (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c\sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$$

"

into:

"

$$\frac{d \cdot (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c\sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$$

"

### 14) Modification to Subclause C.3.2

Paragraph '(1)', 'Note', change "Figure C,3" into: "Figure C.3" in the title of this figure.

### 15) Modifications to Subclause D.1.1.1

Paragraph '(1)', change in the description of the variables of equation '(D.1)' " $k_{b,\dots}$ " into: " $k_{b,\theta}$ ".

Paragraph '(2)', change in the description of the variables of equation '(D.2)' " $k_{b,\dots}$ " into: " $k_{b,\theta}$ ".

### 16) Modifications to Subclause D.1.2.1

Paragraph '(1)', change in the description of the variables of equation '(D.3)' " $k_{b,\dots}$ " into: " $k_{b,\theta}$ ".

'Table D.1', change in the top row of the table " $k_{b,\dots}$ " into: " $k_{b,\theta}$ ", and " $k_{w,\dots}$ " into: " $k_{w,\theta}$ ".



### 17) Зміни до підпункту D.2.2

Пункт "(1)", змінити описання змінних у формулі "(D.4)" " $k_{w,\dots}$ " на " $k_{w,\theta}$ ".

Пункт "(1)", змінити посилання "EN1 993-1-8" на "EN 1993-1-8".

### 18) Зміни до E.2

Пункт "(5)", змінити "...розрахункової умовної границі текучості нержавіючих сталей відносно границі текучості..." на "...розрахункової умовної межі текучості нержавіючих сталей відносно межі текучості..."

"Таблиця E.1", змінити у верхньому рядку таблиці: " $k_{p0,2,\theta}$ " на " $k_{0,2p,\theta}$ ".

"Рисунок E.2" змінити на рисунку " $k_{p0,2,\theta}$ " та " $f_{p0,2,\theta}$ " на " $k_{0,2p,\theta}$ " та " $f_{0,2p,\theta}$ ".

### 17) Modifications to Subclause D.2.2

*Paragraph '(1)', change in the description of the variables of equation '(D.4)' " $k_{w,\dots}$ " into: " $k_{w,\theta}$ ".*

*Paragraph '(1)', change the reference to "EN 1993-1-8" into: "EN 1993-1-8".*

### 18) Modifications to Subclause E.2

*Paragraph '(5)', change "... for the design yield strength of stainless steels relative to the yield strength..." into: "... for the design proof strength of stainless steels relative to the proof strength..."*

*'Table E.1', change in the top row of the table: " $k_{p0,2,\theta}$ " into: " $k_{0,2p,\theta}$ ".*

*'Figure E.2', change in the figure " $k_{p0,2,\theta}$ " and " $f_{p0,2,\theta}$ " into: " $k_{0,2p,\theta}$ " and " $f_{0,2p,\theta}$ ".*

Код УКНД 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

**Ключові слова:** вогнестійкість, вуглецева сталь, нержавіюча сталь, проектування, сталеві конструкції.

\*\*\*\*\*

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

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

Державне підприємство "Укрархбудінформ".  
вул. М. Кривоноса, 2А, корп. 3, м. Київ-37, 03037, Україна.  
Тел. 249-36-62

Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)  
www.uabi.gov.ua E-mail:uabi90@ukr.net

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