

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

**Система надійності та безпеки у будівництві**

**НАСТАНОВА**

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ**

**(EN 1990:2002, IDN)**

**ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008**

Київ  
Мінрегіонбуд України  
2009

## **НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП**

Цей документ ідентичний EN 1990 Eurocode - Basis of structural design EN 1990 Єврокод -основи проектування конструкцій

Організація, відповідальна за цей документ, - Державне підприємство Технічний комітет з стандартизації "Арматура для залізобетонних конструкцій"

При виданні документа не внесено редакційних змін в українськомовний варіант відносно оригіналу.

## ЗМІСТ

	с.
Вступ .....	V
Основи програми Єврокодів .....	1
Статус та сфера застосування Єврокодів.....	2
Національні стандарти, що імплементують Єврокоди.....	3
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs and ETAs) для виробів.....	3
Додаткова інформація щодо EN 1990 .....	4
Національний Додаток до EN 1990.....	4
Розділ 1 Загальні положення .....	5
1.1 Сфера застосування .....	5
1.2 Нормативні посилання .....	5
1.3 Припущення.....	6
1.4 Відмінності між Принципами та Правилами використання .....	6
1.5 Терміни та визначення.....	7
1.5.1 Загальні терміни, які використовуються у EN 1990 - EN 1999.....	7
1.5.2 Спеціальні терміни, які відносяться до розрахунку в цілому.....	8
1.5.3 Терміни, що мають відношення до дій .....	10
1.5.4 Терміни, що мають відношення до властивостей матеріалів та виробів .....	13
1.5.5 Терміни, що мають відношення до геометричних даних .....	13
1.5.6 Терміни, що мають відношення до конструктивного розрахунку .....	14
1.6 Символи .....	15
Розділ 2 Вимоги.....	18
2.1 Основні вимоги .....	18
2.2 Керування надійністю.....	19
2.3 Проектний термін експлуатації.....	20
2.4 Довговічність.....	21
2.5 Керування якістю .....	21
Розділ 3 Принципи розрахунку за граничними станами .....	22
3.1 Загальні положення .....	22
3.2 Розрахункові ситуації .....	22
3.3 Граничні стани за несучою здатністю.....	22
3.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю .....	23
3.5 Розрахунок за граничним станом.....	24
Розділ 4 Базові перемінні .....	24
4.1 Дії та види впливу навколишнього середовища .....	24
4.1.1 Класифікація дій .....	24
4.1.2 Характеристичні значення дій .....	25
4.1.3 Інші репрезентативні величини перемінних дій .....	26
4.1.4 Представлення дії, пов'язаної зі втомою .....	27
4.1.5 Представлення динамічних дій .....	27
4.1.6 Геотехнічні дії.....	28
4.1.7 Вплив навколишнього середовища .....	28
4.2 Властивості матеріалів та виробів.....	28
4.3 Геометричні дані.....	29
Розділ 5 Конструктивний розрахунок та проектування за допомогою випробувань.....	30
5.1 Конструктивний розрахунок.....	30
5.1.1 Конструктивне моделювання.....	30
5.1.2 Статичні дії .....	30
5.1.3 Динамічні дії .....	30
5.1.4 Розрахунок при пожежі.....	31
5.2 Проектування з допомогою випробувань .....	32
Розділ 6 Перевірка за методом часткових коефіцієнтів .....	32
6.1 Загальні положення .....	32
6.2 Обмеження.....	33
6.3 Розрахункові величини .....	33
6.3.1 Розрахункові величини дій.....	33
6.3.2 Розрахункові величини впливу дій .....	33
6.3.3 Розрахункові величини властивостей матеріалу або виробу.....	34
6.3.4 Розрахункові величини геометричних даних .....	35
6.3.5 Розрахункова міцність .....	35
6.4 Граничні стани за несучою здатністю .....	36
6.4.1 Загальні положення .....	36
6.4.2 Перевірки статичної рівноваги та опору .....	37
6.4.3 Комбінація дій (за винятком перевірки на втому) .....	37

6.4.3.1 Загальні положення .....	37
6.4.3.2 Комбінації дій для стійких або перехідних розрахункових ситуацій (фундаментальні комбінації) .....	38
6.4.3.3 Комбінації дій для випадкових розрахункових ситуацій .....	39
6.4.3.4 Комбінації дій для сейсмічних розрахункових ситуацій .....	39
6.4.4 Часткові коефіцієнти для дій та комбінації дій .....	39
6.4.5 Часткові коефіцієнти для матеріалів та виробів .....	39
6.5 Граничні стани за експлуатаційною придатністю .....	39
6.5.1 Перевірки .....	39
6.5.2 Критерії за експлуатаційною придатністю .....	40
6.5.3 Комбінація дій .....	40
6.5.4 Часткові коефіцієнти для матеріалів .....	41
Додаток А1 (обов'язковий) Використання для будівель та споруд .....	42
А1.1 Область використання .....	42
А1.2 Комбінації дій .....	42
А1.2.1 Загальні положення .....	42
А1.2.2 Величини коефіцієнтів $\psi$ .....	42
А1.3 Граничні стани за несучою здатністю .....	42
А1.3.1 Розрахункові величини дій в постійних та перехідних розрахункових ситуаціях .....	42
А1.3.2 Розрахункові величини дій в випадкових та сейсмічних розрахункових ситуаціях .....	46
А1.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю .....	46
А1.4.1 Часткові коефіцієнти для дій .....	46
А1.4.2 Критерії експлуатаційної придатності .....	47
А1.4.3 Деформації та горизонтальні переміщення .....	47
А1.4.4 Вібрації .....	48
Додаток В (довідковий) Керування конструктивною надійністю будівель і споруд .....	50
В1 Сфера та область використання .....	50
В2 Символи .....	50
В3 Диференціація надійності .....	50
В3.1 Класи наслідків .....	50
В3.2 Диференціація за величинами $\beta$ .....	51
В3.3 Диференціація завдяки заходам, які відносяться до часткових коефіцієнтів .....	52
В4 Диференціація контролю проектування .....	52
В5 Інспекція протягом зведення .....	53
В6 Часткові коефіцієнти для властивостей опору .....	54
Додаток С (довідковий) Основа для розрахунку часткового коефіцієнта та аналізу надійності .....	55
С1 Сфера та область використання .....	55
С2 Символи .....	55
С3 Вступ .....	55
С4 Огляд методів надійності .....	56
С5 Індекс надійності $\beta$ .....	58
С6 Задані величини індексу надійності $\beta$ .....	58
С7 Підхід до калібрування розрахункових величин .....	59
С8 Надійність верифікаційних форматів у Єврокодах .....	62
С9 Часткові коефіцієнти в EN 1990 .....	63
С10 Коефіцієнти $\psi_0$ .....	63
Додаток D (обов'язковий) Проектування з допомогою випробувань .....	65
D1 Сфера та область застосування .....	65
D2 Умовні позначки (символи) .....	65
D3 Типи випробувань .....	66
D4 Планування випробувань .....	67
D5 Визначення розрахункових величин .....	69
D6 Загальні принципи статистичних оцінок .....	70
D7 Статистичне визначення окремої характеристики .....	71
D7.1 Загальні положення .....	71
D7.2 Оцінка через характеристичну величину .....	71
D7.3 Пряма оцінка розрахункової величини для граничних станів за несучою здатністю .....	73
D8 Статистичне визначення моделей опору .....	73
D8.1 Загальні положення .....	73
D8.2 Стандартна процедура оцінки (Метод (а)) .....	74
D8.2.1 Загальні положення .....	74
D8.2.2 Стандартна процедура .....	74
D8.3 Стандартна процедура оцінки (Метод (b)) .....	78
D8.4 Використання додаткових попередніх знань .....	79
Бібліографічний довідник .....	80

**ВСТУП**

Даний документ (EN 1990:2002) був підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 "Будівельні Єврокоди", секретаріат якого підтримується BSI.

Цьому Європейському стандарту буде наданий статус національного з публікацією ідентичного тексту або схваленням не пізніше жовтня 2002 року і при скасуванні конфліктуючих національних стандартів не пізніше березня 2010 року.

Даний документ замінює ENV 1991-1:1994. CEN/TC250 є відповідальним за всі Будівельні Єврокоди.

У відповідності з внутрішніми постановами CEN/CENELEC національні органи зі стандартизації таких країн зобов'язані здійснити імплементацію цього Європейського Стандарту: Австрія, Бельгія, Велика Британія, Німеччина, Греція, Данія, Ісландія, Іспанія, Ірландія, Італія, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Португалія, Фінляндія, Франція, Чеська Республіка, Швеція та Швейцарія.

**FOREWORD**

This document (EN1990:2002) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250 "Structural Eurocodes", the secretariat of which is held by BSI.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by October 2002, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by March 2010.

This document supersedes ENV 1991-1:1994. CEN/TC 250 is responsible for all Structural Eurocodes.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.



## НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

### НАСТАНОВА

#### Системи надійності та безпеки у будівництві ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ

### РУКОВОДСТВО

#### Системы надежности и безопасности в строительстве ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

### EN 1990

### EUROCODE - BASIS OF STRUCTURAL DESIGN

Чинний від 2009-07-01

#### Основи програми Єврокодів

У 1975 році Комісія Європейської Спільноти вирішила розпочати програму дій у сфері будівництва на підставі статті 95 Договору. Метою програми було усунення технічних перешкод для торгівлі і узгодження технічних умов.

У рамках цієї програми дій Комісія взяла на себе ініціативу встановити систему узгоджених технічних правил для проектування і споруд, які на першій стадії мали слугувати альтернативою чинним національним правилам Держав-членів, а зрештою мали замінити їх.

Упродовж п'ятнадцяти років Комісія за допомогою Робочого комітету, до складу якого входили представники Держав-членів, вела розробку програми Єврокодів, яка привела до публікації комплексу першого покоління Європейських кодів у 80-х роках.

В 1989 році Комісія та Держави-члени ЕУ (Європейської Спільноти) та ЕФТА (Європейської асоціації вільної торгівлі) на основі угоди<sup>1</sup> між Комісією та СЕН (Європейським комітетом із стандартизації) вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів СЕН за допомогою серії Мандатів, що в результаті надало б Єврокодам в майбутньому статусу Європейського Стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і рішень Комісії щодо Європейських стандартів (тобто Директиви Ради 89/106/ЕЕС щодо будівельних виробів – CPD - та Директив Ради 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС та 89/440/ЕЕС відносно суспільних робіт та послуг і еквівалентних директив ЕФТА, започаткованих, щоб допомогти запуску внутрішнього ринку).

Структурна програма Єврокодів включає такі стандарти, які в основному складаються з декількох частин:

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

<sup>1</sup> Угода між Комісією Європейських Спільнот і Європейським комітетом стандартизації (СЕН) щодо роботи над Єврокодами для проектування будівель і споруд (CONSTRUCT 89/019).

#### 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 harmonisation of technical specifications.

Within this action programme, the Commission took the initiative to establish a set of harmonised 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 1980's.

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

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

- 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 сталеазалізобетонних 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 конструкцій при сейсмічному навантаженні
- EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій

Стандарти Єврокодів визнають відповідальність регуляторних органів країн-членів та захищають їх право на призначення величин, які пов'язані з регулюванням питань безпеки на національному рівні там, де вони відрізняються від країни до країни

### Статус та сфера застосування Єврокодів

Країни-члени EU та EFTA визнають те, що Єврокоди діють як еталонні документи для таких цілей:

- як засіб довести відповідність будівель і споруд основним вимогам Директиви Ради 89/106/ЕЕС, зокрема основній вимозі №1 - Механічна стійкість та стабільність і основній вимозі №2 - Пожежна безпека;
- як основа для укладання контрактів для будівель і споруд та пов'язаних з ними інженерних послуг;
- як основа для складання узгоджених технічних специфікацій для будівельних виробів (ENs та ETAs).

Єврокоди, оскільки вони безпосередньо відносяться до будівельних споруд, мають прямий зв'язок з Тлумачними документами<sup>2</sup> розділу 12 CPD, незважаючи на те, що вони мають різну природу з гармонізованими стандартами на виробі<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Відповідно до Ст. 3.3 CPD, Основні вимоги (ER) отримують конкретну форму у Тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між основними вимогами та мандатами на hEN і ETA.

<sup>3</sup> Відповідно до Ст. 12 CPD, Тлумачні документи мають:

- а) надати конкретну форму основним вимогам, узгодивши термінологію і технічні засади, і вказавши класи або рівні для кожної вимоги, де це необхідно;
- б) вказати методи встановлення співвідношення між цими класами або рівнями вимог з технічними вимогами, наприклад, методи розрахунку і перевірки, технічні правила проектування тощо;
- с) слугувати як рекомендація для встановлення узгоджених стандартів і настанов для Європейського технічного ухвалення.

Єврокоди de facto грають подібну роль у сфері ER1 і частині ER 2.

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

### Status and field of application of Eurocodes

The Member States of the EU and EFTA recognise 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 №1 - Mechanical resistance and stability - and Essential Requirement №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 harmonised 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 harmonised product standards<sup>3</sup>.

<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 harmonised 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 harmonising 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 harmonised 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.



Таким чином, технічні аспекти, які впливають з Єврокодів для будівель і споруд, повинні в повній мірі бути розглянутими Технічними комітетами CEN та/чи робочими групами EOTA, які розробляють стандарти на будівельні вироби з позицій досягнення повної сумісності технічних специфікацій з Єврокодами.

Стандарти Єврокодів надають загальні правила проектування для повсякденного використання всіх конструкцій та їх компонентів, як традиційного, так і іноваційного характеру. Виняткові форми конструкції або умови проектування спеціально не охоплюються, і в таких випадках проєктувальнику потрібен додатковий експертний розгляд.

### **Національні стандарти, що імплементують Єврокоди**

Національні стандарти, що імплементують Єврокоди, завжди включають повний текст Єврокоду (включаючи всі додатки) виданий CEN, якому можуть передувати Національний титульний аркуш та Національна передмова, а також можуть супроводжуватися Національним додатком.

Національний додаток може включати інформацію відносно тих параметрів, які залишилися відкритими в Єврокодах для національного вибору, відомі як Національне визначені параметри, для використання при проектуванні будівель та інженерних споруд, що будуть побудовані у зацікавленій країні, а саме:

- значення та/чи класи, де в Єврокоді даються альтернативи;
- значення для використання, коли в Єврокоді надається тільки позначення;
- специфічні дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта снігу;
- процедура, яка використовується, коли альтернативні процедури обумовлені в Єврокоді.

Можуть також наводитися:

- рішення відносно застосування інформаційних додатків;
- посилання на додаткову не суперечливу інформацію для допомоги користувачу у застосуванні Єврокоду.

### **Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs and ETAs) для виробів**

Необхідна узгодженість між гармонізованими технічними специфікаціями для будівельних виробів та технічними правилами для будівель і споруд<sup>4</sup>. Крім того, повна інформація, яка супроводжує маркування CE будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, повинна чітко зазначати, які Національно визначені параметри були прийняті до уваги.

<sup>4</sup> Див. Ст. 3.3 і Ст.12 CPD, а також 4.2,4.3.1,4.3.2 ID 1.

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 a full compatibility of these technical specifications with the Euro-codes.

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 CED 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 also contain

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

### **Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products**

There is a need for consistency between the harmonised 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 shall clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

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

### Додаткова інформація щодо EN 1990

EN 1990 описує Принципи та вимоги щодо безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкцій. Це базується на концепції граничних станів, яка використовується у поєднанні з методом часткових коефіцієнтів.

EN 1990 передбачений для прямого використання при проектуванні нових споруд разом з Єврокодами EN 1991 -1999.

EN 1990 дає також керівні вказівки щодо аспектів надійності, які відносяться до безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності:

- у проектних випадках, які не розглянуті в EN 1991 - EN 1999 (інші дії, споруди, що не розглядалися, інші матеріали);

- слугувати як еталонний документ для інших CEN TCs відносно питань будівель і споруд.

EN 1990 призначений для використання:

- комітетами підготовки стандартів для проектування конструкцій та пов'язаних з ними виробів, тестування та розроблення стандартів зі зведення;

- замовниками (наприклад, для формулювання інших специфічних вимог до рівнів надійності та довговічності);

- проектувальниками та конструкторами;

- відповідними органами влади.

EN 1990 може використовуватися як керівний документ для проектування конструкцій, які знаходяться за межами Єврокодів EN 1991-EN 1999 для:

- оцінки інших дій та їх комбінацій;
- моделювання роботи матеріалів і конструкцій;
- встановлення чисельних показників надійності.

Кількісні значення часткових коефіцієнтів та інших параметрів надійності рекомендуються як основні величини, котрі забезпечують прийнятний рівень надійності. Вони були підібрані, виходячи з відповідного рівня кваліфікації та якості управління. Такі самі величини повинні використовуватися при застосуванні EN 1990 як базового документа іншими CEN/TCs.

### Національний Додаток до EN 1990

Цей стандарт надає альтернативні процедури, величини і рекомендації для класів з примітками, які вказують місце, де необхідно зробити національний вибір. Таким чином, Національний стандарт, який імплементує EN 1990, повинен мати Національний додаток, який включав би усі Національне визначені параметри, які використовуються при проектуванні будівель та цивільних споруд, які будуть побудовані у відповідній країні.

Національним вибором дозволено ввійти до EN 1990 за допомогою:

- A1.1(1)
- A1.2.1(1)
- A1.2.2 (Таблиця A1.1)

### Additional information specific to EN 1990

EN 1990 describes the Principles and requirements for safety, serviceability and durability of structures. It is based on the limit state concept used in conjunction with a partial factor method.

For the design of new structures,

EN 1990 is intended to be used, for direct application, together with Eurocodes

EN 1991 to 1999.

EN 1990 also gives guidelines for the aspects of structural reliability relating to safety, serviceability and durability:

- for design cases not covered by EN 1991 to EN 1999 (other actions, structures not treated, other materials);

- to serve as a reference document for other CEN TCs concerning structural matters.

EN 1990 is intended for use by:

- committees drafting standards for structural design and related product, testing and execution standards;

- clients (e.g. for the formulation of their specific requirements on reliability levels and durability);

- designers and constructors;

- relevant authorities.

EN 1990 may be used, when relevant, as a guidance document for the design of structures outside the scope of the Eurocodes EN 1991 to EN 1999, for:

- assessing other actions and their combinations;
- modelling material and structural behaviour;
- assessing numerical values of the reliability format.

Numerical values for partial factors and other reliability parameters are recommended as basic values that provide an acceptable level of reliability. They have been selected assuming that an appropriate level of workmanship and of quality management applies. When EN 1990 is used as a base document by other CEN/TCs the same values need to be taken.

### National annex for EN 1990

This standard gives alternative procedures, values and recommendations for classes with notes indicating where national choices may have to be made. Therefore the National Standard implementing EN 1990 should have a National annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1990 through:

- A1.1(1)
- A1.2.1(1)
- A1.2.2 (Table A1.1)

- A1.3.1(1) (Таблиця A1.2(A) - (C))
- A1.3.1(5)
- A1.3.2 (Таблиця A1.3)
- A1.4.2(2)

## Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 1.1 Сфера застосування

(1) EN 1990 встановлює принципи та вимоги до безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкцій, описує основи їх проектування та перевірки, а також дає керівні вказівки, які відносяться до аспектів конструктивної надійності.

(2) EN 1990 передбачено використовувати разом з EN 1991 - EN 1999 для конструктивного проектування будівель та цивільних інженерних споруд, включаючи геотехнічні аспекти, конструкторське проектування при пожежі, ситуації, які включають землетруси, зведення і тимчасові споруди.

**ПРИМІТКА.** Для проектування спеціальних будівель і споруд (наприклад, атомні станції, дамби тощо) можуть бути необхідними інші умови ніж в EN 1991 - EN 1999.

(3) EN 1990 застосовується для проектування конструкцій, в яких застосовуються інші матеріали чи дії, що знаходяться поза межами можливостей EN 1991 - EN 1999.

(4) EN 1990 застосовується для конструкторської оцінки існуючих конструкцій в рамках проектування ремонту та змін чи в оцінці змін в умовах використання.

**ПРИМІТКА.** Додаткові чи змінені умови можуть бути необхідними там, де це потрібно.

### 1.2 Нормативні посилання

Цей Європейський Стандарт поєднується датованим чи недатованим посиланням з положеннями інших публікацій. Ці нормативні посилання наведені у відповідних місцях тексту та внесені до списку публікацій.

Для датованих посилань наступні поправки або зміни в будь-яких із цих публікацій приймаються цим Європейським Стандартом тільки тоді, коли ці поправки або зміни зареєстровані. Для недатованих посилань застосовується остання редакція публікації (включаючи поправки).

**ПРИМІТКА.** Єврокоди було опубліковано як Європейські попередні стандарти. Наступні Європейські Стандарти, які опубліковані чи знаходяться в процесі підготовки, наведені у нормативному переліку:

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

- A1.3.1(1) (Tables A1.2(A) to (C))
- A1.3.1(5)
- A1.3.2 (Table A1.3)
- A1.4.2(2)

## Section 1 GENERAL

### 1.1 Scope

(1) EN 1990 establishes Principles and requirements for the safety, serviceability and durability of structures, describes the basis for their design and verification and gives guidelines for related aspects of structural reliability.

(2) EN 1990 is intended to be used in conjunction with EN 1991 to EN 1999 for the structural design of buildings and civil engineering works, including geotechnical aspects, structural fire design, situations involving earthquakes, execution and temporary structures.

**NOTE** For the design of special construction works (e.g. nuclear installations, dams, etc.), other provisions than those in EN 1990 to EN 1999 might be necessary.

(3) EN 1990 is applicable for the design of structures where other materials or other actions outside the scope of EN 1991 to EN 1999 are involved.

(4) EN 1990 is applicable for the structural appraisal of existing construction, in developing the design of repairs and alterations or in assessing changes of use.

**NOTE** Additional or amended provisions might be necessary where appropriate.

### 1.2 Normative references

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).

**NOTE** The Eurocodes were published as European Prestandards. The following European Standards which are published or in preparation are cited in normative clauses:

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 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 конструкцій при сейсмічному навантаженні

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій

### 1.3 Припущення

(1) Проектування, яке застосовує принципи та правила використання, вважається таким, що відповідає вимогам, якщо виконуються припущення, викладені в EN 1990 - EN 1999 (див. Розділ 2).

(2) Загальні припущення EN 1990 є такими:

- вибір конструктивної системи та розрахунок конструкцій виконуються відповідно компетентним та досвідченим персоналом;
- зведення здійснюється персоналом, який має відповідну майстерність та досвід;
- адекватний нагляд та перевірка якості забезпечуються протягом виконання робіт, наприклад, в конструкторських бюро, фабриках, заводах і на будівельних майданчиках;
- будівельні матеріали та вироби використовуються, як визначено в EN 1990 або в EN 1991 -EN 1999, або у релевантних стандартах на зведення, або відповідних специфікаціях на матеріали і вироби;
- будівля буде підтримуватися у задовільному стані;
- будівля буде використовуватися у відповідності з припущеннями проектування.

**ПРИМІТКА.** Можливі випадки, коли зазначенні вище припущення необхідно доповнювати.

### 1.4 Відмінності між Принципами та Правилами використання

(1) У залежності від характеру в окремих пунктах EN 1990 зроблена відмінність між Принципами та Правилами використання.

(2) Принципи включають в себе:

- загальні статті та визначення, для яких не існує альтернатив, а також
- вимоги та аналітичні моделі, для яких альтернатива не дозволена, за винятком того, якщо це спеціально зазначено.

(3) Принципи позначені літерою P після номера параграфа.

(4) За Правила використання, зазвичай, визнають правила, які виконують Принципи та задовольняють їх вимоги.

(5) Дозволено використовувати альтернативні правила проектування порівняно з Правилами, які викладені в EN 1990 для будівель і споруд, за умови, що це показує, що альтернативні правила узгоджуються з відповідними Принципами, та які, у крайньому разі, еквівалентні відносно безпеки, експлуатаційної придатності і довговічності, які були б очікуваними при використанні Єврокодів.

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

### 1.3 Assumptions

(1) Design which employs the Principles and Application Rules is deemed to meet the requirements provided the assumptions given in EN 1990 to EN 1999 are satisfied (see Section 2).

(2) The general assumptions of EN 1990 are:

- the choice of the structural system and the design of the structure is made by appropriately qualified and experienced personnel;
- execution is carried out by personnel having the appropriate skill and experience;
- adequate supervision and quality control is provided during execution of the work, i.e. in design offices, factories, plants, and on site;
- the construction materials and products are used as specified in EN 1990 or in EN 1991 to EN 1999 or in the relevant execution standards, or reference material or product specifications;
- the structure will be adequately maintained;
- the structure will be used in accordance with the design assumptions.

**NOTE** There may be cases when the above assumptions need to be supplemented.

### 1.4 Distinction between Principles and Application Rules

(1) Depending on the character of the individual clauses, distinction is made in EN 1990 between Principles and Application Rules.

(2) The Principles comprise:

- general statements and definitions for which there is no alternative, as well as;
- requirements and analytical models for which no alternative is permitted unless specifically stated.

(3) The Principles are identified by the letter P following the paragraph number.

(4) The Application Rules are generally recognised rules which comply with the Principles and satisfy their requirements.

(5) It is permissible to use alternative design rules different from the Application Rules given in EN 1990 for works, provided that it is shown that the alternative rules accord with the relevant Principles and are at least equivalent with regard to the structural safety, serviceability and durability which would be expected when using the Eurocodes

**ПРИМІТКА.** Якщо альтернативним правилом проектування замінено правило, що застосовується, то кінцевий проект не може претендувати на повну відповідність EN 1990, хоча даний проект і буде залишатися відповідним Принципам EN 1990. У випадках, коли EN 1990 використовується по відношенню до властивостей, які наведені у додатку Z стандарту на виріб або ETAG, використання альтернативного правила не може бути прийнятним для маркування CE.

(6) У EN 1990 Правила використання позначені цифрою у дужках, наприклад, як у цьому пункті.

## 1.5 Терміни та визначення

**ПРИМІТКА.** Терміни та визначення цього Європейського Стандарту витікають з ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930, ISO 8402.

### 1.5.1 Загальні терміни, які використовуються у EN 1990 - EN 1999

#### 1.5.1.1 будівлі і споруди

все, що побудовано або є результатом будівельної діяльності

**ПРИМІТКА.** Дане визначення відповідає ISO 6707-1. Термін охоплює будівлі і цивільні інженерні споруди. Це відноситься до всіх будівель і споруд, включаючи конструктивні, неконструктивні та геотехнічні елементи.

#### 1.5.1.2 тип будівлі або цивільної споруди

тип будівельної споруди визначається її цільовим призначенням, наприклад, житловий будинок, підпірна стіна, промислова будівля, автодорожний міст

#### 1.5.1.3 тип конструкції

ознака основного конструктивного матеріалу, наприклад, залізобетонні конструкції, металеві конструкції, дерев'яні конструкції, кам'яні конструкції, сталезалізобетонні конструкції

#### 1.5.1.4 метод будівництва

спосіб, яким буде здійснюватися виконання, наприклад, безпосередньо на будівельному майданчику, у заводських умовах, методом консольної зборки

#### 1.5.1.5 будівельний матеріал

матеріал, який використовується в будівництві, наприклад, сталь, деревина, кам'яна кладка

#### 1.5.1.6 конструкція

організована комбінація поєднаних між собою частин, запроектована сприймати навантаження та забезпечувати відповідну жорсткість

#### 1.5.1.7 конструктивний елемент

фізично окрема частина конструкції, наприклад, колона, балка, плита, фундамент

#### 1.5.1.8 вид конструкції

класифікація конструктивних елементів

**ПРИМІТКА.** Видом конструкції є, наприклад, рами, підвісні мости.

**NOTE** If an alternative design rule is substituted for an application rule, the resulting design cannot be claimed to be wholly in accordance with EN 1990 although the design will remain in accordance with the Principles of EN 1990. When EN 1990 is used in respect of a property listed in an Annex Z of a product standard or an ETAG, the use of an alternative design rule may not be acceptable for CE marking.

(6) In EN 1990, the Application Rules are identified by a number in brackets e.g. as this clause.

## 1.5 Terms and definitions

**NOTE** For the purposes of this European Standard, the Terms and definitions are derived from ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930, ISO 8402.

### 1.5.1 Common terms used in EN 1990 to EN 1999

#### 1.5.1.1 construction works

everything that is constructed or results from construction operations

**NOTE** This definition accords with ISO 6707-1. The term covers both building and civil engineering works. It refers to the complete construction works comprising structural, non-structural and geotechnical elements.

#### 1.5.1.2 type of building or civil engineering works

type of construction works designating its intended purpose, e.g. dwelling house, retaining wall, industrial building, road bridge

#### 1.5.1.3 type of construction

indication of the principal structural material, e.g. reinforced concrete construction, steel construction, timber construction, masonry construction, steel and concrete composite construction

#### 1.5.1.4 method of construction

manner in which the execution will be carried out, e.g. cast in place, prefabricated, cantilevered

#### 1.5.1.5 construction material

material used in construction work, e.g. concrete, steel, timber, masonry

#### 1.5.1.6 structure

organised combination of connected parts designed to carry loads and provide adequate rigidity

#### 1.5.1.7 structural member

physically distinguishable part of a structure, e.g. a column, a beam, a slab, a foundation pile

#### 1.5.1.8 form of structure

arrangement of structural members

**NOTE** Forms of structure are, for example, frames, suspension bridges.

### 1.5.1.9 конструктивна система

несучі елементи будівлі або цивільних інженерних споруд і спосіб, яким дані елементи функціонують разом

### 1.5.1.10 розрахункова модель

ідеалізація конструктивної системи, яка використовується з метою розрахунку, проектування та перевірки

### 1.5.1.11 виконання

всі дії доводяться до фізичного завершення роботи, включаючи закупки, інспекцію, документацію

**ПРИМІТКА.** Цей термін охоплює роботу на будівельному майданчику; це також може означати виробництво компонентів поза будівельним майданчиком та їх послідовна доставка на майданчик.

## 1.5.2 Спеціальні терміни, які відносяться до розрахунку в цілому

### 1.5.2.1 розрахунковий критерій

кількісні формулювання, що описують кожний граничний стан умов, які повинні бути виконані

### 1.5.2.2 розрахункові ситуації

сукупність матеріальних умов, які відтворюють реальні умови, під час певного часового інтервалу, для якого розрахунок демонструє, що відповідні граничні стани не перевищені

### 1.5.2.3 перехідна розрахункова ситуація

розрахункова ситуація, яка має місце протягом періоду, значно більш короткого ніж проектний термін служби конструкції, та яка має високу можливість виникнення

**ПРИМІТКА.** Перехідна розрахункова ситуація відноситься до тимчасового стану використання конструкції або зовнішнього впливу, наприклад, протягом зведення або ремонту

### 1.5.2.4 постійна розрахункова ситуація

розрахункова ситуація, яка має місце для періоду такого ж порядку, що і проектний термін життєдіяльності споруди

**ПРИМІТКА.** Загалом це стосується звичайних умов експлуатації конструкції.

### 1.5.2.5 випадкова розрахункова ситуація

розрахункова ситуація, яка відноситься до виняткових умов конструкції або впливу на неї, включаючи пожежу, вибух, зіткнення або локальне руйнування

### 1.5.2.6 розрахунок при пожежі

розрахунок конструкції для забезпечення експлуатаційних характеристик, які вимагаються у випадку пожежі

### 1.5.1.9 structural system

load-bearing members of a building or civil engineering works and the way in which these members function together

### 1.5.1.10 structural model

idealisation of the structural system used for the purposes of analysis, design and verification

### 1.5.1.11 execution

all activities carried out for the physical completion of the work including procurement, the inspection and documentation thereof

**NOTE** The term covers work on site; it may also signify the fabrication of components off site and their subsequent erection on site.

## 1.5.2 Special terms relating to design in general

### 1.5.2.1 design criteria

quantitative formulations that describe for each limit state the conditions to be fulfilled

### 1.5.2.2 design situations

sets of physical conditions representing the real conditions occurring during a certain time interval for which the design will demonstrate that relevant limit states are not exceeded

### 1.5.2.3 transient design situation

design situation that is relevant during a period much shorter than the design working life of the structure and which has a high probability of occurrence

**NOTE** A transient design situation refers to temporary conditions of the structure, of use, or exposure, e.g. during construction or repair.

### 1.5.2.4 persistent design situation

design situation that is relevant during a period of the same order as the design working life of the structure

**NOTE** Generally it refers to conditions of normal use.

### 1.5.2.5 accidental design situation

design situation involving exceptional conditions of the structure or its exposure, including fire, explosion, impact or local failure

### 1.5.2.6 fire design

design of a structure to fulfil the required performance in case of fire

**1.5.2.7 сейсмічна розрахункова ситуація**

розрахункова ситуація, що відноситься до виняткових умов конструкції, яких вона зазнає у випадку сейсмічної дії

**1.5.2.8 проектний термін експлуатації**

передбачуваний проміжок часу, протягом якого конструкція або її частина експлуатуються за призначенням з передбачуваним технічним обслуговуванням, але без необхідного капітального ремонту

**1.5.2.9 ризик**

у рамках EN 1990-1999 - надзвичайний і серйозний випадок, наприклад, аномальна дія або зовнішній вплив, недостатня міцність або стійкість, або надмірне відхилення від заданих розмірів

**1.5.2.10 схема навантаження**

ідентифікація положення, величини та напрямку незалежної дії

**1.5.2.11 сполучення навантажень**

сумісне розташування навантажень, сукупностей деформацій та недосконалостей, що одночасно розглядаються з заданими перемінними діями та постійними діями для конкретної перевірки

**1.5.2.12 граничні стани**

стани, за межами яких конструкція більше не відповідає належним розрахунковим критеріям

**1.5.2.13 граничні стани за несучою здатністю**

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

**ПРИМІТКА.** Загалом вони відповідають максимальній несучій здатності конструкції або елемента конструкції.

**1.5.2.14 граничні стани за експлуатаційною придатністю**

стани, що відповідають умовам, поза межами яких визначені експлуатаційні вимоги для конструкції або елемента конструкції більше не виконуються

**1.5.2.14.1 незворотні граничні стани експлуатаційної придатності**

граничні стани експлуатаційної придатності, де деякі наслідки дій, що перевищують визначені експлуатаційні вимоги, залишатимуться після припинення цих дій

**1.5.2.14.2 зворотні граничні стани експлуатаційної придатності**

граничні стани експлуатаційної придатності, де відсутні наслідки дій, що перевищують визначені експлуатаційні вимоги після припинення цих дій

**1.5.2.14.3 критерій експлуатаційної придатності**

розрахунковий критерій для граничного стану експлуатаційної придатності

**1.5.2.7 seismic design situation**

design situation involving exceptional conditions of the structure when subjected to a seismic event

**1.5.2.8 design working life**

assumed period for which a structure or part of it is to be used for its intended purpose with anticipated maintenance but without major repair being necessary

**1.5.2.9 hazard**

for the purpose of EN 1990 to EN 1999, an unusual and severe event, e.g. an abnormal action or environmental influence, insufficient strength or resistance, or excessive deviation from intended dimensions

**1.5.2.10 load arrangement**

identification of the position, magnitude and direction of a free action

**1.5.2.11 load case**

compatible load arrangements, sets of deformations and imperfections considered simultaneously with fixed variable actions and permanent actions for a particular verification

**1.5.2.12 limit states**

states beyond which the structure no longer fulfils the relevant design criteria

**1.5.2.13 ultimate limit states**

states associated with collapse or with other similar forms of structural failure

**NOTE** They generally correspond to the maximum load-carrying resistance of a structure or structural member.

**1.5.2.14 serviceability limit states**

states that correspond to conditions beyond which specified service requirements for a structure or structural member are no longer met

**1.5.2.14.1 irreversible serviceability limit states**

serviceability limit states where some consequences of actions exceeding the specified service requirements will remain when the actions are removed

**1.5.2.14.2 reversible serviceability limit states**

serviceability limit states where no consequences of actions exceeding the specified service requirements will remain when the actions are removed

**1.5.2.14.3 serviceability criterion**

design criterion for a serviceability limit state

#### 1.5.2.15 опір

здатність елемента або компонента, або поперечно-го перерізу елемента або компонента конструкції витримувати дії без механічного ушкодження, наприклад, опір при згині, опір при поздовжньому згині, опір на розтяг

#### 1.5.2.16 міцність

механічна властивість матеріалу, що відображає його здатність протидіяти діям, яка, зазвичай, надається в одиницях напруження

#### 1.5.2.17 надійність

здатність конструкції або елемента конструкції виконувати визначені вимоги протягом всього проектного строку служби, для якого вони були сконструйовані. Надійність, як правило, виражається в імовірнісних показниках

**ПРИМІТКА.** Надійність охоплює безпеку, експлуатаційну придатність та довговічність конструкції.

#### 1.5.2.18 диференціація надійності

заходи, призначені для соціально-економічної оптимізації ресурсів, що використовуватимуться для будівель і споруд, та які беруть до уваги всі очікувані наслідки від руйнування та вартість будівель і споруд

#### 1.5.2.19 базова перемінна

частина визначеної групи перемінних, що представляє фізичні кількісні величини, які характеризують дії та вплив навколишнього оточення, геометричні параметри та властивості матеріалу, включаючи властивості ґрунтів

#### 1.5.2.20 утримування і поточне обслуговування

комплекс різних видів діяльності, що виконується протягом експлуатації конструкції для того, щоб надати їй можливість задовольняти вимоги надійності

**ПРИМІТКА.** Діяльність із відновлення конструкції після випадкової аварії або ушкодження внаслідок сейсмічного впливу, зазвичай, знаходиться за межами поточного обслуговування.

#### 1.5.2.21 ремонт

види діяльності, що виконуються для того, щоб захистити або відновити функції конструкції, що виходять за межі, визначені для поточного обслуговування

#### 1.5.2.22 номінальне значення

значення визначене на нестатистичній базі, наприклад, на базі отриманого досвіду або фізичного стану

### 1.5.3 Терміни, що мають відношення до дій

#### 1.5.3.1 дія (*F*)

- сукупність сил (навантажень), які прикладені до конструкції (пряма дія);
- сукупність прикладених деформацій або прискорень, що викликані, наприклад, зміною температури, зміною вологості, нерівномірним осіданням або землетрусами (непряма дія).

#### c)1.5.2.15 resistance

capacity of a member or component, or a cross-section of a member or component of a structure, to withstand actions without mechanical failure e.g. bending resistance, buckling resistance, tension resistance

#### 1.5.2.16 strength

mechanical property of a material indicating its ability to resist actions, usually given in units of stress

#### 1.5.2.17 reliability

ability of a structure or a structural member to fulfil the specified requirements, including the design working life, for which it has been designed. Reliability is usually expressed in probabilistic terms

**NOTE** Reliability covers safety, serviceability and durability of a structure.

#### 1.5.2.18 reliability differentiation

measures intended for the socio-economic optimisation of the resources to be used to build construction works, taking into account all the expected consequences of failures and the cost of the construction works

#### 1.5.2.19 basic variable

part of a specified set of variables representing physical quantities which characterise actions and environmental influences, geometrical quantities, and material properties including soil properties

#### 1.5.2.20 maintenance

set of activities performed during the working life of the structure in order to enable it to fulfil the requirements for reliability

**NOTE** Activities to restore the structure after an accidental or seismic event are normally outside the scope of maintenance.

#### 1.5.2.21 repair

activities performed to preserve or to restore the function of a structure that fall outside the definition of maintenance

#### 1.5.2.22 nominal value

value fixed on non-statistical bases, for instance on acquired experience or on physical conditions

### 1.5.3 Terms relating to actions

#### 1.5.3.1 action (*F*)

- Set of forces (loads) applied to the structure (direct action);
- Set of imposed deformations or accelerations caused for example, by temperature changes, moisture variation, uneven settlement or earthquakes (indirect action).



**1.5.3.2 результат дії (E)**

результат дій (або ефект дії) на елементи конструкції (наприклад, внутрішня сила, момент, напруження, деформації) або на всю конструкцію (тобто переміщення, поворот)

**1.5.3.3 постійна дія (G)**

дія, що, вірогідно, діятиме протягом базового періоду та варіації значень якої протягом цього часу є незначними, або для якої варіації завжди відбуваються в одному напрямку (монотонні), доки ця дія не досягне визначеного граничного параметра

**1.5.3.4 перемінна дія (Q)**

дія, варіації величини якої протягом часу є ні незначними, ні монотонними

**1.5.3.5 випадкова дія (A)**

дія, що, як правило, коротка за часом, але має значну величину, і є малоймовірною стосовно впливу на дану споруду протягом проектного терміну експлуатації

**ПРИМІТКА 1.** Випадкова дія, як очікується, може викликати в багатьох випадках серйозні наслідки, якщо не вжити відповідних заходів.

**ПРИМІТКА 2.** Ударне навантаження, сніг, вітер, сейсмічні дії можуть бути перемінними або випадковими діями, залежно від наявної інформації стосовно статистичних розподілів.

**1.5.3.6 сейсмічна дія (A<sub>E</sub>)**

дія, що виникає внаслідок сейсмічних зрушень земної кори

**1.5.3.7 геотехнічна дія**

дія, що передається на споруду ґрунтом, засипкою або ґрунтовими водами

**1.5.3.8 фіксована дія**

дія, що має фіксоване розподілення та місцеположення відносно конструкції або елемента конструкції так, що величина та напрямок дії є визначеними однозначно для конструкції в цілому або для елемента конструкції, якщо ця величина та напрямок визначені на одній точці конструкції або елемента конструкції

**1.5.3.9 вільна дія**

дія, що може мати різне просторове розподілення стосовно конструкції

**1.5.3.10 поодинокі дія**

дія, яку можливо припустити як статистичне незалежну в часі та просторі відносно будь-якої іншої дії на конструкцію

**1.5.3.11 статична дія**

дія, що не викликає значного прискорення конструкції або елементів конструкції

**1.5.3.12 динамічна дія**

дія, що викликає значне прискорення конструкції або елементів сконструкції

**1.5.3.2 effect of action (E)**

effect of actions (or action effect) on structural members, (e.g. internal force, moment, stress, strain) or on the whole structure (e.g. deflection, rotation)

**1.5.3.3 permanent action (G)**

action that is likely to act throughout a given reference period and for which the variation in magnitude with time is negligible, or for which the variation is always in the same direction (monotonic) until the action attains a certain limit value

**1.5.3.4 variable action (Q)**

action for which the variation in magnitude with time is neither negligible nor monotonic

**1.5.3.5 accidental action (A)**

action, usually of short duration but of significant magnitude, that is unlikely to occur on a given structure during the design working life

**NOTE 1** An accidental action can be expected in many cases to cause severe consequences unless appropriate measures are taken.

**NOTE 2** Impact, snow, wind and seismic actions may be variable or accidental actions, depending on the available information on statistical distributions.

**1.5.3.6 seismic action (A<sub>E</sub>)**

action that arises due to earthquake ground motions

**1.5.3.7 geotechnical action**

action transmitted to the structure by the ground, fill or groundwater

**1.5.3.8 fixed action**

action that has a fixed distribution and position over the structure or structural member such that the magnitude and direction of the action are determined unambiguously for the whole structure or structural member if this magnitude and direction are determined at one point on the structure or structural member

**1.5.3.9 free action**

action that may have various spatial distributions over the structure

**1.5.3.10 single action**

action that can be assumed to be statistically independent in time and space of any other action acting on the structure

**1.5.3.11 static action**

action that does not cause significant acceleration of the structure or structural members

**1.5.3.12 dynamic action**

action that causes significant acceleration of the structure or structural members

### 1.5.3.13 квазістатична дія

динамічна дія, що представлена еквівалентною за наслідками статичною дією в розрахунковій статичній моделі

### 1.5.3.14 характеристичне значення дії ( $F_k$ )

головне репрезентативне значення дії

**ПРИМІТКА.** Оскільки характеристичне значення може бути призначене на статистичній основі, то воно вибирається так, щоб відповідати заданій вірогідності неперевищення цього значення з несприятливого боку протягом "базового періоду", беручи до уваги проектний термін експлуатації даної конструкції та тривалість цієї розрахункової ситуації.

### 1.5.3.15 базовий період

вибраний період часу, що використовується в якості основи для оцінки статистичні перемінних дій, та, можливо, для випадкових дій

### 1.5.3.16 комбінаційне значення перемінної дії

( $\psi_0 Q_k$ )

вибране значення, яке може бути визначене на статистичній основі так, що вірогідність того, що результати, викликані цією комбінацією, будуть перевищені, є, приблизно, такою ж, як і характеристичне значення індивідуальної дії. Це значення може бути виражене як визначена частина характеристичної величини завдяки використанню коефіцієнта  $\psi_0 \leq 1$

### 1.5.3.17 часто повторюване значення перемінної дії ( $\psi_1 Q_k$ )

детерміноване значення, яке може бути визначене на статистичній основі так, що в межах базового періоду, протягом якого воно є перевищеним, є тільки малою часткою базового періоду, або частота його перевищення обмежена відповідним значенням. Це значення може бути виражене як визначена частина характеристичного значення, використовуючи коефіцієнт  $\psi_1 \leq 1$

### 1.5.3.18 квазіпостійна величина перемінної дії ( $\psi_2 Q_k$ )

детермінована величина така, що загальний час, протягом якого вона буде перевищена, становить значну долю базового періоду. Може бути виражена як визначена частина характеристичного значення, використовуючи коефіцієнт  $\psi_2 \leq 1$

### 1.5.3.19 супутня величина перемінної дії

( $\psi Q_k$ )

величина перемінної дії, що є супутньою, в комбінації для провідної дії у комбінації

**ПРИМІТКА.** Супутня величина перемінної дії може бути комбінаційною величиною, частою повторюваною величиною або квазіпостійною величиною.

### 1.5.3.20 репрезентативна величина дії ( $F_{rep}$ )

величина, що використовується для перевірки граничного стану. Репрезентативна величина може бути характеристичною величиною ( $F_k$ ) або супутньою величиною ( $\psi F_k$ )

### 1.5.3.13 quasi-static action

dynamic action represented by an equivalent static action in a static model

### 1.5.3.14 characteristic value of an action ( $F_k$ )

principal representative value of an action

**NOTE** In so far as a characteristic value can be fixed on statistical bases, it is chosen so as to correspond to a prescribed probability of not being exceeded on the unfavourable side during a "reference period" taking into account the design working life of the structure and the duration of the design situation.

### 1.5.3.15 reference period

chosen period of time that is used as a basis for assessing statistically variable actions, and possibly for accidental actions

### 1.5.3.16 combination value of a variable action

( $\psi_0 Q_k$ )

value chosen - in so far as it can be fixed on statistical bases - so that the probability that the effects caused by the combination will be exceeded is approximately the same as by the characteristic value of an individual action. It may be expressed as a determined part of the characteristic value by using a factor  $\psi_0 \leq 1$

### 1.5.3.17 frequent value of a variable action

( $\psi_1 Q_k$ )

value determined - in so far as it can be fixed on statistical bases - so that either the total time, within the reference period, during which it is exceeded is only a small given part of the reference period, or the frequency of it being exceeded is limited to a given value. It may be expressed as a determined part of the characteristic value by using a factor  $\psi_1 \leq 1$

### 1.5.3.18 quasi-permanent value of a variable action

( $\psi_2 Q_k$ )

value determined so that the total period of time for which it will be exceeded is a large fraction of the reference period. It may be expressed as a determined part of the characteristic value by using a factor  $\psi_2 \leq 1$

### 1.5.3.19 accompanying value of a variable action

( $\psi Q_k$ )

value of a variable action that accompanies the leading action in a combination

**NOTE** The accompanying value of a variable action may be the combination value, the frequent value or the quasi-permanent value.

### 1.5.3.20 representative value of an action ( $F_{rep}$ )

value used for the verification of a limit state. A representative value may be the characteristic value ( $F_k$ ) or an accompanying value ( $\psi F_k$ )

**1.5.3.21 розрахункова величина дії ( $F_d$ )**

величина, отримана множенням характеристичної величини на частковий коефіцієнт  $\gamma_f$

**ПРИМІТКА.** Результат множення характерної величини на частковий коефіцієнт  $\gamma_f = \gamma_{sd} \times \gamma_f$ , визначений як розрахункова величина дії (див. 6.3.2).

**1.5.3.22 комбінація дій**

група розрахункових величин, що використовуються для перевірки надійності конструкції для граничного стану при одночасному впливі різних дій

**1.5.4 Терміни, що мають відношення до властивостей матеріалів та виробів****1.5.4.1 характеристична величина ( $X_k$  або  $R_k$ )**

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

**1.5.4.2 розрахункова величина властивості матеріалу або виробу ( $X_d$  або  $R_d$ )**

величина, що отримана завдяки розділенню характеристичного значення на частковий коефіцієнт  $\gamma_m$  або  $\gamma_M$ , або, в особливих обставинах, безпосереднім визначенням

**1.5.4.3 номінальна величина властивості матеріалу або виробу ( $X_{nom}$  або  $R_{nom}$ )**

величина, що, як правило, використовується як характеристична величина і встановлена відповідно до належного документа, наприклад, Європейський стандарт або Попередній Європейський стандарт

**1.5.5 Терміни, що мають відношення до геометричних даних****1.5.5.1 характеристична величина геометричної характеристики ( $\alpha_k$ )**

величина, що, зазвичай, відповідає розмірам, визначеним у проекті. Там, де доречно, величини геометричних розмірів можуть відповідати заданим квантилям статистичного розподілення

**1.5.5.2 розрахункова величина геометричної характеристики ( $\alpha_d$ )**

звичайно це - номінальна величина. Там, де доречно, величини геометричних розмірів можуть відповідати заданим квантилям статистичного розподілення

**ПРИМІТКА.** Розрахункова величина геометричної характеристики, звичайно, дорівнює характеристичному значенню. Однак, може бути по-іншому у випадках, де граничний стан, що розглядається, є дуже чутливим до показника геометричної характеристики, наприклад, коли розглядається вплив геометричних недосконалостей на поздовжній вигин. У таких випадках розрахункова величина буде, зазвичай, встановлюватись як безпосередньо задана величина, наприклад, у відповідному Європейському стандарті або Попередньому Європейському стандарті.

**1.5.3.21 design value of an action ( $F_d$ )**

value obtained by multiplying the representative value by the partial factor  $\gamma_f$

**NOTE** The product of the representative value multiplied by the partial factor  $\gamma_f = \gamma_{sd} \times \gamma_f$  may also be designated as the design value of the action (See 6.3.2).

**1.5.3.22 combination of actions**

set of design values used for the verification of the structural reliability for a limit state under the simultaneous influence of different actions

**1.5.4 Terms relating to material and product properties****1.5.4.1 characteristic value ( $X_k$  or  $R_k$ )**

value of a material or product property having a prescribed probability of not being attained in a hypothetical unlimited test series. This value generally corresponds to a specified fractile of the assumed statistical distribution of the particular property of the material or product. A nominal value is used as the characteristic value in some circumstances

**1.5.4.2 design value of a material or product property ( $X_d$  or  $R_d$ )**

value obtained by dividing the characteristic value by a partial factor  $\gamma_m$  or  $\gamma_M$ , or, in special circumstances, by direct determination

**1.5.4.3 nominal value of a material or product property ( $X_{nom}$  or  $R_{nom}$ )**

value normally used as a characteristic value and established from an appropriate document such as a European Standard or Prestandard

**1.5.5 Terms relating to geometrical data****1.5.5.1 characteristic value of a geometrical property ( $\alpha_k$ )**

value usually corresponding to the dimensions specified in the design. Where relevant, values of geometrical quantities may correspond to some prescribed fractiles of the statistical distribution

**1.5.5.2 design value of a geometrical property ( $\alpha_d$ )**

generally a nominal value. Where relevant, values of geometrical quantities may correspond to some prescribed fractile of the statistical distribution

**NOTE** The design value of a geometrical property is generally equal to the characteristic value. However, it may be treated differently in cases where the limit state under consideration is very sensitive to the value of the geometrical property, for example when considering the effect of geometrical imperfections on buckling. In such cases, the design value will normally be established as a value specified directly, for example in an appropriate European Standard or Prestandard. Alternatively, it can be established from a statistical basis, with a value corresponding to a more appropriate fractile (e.g. a rarer value) than applies to the characteristic value.

Як альтернатива вона може бути встановлена на статистичній основі зі значенням, що відповідає більш відповідному квантилю (тобто більш рідкісна величина) ніж той, що використовується для характеристичного значення.

### 1.5.6 Терміни, що мають відношення до конструктивного розрахунку

**ПРИМІТКА.** Визначення, що наведені в цій статті, не обов'язково можуть мати відношення до термінів, які використовуються в EN 1990, але є включеними сюди, щоб гарантувати гармонізацію термінів, які відносяться до розрахунків конструкцій у EN 1991 - EN 1999.

#### 1.5.6.1 конструктивний розрахунок

процедура або алгоритм для визначення результатів від дій у кожній точці конструкції

**ПРИМІТКА.** Конструктивний розрахунок може виконуватись на трьох рівнях, використовуючи різні моделі: загальний розрахунок, розрахунок елемента, локальний розрахунок.

#### 1.5.6.2 загальний розрахунок

визначення в конструкції узгоджених сполучень або внутрішніх сил і моментів або напружень, що є врівноваженими з конкретною визначеною сукупністю дій на конструкцію, та залежить від геометричних і конструктивних даних, а також властивостей матеріалів

#### 1.5.6.3 лінійно-пружний розрахунок першого порядку без перерозподілу

пружний розрахунок, що базується на лінійній залежності напруження/деформації або момент/кривина і виконаний при початковій геометрії

#### 1.5.6.4 лінійно-пружний розрахунок першого порядку з перерозподілом

лінійно-пружний розрахунок, в якому внутрішні моменти та сили є модифікованими для конструктивного розрахунку відповідно до даних зовнішніх дій та без більш точного розрахунку можливості повороту

#### 1.5.6.5 лінійно-пружний розрахунок другого порядку

лінійно-пружний розрахунок, який використовує лінійну залежність напруження/деформації, застосований при геометрії деформованої конструкції

#### 1.5.6.6 нелінійний розрахунок першого порядку

конструктивний розрахунок, який виконується за початковими геометричними даними, що бере до уваги властивості нелінійної деформації матеріалів

**ПРИМІТКА.** Нелінійний розрахунок першого порядку є або пружним з відповідними припущеннями, або ідеально пружно-пластичним (див. 1.5.6.8 та 1.5.6.9), або пружно-пластичним (див. 1.5.6.8 і 1.5.6.9) або жорстко-пластичним (див.1.5.6.11).

#### 1.5.6.7 нелінійний розрахунок другого порядку

конструктивний розрахунок, який виконується за геометричними даними деформованої конструкції, що бере до уваги властивості нелінійної деформації матеріалів

**ПРИМІТКА.** Нелінійний розрахунок другого порядку є або ідеально пружно-пластичним або пружно-пластичним.

### 1.5.6 Terms relating to structural analysis

**NOTE** The definitions contained in the clause may not necessarily relate to terms used in EN 1990, but are included here to ensure a harmonisation of terms relating to structural analysis for EN 1991 to EN 1999.

#### 1.5.6.1 structural analysis

procedure or algorithm for determination of action effects in every point of a structure

**NOTE** A structural analysis may have to be performed at three levels using different models : global analysis, member analysis, local analysis.

#### 1.5.6.2 global analysis

determination, in a structure, of a consistent set of either internal forces and moments, or stresses, that are in equilibrium with a particular defined set of actions on the structure, and depend on geometrical, structural and material properties

#### 1.5.6.3 first order linear-elastic analysis without redistribution

elastic structural analysis based on linear stress/strain or moment/curvature laws and performed on the initial geometry

#### 1.5.6.4 first order linear-elastic analysis with redistribution

linear elastic analysis in which the internal moments and forces are modified for structural design, consistently with the given external actions and without more explicit calculation of the rotation capacity

#### 1.5.6.5 second order linear-elastic analysis

elastic structural analysis, using linear stress/strain laws, applied to the geometry of the deformed structure

#### 1.5.6.6 first order non-linear analysis

structural analysis, performed on the initial geometry, that takes account of the non-linear deformation properties of materials

**NOTE** First order non-linear analysis is either elastic with appropriate assumptions, or elastic-perfectly plastic (see 1.5.6.8 and 1.5.6.9), or elasto-plastic (see 1.5.6.10) or rigid-plastic (see 1.5.6.11).

#### 1.5.6.7 second order non-linear analysis

structural analysis, performed on the geometry of the deformed structure, that takes account of the non-linear deformation properties of materials

**NOTE** Second order non-linear analysis is either elastic-perfectly plastic or elasto-plastic.

**1.5.6.8 ідеально пружно-пластичний розрахунок першого порядку**

конструктивний розрахунок, який базується на залежності момент/кривина, яка складається з лінійної частини і наступною за нею пластичною частиною без зміцнення, виконаний за початковою геометрією конструкції

**1.5.6.9 ідеально пружно-пластичний розрахунок другого порядку**

конструктивний розрахунок, який базується на залежності момент/кривина, яка складається з лінійної частини і наступної за нею пластичної частини без зміцнення, виконаний за геометричними даними зміщеної (або деформованої) конструкції

**1.5.6.10 пружно-пластичний розрахунок (першого або другого порядку)**

конструктивний розрахунок, який використовує залежність напруження/деформації або момент/кривина, які складаються з лінійної частини і наступної за нею пластичної частини з або без зміцнення

**ПРИМІТКА.** Загалом виконується за початковими геометричними даними або також може виконуватись за геометричними даними зміщеної (або деформованої) конструкції.

**1.5.6.11 жорстко-пластичний розрахунок**

розрахунок, виконаний при початковій геометрії, що використовує розрахунок за теоремами граничного стану для безпосередньої оцінки граничного навантаження

**ПРИМІТКА.** Залежність момент/кривина приймається без врахування пружних деформацій і без зміцнення.

**1.6 Символи**

У цьому Європейському Стандарті використовуються такі символи.

**ПРИМІТКА.** Прийняті позначення базуються на ISO 3898:1987

**Великі латинські літери**

$A$	Випадкова дія
$A_d$	Розрахункова величина випадкової дії
$A_{Ed}$	Розрахункова величина сейсмічної дії
$A_{Ek}$	Характеристична величина сейсмічної дії
$C_d$	Номінальна величина або функція фактичних розрахункових властивостей матеріалів
$E$	Результат дій
$E_d$	Розрахункова величина результату дій
$E_{d,dst}$	Розрахункова величина результату дестабілізуючих дій
$E_{d,sbt}$	Розрахункова величина результату стабілізуючих дій
$F$	Дія
$F_d$	Розрахункова величина дії

**1.5.6.8 first order elastic-perfectly plastic analysis**

structural analysis based on moment/curvature relationships consisting of a linear elastic part followed by a plastic part without hardening, performed on the initial geometry of the structure

**1.5.6.9 second order elastic-perfectly plastic analysis**

structural analysis based on moment/curvature relationships consisting of a linear elastic part followed by a plastic part without hardening, performed on the geometry of the displaced (or deformed) structure

**1.5.6.10 elasto-plastic analysis (first or second order)**

structural analysis that uses stress-strain or moment/curvature relationships consisting of a linear elastic part followed by a plastic part with or without hardening

**NOTE** In general, it is performed on the initial structural geometry, but it may also be applied to the geometry of the displaced (or deformed) structure.

**1.5.6.11 rigid plastic analysis**

analysis, performed on the initial geometry of the structure, that uses limit analysis theorems for direct assessment of the ultimate loading

**NOTE** The moment/curvature law is assumed without elastic deformation and without hardening.

**1.6 Symbols**

For the purposes of this European Standard, the following symbols apply.

**NOTE** The notation used is based on ISO 3898:1987

**Latin upper case letters**

$A$	Accidental action
$A_d$	Design value of an accidental action
$A_{Ed}$	Design value of seismic action
$A_{Ek}$	Characteristic value of seismic action
$C_d$	Nominal value, or a function of certain design properties of materials
$E$	Effect of actions
$E_d$	Design value of effect of actions
$E_{d,dst}$	Design value of effect of destabilising actions
$E_{d,sbt}$	Design value of effect of stabilising actions
$F$	Action
$F_d$	Design value of an action

$F_k$	Характеристична величина дії	$F_k$	Characteristic value of an action
$F_{rep}$	Репрезентативна величина дії	$F_{rep}$	Representative value of an action
$G$	Постійна дія	$G$	Permanent action
$G_d$	Розрахункова величина постійної дії	$G_d$	Design value of a permanent action
$G_{d,inf}$	Нижня розрахункова величина постійної дії	$G_{d,inf}$	Lower design value of a permanent action
$G_{d,sap}$	Верхня розрахункова величина постійної дії	$G_{d,sap}$	Upper design value of a permanent action
$G_k$	Характеристична величина постійної дії	$G_k$	Characteristic value of a permanent action
$G_{kj}$	Характеристична величина постійної дії $j$	$G_{kj}$	Characteristic value of permanent action $j$
$G_{k_i,sup} / G_{k_i,inf}$	Верхня/нижня характеристична величина постійної дії $j$	$G_{k_i,sup} / G_{k_i,inf}$	Upper/lower characteristic value of permanent action $j$
$P$	Відповідна репрезентативна величина дії попереднього напруження (див. EN 1992 - EN 1996 та EN 1998 -EN 1999)	$P$	Relevant representative value of a prestressing action (see EN 1992 to EN 1996 and EN 1998 to EN 1999)
$P_d$	Розрахункова величина дії попереднього напруження	$P_d$	Design value of a prestressing action
$P_k$	Характеристична величина дії попереднього напруження	$P_k$	Characteristic value of a prestressing action
$P_m$	Середня величина дії попереднього напруження	$P_m$	Mean value of a prestressing action
$Q$	Перемінна дія	$Q$	Variable action
$Q_d$	Розрахункова величина перемінної дії	$Q_d$	Design value of a variable action
$Q_k$	Характеристична величина однієї перемінної дії	$Q_k$	Characteristic value of a single variable action
$Q_{k,1}$	Характеристична величина провідної перемінної дії 1	$Q_{k,1}$	Characteristic value of the leading variable action 1
$Q_{k,l}$	Характеристична величина супутньої перемінної дії $l$	$Q_{k,l}$	Characteristic value of the accompanying variable action $l$
$R$	Міцність	$R$	Resistance
$R_d$	Розрахункова величина міцності	$R_d$	Design value of the resistance
$R_k$	Характеристична величина міцності	$R_k$	Characteristic value of the resistance
$X$	Властивість матеріалу	$X$	Material property
$X_d$	Розрахункова величина властивості матеріалу	$X_d$	Design value of a material property
$X_k$	Характеристична величина властивості матеріалу	$X_k$	Characteristic value of a material property
<b>Латинські малі літери</b>		<b>Latin lower case letters</b>	
$\alpha_d$	Розрахункові величини геометричних даних	$\alpha_d$	Design values of geometrical data
$\alpha_k$	Характеристичні величини геометричних даних	$\alpha_k$	Characteristic values of geometrical data
$\alpha_{nom}$	Номинальна величина геометричних даних	$\alpha_{nom}$	Nominal value of geometrical data
$u$	Горизонтальне переміщення конструкції або елемента конструкції	$u$	Horizontal displacement of a structure or structural member

$w$  Вертикальне переміщення елемента конструкції

$w$  Vertical deflection of a structural member

### Грецькі великі літери

$\Delta\alpha$  Зміна номінальних геометричних розмірів з метою врахування в розрахунку, наприклад, оцінки впливу недосконалостей

### Greek upper case letters

$\Delta\alpha$  Change made to nominal geometrical data for particular design purposes, e.g. assessment of effects of imperfections

### Грецькі малі літери

$\gamma$  Частковий коефіцієнт (безпека або експлуатаційна придатність)

### Greek lower case letters

$\gamma$  Partial factor (safety or serviceability)

$\gamma_f$  Частковий коефіцієнт для дій, що бере до уваги вірогідність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин

$\gamma_f$  Partial factor for actions, which takes account of the possibility of unfavourable deviations of the action values from the representative values

$\gamma_F$  Частковий коефіцієнт для дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі

$\gamma_F$  Partial factor for actions, also accounting for model uncertainties and dimensional variations

$\gamma_g$  Частковий коефіцієнт для постійних дій, що бере до уваги вірогідність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин

$\gamma_g$  Partial factor for permanent actions, which takes account of the possibility of unfavourable deviations of the action values from the representative values

$\gamma_G$  Частковий коефіцієнт для постійних дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі

$\gamma_G$  Partial factor for permanent actions, also accounting for model uncertainties and dimensional variations

$\gamma_{Gj}$  Частковий коефіцієнт для постійної дії  $j$

$\gamma_{Gj}$  Partial factor for permanent action  $j$

$\gamma_{Gj, sup} / \gamma_{Gj, inf}$  Частковий коефіцієнт для постійної дії; при підрахунку верхньої/нижньої розрахункових величин

$\gamma_{Gj, sup} / \gamma_{Gj, inf}$  Partial factor for permanent action./ in calculating upper/lower design values

$\gamma_I$  Фактор значимості (див. EN 1998)

$\gamma_I$  Importance factor (see EN 1998)

$\gamma_m$  Частковий коефіцієнт для властивості матеріалу

$\gamma_m$  Partial factor for a material property

$\gamma_M$  Частковий коефіцієнт для властивості матеріалу, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі

$\gamma_M$  Partial factor for a material property, also accounting for model uncertainties and dimensional variations

$\gamma_P$  Частковий коефіцієнт для дій попереднього напруження (див. EN 1992-EN 1996 та EN 1998 - EN 1999)

$\gamma_P$  Partial factor for prestressing actions (see EN 1992 to EN 1996 and EN 1998 to EN 1999)

$\gamma_q$  Частковий коефіцієнт для перемінних дій, що бере до уваги вірогідність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних величин

$\gamma_q$  Partial factor for variable actions, which takes account of the possibility of unfavourable deviations of the action values from the representative values

$\gamma_Q$  Частковий коефіцієнт для перемінних дій, що також враховує невизначеності та розмірні варіації моделі

$\gamma_Q$  Partial factor for variable actions, also accounting for model uncertainties and dimensional variations

$\gamma_{Q,i}$  Частковий коефіцієнт для перемінної дії  $i$

$\gamma_{Q,i}$  Partial factor for variable action  $i$

$\gamma_{Rd}$  Частковий коефіцієнт, який пов'язаний з невизначеністю моделі опору

$\gamma_{Rd}$  Partial factor associated with the uncertainty of the resistance model

$\gamma_{Sd}$  Частковий коефіцієнт, який пов'язаний з невизначеністю дії та/або моделлю результату дії

$\gamma_{Sd}$  Partial factor associated with the uncertainty of the action and/or action effect model

$\eta$  Переводний коефіцієнт

$\eta$  Conversion factor

$\zeta$  Коефіцієнт зменшення

$\zeta$  Reduction factor

$\psi_0$  Коефіцієнт для комбінаційної величини перемінної дії

$\psi_0$  Factor for combination value of a variable action

- $\psi_1$  Коефіцієнт для частоті величини перемінної дії
- $\psi_2$  Коефіцієнт для квазіпостійної величини перемінної дії

- $\psi_1$  Factor for frequent value of a variable action
- $\psi_2$  Factor for quasi-permanent value of a variable action

## Розділ 2 ВИМОГИ

## Section 2 REQUIREMENTS

### 2.1 Основні вимоги

### 2.1 Basic requirements

(1)Р Конструкція повинна бути сконструйована та виконана так, щоб протягом призначеного життєвого циклу з відповідними ступенем надійності та економічності вона:

(1)P A structure shall be designed and executed in such a way that it will, during its intended life, with appropriate degrees of reliability and in an economical way

- витримувала всі можливі дії та впливи під час її зведення і використання та
- залишалася придатною до використання, для якого вона була призначена.

- sustain all actions and influences likely to occur during execution and use, and
- remain fit for the use for which it is required.

(2)Р Конструкція повинна бути сконструйована з відповідною:

(2)P A structure shall be designed to have adequate:

- несучою здатністю,
- експлуатаційною придатністю та
- довговічністю.

- structural resistance,
- serviceability, and
- durability.

(3)Р У випадку пожежі несуча здатність повинна бути достатньою протягом визначеного періоду часу.

(3)P In the case of fire, the structural resistance shall be adequate for the required period of time.

**ПРИМІТКА.** Див. також EN 1991-1-2

**NOTE** See also EN 1991-1-2

(4)Р Конструкція повинна бути сконструйована та виконана так, щоб не зазнавати пошкоджень внаслідок:

(4)P A structure shall be designed and executed in such a way that it will not be damaged by events such as:

- вибуху,
- ударів та
- наслідків людської помилки у розмірі, не пропорційному першопричині.

- explosion,
- impact, and
- the consequences of human errors, to an extent disproportionate to the original cause.

**ПРИМІТКА 1.** Події, які необхідно враховувати, узгоджуються для індивідуального проекту замовником та відповідним органом.

**NOTE 1** The events to be taken into account are those agreed for an individual project with the client and the relevant authority.

**ПРИМІТКА 2.** Подальша інформація надана в EN 1991-1-7.

**NOTE 2** Further information is given in EN 1991-1-7.

(5)Р Потенційні руйнування повинні бути виключені або обмежені завдяки вибору одного або декількох з такого:

(5)P Potential damage shall be avoided or limited by appropriate choice of one or more of the following:

- уникнення, усунення або зниження небезпеки, якій може бути піддана конструкція;
- вибір конструкційної форми, що є малочутливою до небезпеки, що розглядається;
- вибір конструктивної форми та проектування, які можуть забезпечити адекватну цілісність конструкції при усуненні окремого елемента або обмеженої частини конструкції, або при виникненні допустимого локального руйнування;
- уникнення, наскільки це є можливим, використання конструктивних систем, що можуть несподівано руйнуватись;
- об'єднання конструктивних елементів.

- avoiding, eliminating or reducing the hazards to which the structure can be subjected;
- selecting a structural form which has low sensitivity to the hazards considered;
- selecting a structural form and design that can survive adequately the accidental removal of an individual member or a limited part of the structure, or the occurrence of acceptable localised damage;
- avoiding as far as possible structural systems that can collapse without warning;
- tying the structural members together.

(6) Основні вимоги повинні бути виконані завдяки:

(6) The basic requirements should be met:

- вибору придатних матеріалів,
- відповідному розрахунку та належним кресленням та

- by the choice of suitable materials,
- by appropriate design and detailing, and



- визначенню процедур контролю проектування, виробництва, зведення та використання, які відносяться до конкретного проекту.

(7) Положення Розділу 2 повинні тлумачитись враховуючи, що проектування виконується з необхідною кваліфікацією і ретельністю з врахуванням особливостей середовища і базуючись на сучасних знаннях та належній практиці, які існують під час проектування споруди.

## 2.2 Керування надійністю

(1) Надійність, яка вимагається від конструкції, відповідно до EN 1990 буде досягнута:

а) завдяки проектуванню згідно з EN 1990 - EN 1999 та

б) завдяки

- належному виконанню та
- заходам з керування якістю.

**ПРИМІТКА.** Див. 2.2(5) та Додаток В

(2) Серед іншого різні рівні надійності можуть бути прийняті:

- для несучої здатності;
- для експлуатаційної придатності.

(3) При виборі рівнів надійності для відповідної конструкції слід брати до уваги відповідні фактори, які включають:

- можливі причини та /або режим досягнення граничного стану;
- можливі наслідки руйнування, які стосуються ризику для життя, тілесних ушкоджень, потенційних економічних втрат;
- суспільне неприйняття руйнування;
- витрати та процедури, необхідні для зменшення ризику руйнування.

(4) Рівні надійності, що використовуються для відповідної конструкції, можуть бути визначені одним з наступних або обома способами:

- класифікацією конструкції в цілому;
- класифікацією її компонентів.

**ПРИМІТКА.** Див. також додаток В

(5) Рівні надійності відносно несучої здатності та експлуатаційної придатності можуть досягатись відповідною комбінацією:

- а) превентивних та захисних заходів (наприклад, створенням захисних бар'єрів, активними та пасивними захисними заходами проти пожежі, захисними заходами проти ризику появи корозії, такими як фарбування або катодний захист);
- б) заходів, що відносяться до проектних розрахунків:
  - репрезентативних величин дій;
  - вибору часткових коефіцієнтів;
- с) заходів, що відносяться до керування якістю;
- д) заходів, які мають на меті зменшення помилок при проектуванні і зведенні конструкцій та грубих людських помилок;

- by specifying control procedures for design, production, execution, and use relevant to the particular project.

(7) The provisions of Section 2 should be interpreted on the basis that due skill and care appropriate to the circumstances is exercised in the design, based on such knowledge and good practice as is generally available at the time that the design of the structure is carried out.

## 2.2 Reliability management

(1) The reliability required for structures within the scope of EN 1990 shall be achieved:

a) by design in accordance with EN 1990 to EN 1999 and

b) by

- appropriate execution and
- quality management measures.

**NOTE** See 2.2(5) and Annex B

(2) Different levels of reliability may be adopted inter alia:

- for structural resistance;
- for serviceability.

(3) The choice of the levels of reliability for a particular structure should take account of the relevant factors, including:

- the possible cause and /or mode of attaining a limit state;
- the possible consequences of failure in terms of risk to life, injury, potential economical losses;
- public aversion to failure;
- the expense and procedures necessary to reduce the risk of failure.

(4) The levels of reliability that apply to a particular structure may be specified in one or both of the following ways:

- by the classification of the structure as a whole;
- by the classification of its components.

**NOTE** See also Annex B

(5) The levels of reliability relating to structural resistance and serviceability can be achieved by suitable combinations of:

- a) preventative and protective measure's (e.g. implementation of safety barriers, active and passive protective measures against fire, protection against risks of corrosion such as painting or cathodic protection);
- b) measures relating to design calculations:
  - representative values of actions;
  - the choice of partial factors;
- c) measures relating to quality management;
- d) measures aimed to reduce errors in design and execution of the structure, and gross human errors;

- e) інших заходів, що відносяться до таких інших проектних аспектів:
- основні вимоги;
  - ступінь живучості (конструктивна цілісність);
  - довговічність, включаючи вибір проектного строку служби;
  - ступінь та якість попередніх досліджень ґрунтів та можливого впливу навколишнього середовища;
  - точність використаних механічних моделей;
  - виготовлення детальних креслень;

f) ефективного виконання, тобто відповідно до стандартів виконання робіт згідно з EN 1991 – EN 1999;

g) адекватних процедур інспекції та поточного обслуговування, визначених в проектній документації.

(6) Заходи з попередження потенційних причин руйнування та/або зменшення їх наслідків можуть за відповідних обставин бути взаємозамінними, в обмеженому ступені, за умов підтримки рівня надійності, який вимагається.

### 2.3 Проектний термін експлуатації

(1) Проектний термін експлуатації споруди повинен бути визначеним.

**ПРИМІТКА.** Індикативні категорії наведені в таблиці 2.1. Величини, які наведені в таблиці 2.1, можуть також використовуватись для визначення експлуатаційних якостей, які залежать від часу (наприклад, розрахунків на втому). Див. також додаток А.

e) other measures relating to the following other design matters:

- the basic requirements;
- the degree of robustness (structural integrity);
- durability, including the choice of the design working life;
- the extent and quality of preliminary investigations of soils and possible environmental influences;
- the accuracy of the mechanical models used;
- the detailing;

f) efficient execution, e.g. in accordance with execution standards referred to in EN 1991 to EN 1999.

g) adequate inspection and maintenance according to procedures specified in the project documentation.

(6) The measures to prevent potential causes of failure and/or reduce their consequences may, in appropriate circumstances, be interchanged to a limited extent provided that the required reliability levels are maintained.

### 2.3 Design working life

(1) The design working life should be specified.

**NOTE** Indicative categories are given in Table 2.1. The values given in Table 2.1 may also be used for determining time-dependent performance (e.g. fatigue-related calculations). See also Annex A.

**Таблиця 2.1** - Індикативний проектний термін експлуатації

Категорії проектного терміну служби	Індикативний проектний термін служби (роки)	Приклади
1	10	Тимчасові споруди <sup>(1)</sup>
2	10-25	Змінні частини споруди, наприклад, прольотні будівлі козлового крана, опори
3	15-30	Сільськогосподарські та подібні будівлі
4	50	Будівельні споруди та інші будівлі загального призначення
5	100	Монументальні будівельні структури, мости, та інші цивільні інженерні споруди

<sup>(1)</sup> Споруди або частини споруд, що можуть розбиратися для повторного використання, не повинні розглядатися як тимчасові.

**Table 2.1** - Indicative design working life

Design working life category	Indicative design working life (years)	Examples
1	10	Temporary structures <sup>(1)</sup>
2	10 to 25	Replaceable structural parts, e.g. gantry girders, bearings
3	15-30	Agricultural and similar structures
4	50	Building structures and other common structures
5	100	Monumental building structures, bridges, and other civil engineering structures

<sup>(1)</sup> Structures or parts of structures that can be dismantled with a view to being re-used should not be considered as temporary.

## 2.4 Довговічність

(1)Р Конструкцію слід проектувати так, щоб її зношення протягом проектного терміну служби не погіршувало експлуатаційних характеристик конструкції, нижче визначених показників, беручи до уваги вплив навколишнього середовища та передбачений рівень поточного обслуговування.

(2) Для досягнення необхідної довговічності конструкції має братися до уваги таке:

- призначене або передбачене використання конструкції;
- обов'язкові розрахункові критерії;
- очікувані умови навколишнього середовища;
- склад, властивості та характеристики матеріалів та виробів;
- властивості ґрунтів;
- вибір конструктивної схеми;
- форма елементів і виготовлення детальних креслень конструкції;
- рівень кваліфікації виконання робіт та рівень контролю;
- відповідні захисні заходи;
- передбачене поточне обслуговування протягом проектного терміну служби.

**ПРИМІТКА.** Відповідні документи з EN 1992 - EN 1999 визначають доцільні заходи зі зниження зношення.

(3)Р Умови навколишнього середовища повинні бути визначені на стадії проектування так, щоб можна було оцінити їх вплив на довговічність та вжити відповідних заходів для захисту матеріалів, які використані у конструкції.

(4) Ступінь зношення можливо оцінити на базі розрахунків, експериментальних досліджень, досвіду попереднього будівництва або комбінації цих аспектів.

## 2.5 Керування якістю

(1) Для створення конструкції, що відповідає вимогам та припущенням, зробленим при проектуванні, слід вжити відповідних заходів з керування якістю. Ці заходи складаються з:

- визначення вимог до надійності,
- організаційні заходи та
- здійснення контролю на стадіях проектування, введення, експлуатації та поточного обслуговування.

**ПРИМІТКА.** EN ISO 9001:2000 є прийнятною основою для заходів з керування якістю, де це обґрунтовано.

## 2.4 Durability

(1)P The structure shall be designed such that deterioration over its design working life does not impair the performance of the structure below that intended, having due regard to its environment and the anticipated level of maintenance.

(2) In order to achieve an adequately durable structure, the following should be taken into account:

- the intended or foreseeable use of the structure;
- the required design criteria;
- the expected environmental conditions;
- the composition, properties and performance of the materials and products;
- the properties of the soil;
- the choice of the structural system;
- the shape of members and the structural detailing;
- the quality of workmanship, and the level of control;
- the particular protective measures;
- the intended maintenance during the design working life.

**NOTE** The relevant EN 1992 to EN 1999 specify appropriate measures to reduce deterioration.

(3)P The environmental conditions shall be identified at the design stage so that their significance can be assessed in relation to durability and adequate provisions can be made for protection of the materials used in the structure.

(4) The degree of any deterioration may be estimated on the basis of calculations, experimental investigation, experience from earlier constructions, or a combination of these considerations.

## 2.5 Quality management

(1) In order to provide a structure that corresponds to the requirements and to the assumptions made in the design, appropriate quality management measures should be in place. These measures comprise:

- definition of the reliability requirements,
- organisational measures and
- controls at the stages of design, execution, use and maintenance.

**NOTE** EN ISO 9001:2000 is an acceptable basis for quality management measures, where relevant.

### Розділ 3 ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ

#### 3.1 Загальні положення

(1)Р Слід розрізняти граничні стани за несучою здатністю та граничні стани за експлуатаційною придатністю.

**ПРИМІТКА.** У деяких випадках необхідні додаткові перевірки, наприклад, для гарантування безпеки дорожнього руху.

(2) Перевірка однієї з двох категорій граничних станів може бути пропущена за умови наявності достатньої інформації, яка доводить, що ця категорія задовольняється завдяки іншій.

(3)Р Граничні стани повинні бути пов'язаними з розрахунковими ситуаціями, див. 3.2.

(4) Розрахункові ситуації повинні класифікуватися як постійні, перехідні або випадкові, див. 3.2.

(5) Перевірка граничних станів, які пов'язані з залежними від часу ефектами (наприклад, втома), повинна проводитись з врахуванням проектного терміну служби конструкції.

**ПРИМІТКА.** Найбільш залежними від часу ефектами є накопичувані.

#### 3.2 Розрахункові ситуації

(1)Р Відповідні розрахункові ситуації слід вибирати, беручи до уваги обставини, за яких конструкція повинна виконувати власні функції.

(2)Р Розрахункові ситуації повинні класифікуватися як такі:

- постійні розрахункові ситуації, які відносяться до умов нормального використання;

- перехідні розрахункові ситуації, які відносяться до тимчасових для цієї конструкції умов, наприклад, під час виконання або ремонту конструкції;

- випадкові розрахункові ситуації, які відносяться до виключних умов стосовно конструкції, або їх впливу на конструкцію, наприклад, пожежа, вибух, вплив наслідків локалізованого руйнування;

- сейсмічні розрахункові ситуації, які відносяться до умов, коли конструкція зазнає впливу з боку природних сейсмічних сил.

**ПРИМІТКА.** Інформація щодо специфічних розрахункових ситуацій у межах кожного з цих класів наведена у EN 1991 - EN 1999.

(3)Р Вибрані розрахункові ситуації повинні бути у повній мірі суворими і різноманітними, щоб виконувалися всі умови, виникнення яких може бути коректно передбачене протягом зведення та використання споруди.

#### 3.3 Граничні стани за несучою здатністю

(1)Р Граничні стани, що стосуються:

- безпеки людей та/або
- безпеки конструкції

повинні бути класифіковані як граничні стани за несучою здатністю.

### Section 3 PRINCIPLES OF LIMIT STATES DESIGN

#### 3.1 General

(1)P A distinction shall be made between ultimate limit states and serviceability limit states.

**NOTE** In some cases, additional verifications may be needed, for example to ensure traffic safety.

(2) Verification of one of the two categories of limit states may be omitted provided that sufficient information is available to prove that it is satisfied by the other.

(3)P Limit states shall be related to design situations, see 3.2.

(4) Design situations should be classified as persistent, transient or accidental, see 3.2.

(5) Verification of limit states that are concerned with time dependent effects (e.g. fatigue) should be related to the design working life of the construction.

**NOTE** Most time dependent effects are cumulative.

#### 3.2 Design situations

(1)P The relevant design situations shall be selected taking into account the circumstances under which the structure is required to fulfil its function.

(2)P Design situations shall be classified as follows:

- persistent design situations, which refer to the conditions of normal use;

- transient design situations, which refer to temporary conditions applicable to the structure, e.g. during execution or repair;

- accidental design situations, which refer to exceptional conditions applicable to the structure or to its exposure, e.g. to fire, explosion, impact or the consequences of localised failure;

- seismic design situations, which refer to conditions applicable to the structure when subjected to seismic events.

**NOTE** Information on specific design situations within each of these classes is given in EN 1991 to EN 1999.

(3) P The selected design situations shall be sufficiently severe and varied so as to encompass all conditions that can reasonably be foreseen to occur during the execution and use of the structure.

#### 3.3 Ultimate limit states

(1)P The limit states that concern:

- the safety of people, and/or
- the safety of the structure

shall be classified as ultimate limit states.

(2) В деяких обставинах граничні стани, що стосуються захисту вмісту, слід класифікувати як граничні стани за несучою здатністю.

**ПРИМІТКА.** Умови цього для відповідного проекту узгоджуються замовником і відповідальним органом.

(3) Стани, що передують руйнуванню конструкції, які для спрощення розглядаються замість самого руйнування, можуть тлумачитись як граничні стани за несучою здатністю.

(4)P У відповідних випадках повинні бути перевірені такі граничні стани за несучою здатністю:

- втрата рівноваги конструкції або будь-якої її частини, що розглядається як тверде тіло;
- руйнування внаслідок надмірної деформації, трансформації конструкції або будь-якої її частини в механізм, руйнування, втрата стійкості конструкції або будь-якої її частини включно з опорами та фундаментом;
- руйнування внаслідок втоми або інших залежних від часу впливів.

**ПРИМІТКА.** Різні групи часткових коефіцієнтів пов'язані з різними граничними станами за втратою несучої здатності, див. 6.4.1. Руйнування внаслідок надмірної деформації є руйнуванням конструкції внаслідок механічної втрати стійкості.

### 3.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю

(1)P Граничні стани, які стосуються:

- функціонування конструкції або елементів конструкції за нормальних умов експлуатації;
- комфорту людей;
- зовнішнього вигляду будівель і споруд, повинні класифікуватись як граничні стани за експлуатаційною придатністю.

**ПРИМІТКА 1.** Що стосується експлуатаційної придатності, термін "зовнішній вигляд" стосується скоріше таких критеріїв, як значний прогин та надмірні тріщини ніж естетика.

**ПРИМІТКА 2.** Зазвичай, вимоги щодо експлуатаційної придатності узгоджуються для кожного окремого проекту.

(2)P Слід розрізняти зворотні та незворотні граничні стани експлуатаційної придатності.

(3) Перевірка граничних станів за експлуатаційною придатністю повинна базуватись на критеріях, що стосуються таких аспектів:

- a) деформацій, що впливають на
  - зовнішній вигляд,
  - комфорт користувачів або
  - функціонування конструкції (включно з функціонуванням машин або обслуговування) або викликають руйнування оздоблення або неконструктивних елементів;
- b) вібрацій
  - що викликають дискомфорт для людей, або
  - що обмежують функціональну ефективність конструкції;
- c) руйнування, що, вірогідно, негативно впливатимуть на
  - зовнішній вигляд,
  - довговічність або
  - функціонування конструкції.

(2) In some circumstances, the limit states that concern the protection of the contents should be classified as ultimate limit states.

**NOTE** The circumstances are those agreed for a particular project with the client and the relevant authority.

(3) States prior to structural collapse, which, for simplicity, are considered in place of the collapse itself, may be treated as ultimate limit states.

(4)P The following ultimate limit states shall be verified where they are relevant:

- loss of equilibrium of the structure or any part of it, considered as a rigid body;
- failure by excessive deformation, transformation of the structure or any part of it into a mechanism, rupture, loss of stability of the structure or any part of it, including supports and foundations;
- failure caused by fatigue or other time-dependent effects.

**NOTE** Different sets of partial factors are associated with the various ultimate limit states, see 6.4.1. Failure due to excessive deformation is structural failure due to mechanical instability.

### 3.4 Serviceability limit states

(1)P The limit states that concern:

- the functioning of the structure or structural members under normal use;
- the comfort of people;
- the appearance of the construction works, shall be classified as serviceability limit states.

**NOTE 1** In the context of serviceability, the term "appearance" is concerned with such criteria as high deflection and extensive cracking, rather than aesthetics.

**NOTE 2** Usually the serviceability requirements are agreed for each individual project.

(2)P A distinction shall be made between reversible and irreversible serviceability limit states.

(3) The verification of serviceability limit states should be based on criteria concerning the following aspects:

- a) deformations that affect
  - the appearance,
  - the comfort of users, or
  - the functioning of the structure (including the functioning of machines or services), or that cause damage to finishes or non-structural members;
- b) vibrations
  - that cause discomfort to people, or
  - that limit the functional effectiveness of the structure;
- c) damage that is likely to adversely affect
  - the appearance,
  - the durability, or
  - the functioning of the structure.

**ПРИМІТКА.** Додаткові положення відносно критеріїв експлуатаційної придатності надаються у відповідних EN 1992 - EN 1999.

### 3.5 Розрахунок за граничним станом

(1)Р Розрахунок за граничними станами повинен базуватися на використанні моделей конструкцій і навантаження для відповідних граничних станів.

(2)Р Повинно бути перевірено, що граничний стан не перевищений за відповідних розрахункових величин

- дій,
- властивостей матеріалів або
- властивостей виробів та
- геометричних даних,
- які використані у цих моделях.

(3)Р Перевірка повинна бути виконана для всіх відповідних розрахункових ситуацій та сполучень навантажень.

(4) Вимоги 3.5(1)Р повинні досягатися завдяки використанню методу часткового коефіцієнта, який описаний у розділі 6.

(5) В якості альтернативи може використовуватись розрахунок, що безпосередньо базується на ймовірнісному методі.

**ПРИМІТКА 1.** Відповідний орган може надати специфічні умови для використання.

**ПРИМІТКА 2.** Основи ймовірнісного методу див. у додатку С.

(6)Р Вибрані розрахункові ситуації повинні бути розглянуті, а сполучення критичних навантажень - ідентифіковані.

(7) Для відповідної перевірки мають бути вибрані випадки навантажень, ідентифікуючи сумісні розташування навантажень, види деформацій та недосконаlostей, які можуть розглядатися одночасно з визначеними перемінними діями та постійними діями.

(8)Р Слід брати до уваги можливі відхилення дій від напрямків та місць прикладання.

(9) Моделі конструкції та навантажень можуть бути фізичними моделями або математичними моделями.

## Розділ 4 БАЗОВІ ПЕРЕМІННІ

### 4.1 Дії та види впливу навколишнього середовища

#### 4.1.1 Класифікація дій

(1)Р В залежності від змін у часі дії повинні класифікуватися так:

- постійні дії (G), наприклад, власна вага конструкцій, стаціонарного обладнання, дорожнього покриття та непрямі дії, що викликані усадкою та нерівномірним осіданням ґрунтів;
- перемінні дії (Q), наприклад, прикладені навантаження на перекриття будівель, балки та дахи, дії вітру або снігове навантаження;
- випадкові дії (A), наприклад, вибухи, або удари транспортних засобів.

**NOTE** Additional provisions related to serviceability criteria are given in the relevant EN 1992 to EN 1999.

### 3.5 Limit state design

(1)P Design for limit states shall be based on the use of structural and load models for relevant limit states.

(2)P It shall be verified that no limit state is exceeded when relevant design values for

- actions,
- material properties, or
- product properties, and
- geometrical data
- are used in these models.

(3)P The verifications shall be carried out for all relevant design situations and load cases.

(4) The requirements of 3.5(1)P should be achieved by the partial factor method, described in section 6.

(5) As an alternative, a design directly based on probabilistic methods may be used.

**NOTE 1** The relevant authority can give specific conditions for use.

**NOTE 2** For a basis of probabilistic methods, see Annex C.

(6)P The selected design situations shall be considered and critical load cases identified.

(7) For a particular verification load cases should be selected, identifying compatible load arrangements, sets of deformations and imperfections that should be considered simultaneously with fixed variable actions and permanent actions.

(8)P Possible deviations from the assumed directions or positions of actions shall be taken into account.

(9) Structural and load models can be either physical models or mathematical models.

## Section 4 BASIC VARIABLES

### 4.1 Actions and environmental influences

#### 4.1.1 Classification of actions

(1)P Actions shall be classified by their variation in time as follows:

- permanent actions (G), e.g. self-weight of structures, fixed equipment and road surfacing, and indirect actions caused by shrinkage and uneven settlements;
- variable actions (Q), e.g. imposed loads on building floors, beams and roofs, wind actions or snow loads;
- accidental actions (A), e.g. explosions, or impact from vehicles.

**ПРИМІТКА.** Непрямі дії, викликані прикладеною деформацією, можуть бути постійними або перемінними.

(2) Деякі дії, такі як сейсмічні та снігове навантаження, можуть розглядатись як випадкові та/або перемінні дії в залежності від місця розташування, див. EN 1991 та EN 1998.

(3) Дії, викликані тиском води, в залежності від зміни їх величини у часі можуть розглядатись як постійні та/або перемінні дії.

(4)P Дії повинні також бути класифікованими:

- за їх походженням як прямі або непрямі,
- за їх зміною у просторі як фіксовані або вільні або

за їх природою та/або реакцією конструкції як статичні або динамічні.

(5) Дія повинна бути описана за допомогою моделі, її значення в більшості випадків надається за допомогою однієї скалярної величини, яка може мати декілька репрезентативних значень.

**ПРИМІТКА.** Для окремих дій та перевірок може бути необхідно більш складне представлення цих дій.

#### 4.1.2 Характеристичні значення дій

(1)P Характеристичне значення  $F_k$  дії є її головним репрезентативним значенням і повинне бути визначеним:

- як середнє значення, верхнє або нижнє значення, або номінальне значення (котрє не відноситься до відомого статистичного розподілення), див. EN 1991;
- у проектній документації за умови, що узгодженість досягається завдяки наданим в EN 1991 методам.

(2)P Характеристичне значення постійної дії повинне визначатися так:

- якщо варіативність  $G$  може розглядатися малою, може використовуватись одне окреме значення  $G_k$ ;
- якщо варіативність  $G$  не може розглядатися малою, потрібно використовувати два значення: верхнє значення  $G_{k,sup}$  та нижнє значення  $G_{k,inf}$ .

(3) Варіативністю  $G$  можна знехтувати, якщо  $G$  не змінюється значною мірою протягом проектного терміну експлуатації конструкції та її коефіцієнт варіації малий.  $G_k$  може бути прийнятим рівним середньому значенню.

**ПРИМІТКА.** Цей коефіцієнт варіації може бути в діапазоні від 0,05 до 0,10 в залежності від типу конструкції.

(4) У випадках, коли конструкція дуже чутлива до змін  $G$  (наприклад, деякі типи конструкцій з попередньо напруженого залізобетону), слід використовувати два значення, навіть якщо коефіцієнт варіації малий. Тоді  $G_{k,inf}$  має 5 % квантиль, а  $G_{k,sup}$  - 95 % квантиль у статистичному розподіленні  $G$ , яке може розглядатися як Гаусове.

**NOTE.** Indirect actions caused by imposed deformations can be either permanent or variable.

(2) Certain actions, such as seismic actions and snow loads, may be considered as either accidental and/or variable actions, depending on the site location, see EN 1991 and EN 1998.

(3) Actions caused by water may be considered as permanent and/or variable actions depending on the variation of their magnitude with time.

(4)P Actions shall also be classified

- by their origin, as direct or indirect,
- by their spatial variation, as fixed or free, or

by their nature and/or the structural response, as static or dynamic.

(5) An action should be described by a model, its magnitude being represented in the most common cases by one scalar which may have several representative values.

**NOTE** For some actions and some verifications, a more complex representation of the magnitudes of some actions may be necessary.

#### 4.1.2 Characteristic values of actions

(1)P The characteristic value  $F_k$  of an action is its main representative value and shall be specified:

- as a mean value, an upper or lower value, or a nominal value (which does not refer to a known statistical distribution) (see EN 1991);
- in the project documentation, provided that consistency is achieved with methods given in EN 1991.

(2)P The characteristic value of a permanent action shall be assessed as follows:

- if the variability of  $G$  can be considered as small, one single value  $G_k$  may be used;
- if the variability of  $G$  cannot be considered as small, two values shall be used: an upper value  $G_{k,sup}$  and a lower value  $G_{k,inf}$ .

(3) The variability of  $G$  may be neglected if  $G$  does not vary significantly during the design working life of the structure and its coefficient of variation is small.  $G_k$  should then be taken equal to the mean value.

**NOTE** This coefficient of variation can be in the range of 0,05 to 0,10 depending on the type of structure.

(4) In cases when the structure is very sensitive to variations in  $G$  (e.g. some types of prestressed concrete structures), two values should be used even if the coefficient of variation is small. Then  $G_{k,inf}$  is the 5 % fractile and  $G_{k,sup}$  is the 95 % fractile of the statistical distribution for  $G$ , which may be assumed to be Gaussian.

(5) Власна вага конструкції може бути представлена як поодиноким характеристичним значенням та підраховуватись на основі номінальних розмірів та середньої маси, див. EN 1991-1-1.

**ПРИМІТКА.** Стосовно осідання фундаментів див. EN 1997.

(6) Попереднє напруження ( $P$ ) слід класифікувати як постійну дію, викликану або контрольованими силами, та/або контрольованою деформацією, яка прикладена до конструкції. Слід розрізняти ці типи попереднього напруження один від іншого відповідно (наприклад, попереднє напруження завдяки попередньому напруженню арматури, попереднє напруження завдяки прикладеній деформації на упорах).

**ПРИМІТКА.** Характеристичні значення попереднього напруження у час  $t$  можуть мати верхнє значення  $P_{k,sup}(t)$  та нижнє значення  $P_{k,inf}(t)$ . Для граничного стану за несучою здатністю може використовуватись середнє значення  $P_m(t)$ . Детальна інформація надана в EN 1992 - EN 1996 та EN 1999.

(7)P Для перемінних дій характеристичне значення ( $Q_k$ ), повинне відповідати одному з двох:

- верхньому значенню з заданою вірогідністю не перевищення або нижньому значенню з заданою вірогідністю досягнення протягом відповідного базового періоду;
- номінальному значенню, що може бути визначеним у випадках, де статистичне розподілення невідоме.

**ПРИМІТКА 1.** Значення надаються в різних частинах EN 1991.

**ПРИМІТКА 2.** Характеристичне значення кліматичних впливів або дій базується на вірогідності 0,02 перевищення її частиною, що змінюється у часі за базовий період в один рік. Це є еквівалентним середній повторюваності один раз за 50 років. Однак, в деяких випадках характер дії та/або обрана розрахункова ситуація встановлюють інший квантиль та/або відповідний період повторюваності.

(8) Для випадкових дій розрахункова величина  $A_d$  повинна бути визначеною для окремих проєктів.

**ПРИМІТКА.** Див. також EN 1991-1-7.

(9) Для сейсмічних дій розрахункова величина  $A_{Ed}$  повинна бути оціненою виходячи з характеристичного значення  $A_{Ek}$  або бути визначеною для конкретних проєктів.

**ПРИМІТКА.** Див. також EN 1998.

(10) Для багатокомпонентних дій характеристична дія повинна бути представленою завдяки групі величин, кожна з яких повинна розглядатися в проєктних розрахунках окремо.

#### 4.1.3 Інші репрезентативні величини перемінних дій

(1)P Інші репрезентативні значення перемінної дії будуть такими:

(a) комбінаційна величина, представлена як добуток  $\psi_0 Q_k$ , яка використовується для перевірки граничного стану за несучою здатністю та незворотними граничними станами за експлуатаційною придатністю (див. розділ 6 та додаток C);

(5) The self-weight of the structure may be represented by a single characteristic value and be calculated on the basis of the nominal dimensions and mean unit masses, see EN 1991-1-1.

**NOTE** For the settlement of foundations, see EN 1997.

(6) Prestressing ( $P$ ) should be classified as a permanent action caused by either controlled forces and/or controlled deformations imposed on a structure. These types of prestress should be distinguished from each other as relevant (e.g. prestress by tendons, prestress by imposed deformation at supports).

**NOTE** The characteristic values of prestress, at a given time  $t$ , may be an upper value  $P_{k,sup}(t)$  and a lower value  $P_{k,inf}(t)$ . For ultimate limit states, a mean value  $P_m(t)$  can be used. Detailed information is given in EN 1992 to EN 1996 and EN 1999.

(7)P For variable actions, the characteristic value ( $Q_k$ ) shall correspond to either:

- an upper value with an intended probability of not being exceeded or a lower value with an intended probability of being achieved, during some specific reference period;
- a nominal value, which may be specified in cases where a statistical distribution is not known.

**NOTE 1** Values are given in the various Parts of EN 1991.

**NOTE 2** The characteristic value of climatic actions is based upon the probability of 0,02 of its timevarying part being exceeded for a reference period of one year. This is equivalent to a mean return period of 50 years for the time-varying part. However in some cases the character of the action and/or the selected design situation makes another fractile and/or return period more appropriate.

(8) For accidental actions the design value  $A_d$  should be specified for individual projects.

**NOTE** See also EN 1991 -1-7.

(9) For seismic actions the design value  $A_{Ed}$  should be assessed from the characteristic value  $A_{Ek}$  or specified for individual projects

**NOTE** See also EN 1998.

(10) For multi-component actions the characteristic action should be represented by groups of values each to be considered separately in design calculations.

#### 4.1.3 Other representative values of variable actions

(1)P Other representative values of a variable action shall be as follows:

(a) the combination value, represented as a product  $\psi_0 Q_k$ , used for the verification of ultimate limit states and irreversible serviceability limit states (see section 6 and Annex C);



(b) часто повторювана величина, представлена як добуток  $\psi_1 Q_k$ , яка використовується для граничного стану за несучою здатністю, включаючи випадкові дії, та для перевірки зворотних граничних станів за експлуатаційною придатністю;

**ПРИМІТКА 1.** Для будівель, наприклад, часто повторювана величина вибирається так, що термін її перевищення складає 0,01 базового періоду; для рухомого навантаження на мости часто повторювана величина оцінюється на базі періоду повторення в один тиждень.

**ПРИМІТКА 2.** Рідко повторювана величина, представлена як добуток  $\psi_{1,inf} Q_k$ , використовується, щоб перевірити деякі граничні стани експлуатаційною придатністю спеціально для залізобетонного настилу моста або залізобетонних частин настилу моста. Рідко повторювана величина, визначена тільки для дорожнього рухомого навантаження (див. EN 1991-2), теплової дії (див. EN 1991-1-5) та вітрової дії (див. EN 1991-1-4), базується на періоді повторюваності в один рік.

(c) квазіпостійна величина, представлена як добуток  $\psi_2 Q_k$ , яка використовується для перевірки граничного стану за несучою здатністю, включаючи випадкові дії та для перевірки зворотних граничних станів за експлуатаційною придатністю. Квазіпостійні величини також використовуються для розрахунків на тривалі впливи.

**ПРИМІТКА.** Для навантажень на перекриття в будівлях квазіпостійна величина, зазвичай, вибирається так, щоб доля часу її перевищення становила 0,50 базового періоду. Як альтернатива квазіпостійна величина може бути визначеною як середня величина для вибраного періоду часу. У випадку дії вітру або рухомого навантаження квазіпостійна величина, як правило, приймається рівною нулю.

#### 4.1.4 Представлення дії, пов'язаної зі втомою

(1) Моделі для дій, які пов'язані зі втомою, повинні бути такими, що встановлені в відповідних частинах EN 1991 для визначення реакції конструкції до коливань навантажень, виконаних для звичайних конструкцій (наприклад, для розрізних і нерозрізних мостів, багатопверхових гнучких споруд при дії вітру).

(2) Для конструкцій, що знаходяться за межами області використання моделей, встановлених у відповідних частинах EN 1991, викликані втомою дії, повинні визначатись за оцінкою результатів вимірів або еквівалентних досліджень спектра очікуваних дій.

**ПРИМІТКА.** Для розгляду відповідного впливу на матеріали (наприклад, розгляд впливу середнього напруження або нелінійного впливу), див. EN 1992 - EN 1999.

#### 4.1.5 Представлення динамічних дій

(1) Характеристики і моделі навантаження при втомі в EN 1991 включають ефекти прискорення, викликані діями, які або представлені неявно в характерних навантаженнях, або представлені явно завдяки підвищеному динамічному коефіцієнту до характерних статичних навантажень.

**ПРИМІТКА.** Обмеження щодо використання цих моделей описані в різних частинах EN 1991.

(b) the frequent value, represented as a product  $\psi_1 Q_k$ , used for the verification of ultimate limit states involving accidental actions and for verifications of reversible serviceability limit states;

**NOTE 1** For buildings, for example, the frequent value is chosen so that the time it is exceeded is 0,01 of the reference period; for road traffic loads on bridges, the frequent value is assessed on the basis of a return period of one week.

**NOTE 2** The infrequent value, represented as a product  $\psi_{1,inf} Q_k$ , is used for the verification of certain serviceability limit states specifically for concrete bridge decks, or concrete parts of bridge decks. The infrequent value, defined only for road traffic loads (see EN 1991-2) thermal actions (see EN 1991-1-5) and wind actions (see EN 1991-1-4), is based on a return period of one year.

(c) the quasi-permanent value, represented as a product  $\psi_2 Q_k$ , used for the verification of ultimate limit states involving accidental actions and for the verification of reversible serviceability limit states. Quasi-permanent values are also used for the calculation of long-term effects.

**NOTE** For loads on building floors, the quasi-permanent value is usually chosen so that the proportion of the time it is exceeded is 0,50 of the reference period. The quasi-permanent value can alternatively be determined as the value averaged over a chosen period of time. In the case of wind actions or road traffic loads, the quasi-permanent value is generally taken as zero.

#### 4.1.4 Representation of fatigue actions

(1) The models for fatigue actions should be those that have been established in the relevant parts of EN 1991 from evaluation of structural responses to fluctuations of loads performed for common structures (e.g. for simple span and multi-span bridges, tall slender structures for wind).

(2) For structures outside the field of application of models established in the relevant Parts of EN 1991, fatigue actions should be defined from the evaluation of measurements or equivalent studies of the expected action spectra.

**NOTE** For the consideration of material specific effects (for example, the consideration of mean stress influence or non-linear effects), see EN 1992 to EN 1999.

#### 4.1.5 Representation of dynamic actions

(1) The characteristic and fatigue load models in EN 1991 include the effects of accelerations caused by the actions either implicitly in the characteristic loads or explicitly by applying dynamic enhancement factors to characteristic static loads.

**NOTE** Limits of use of these models are described in the various Parts of EN 1991.

(2) Коли динамічні дії викликають значне прискорення конструкції, слід використати динамічний аналіз системи. Див. 5.1.3 (6).

#### 4.1.6 Геотехнічні дії

(1)P Геотехнічні дії слід оцінювати у відповідності з EN 1997-1.

#### 4.1.7 Вплив навколишнього середовища

(1)P Вплив навколишнього середовища на довговічність конструкції слід брати до уваги при виборі матеріалів для конструкції, їх характеристик, конструктивних принципів і детального проектування.

**ПРИМІТКА.** EN 1992 - EN 1999 надають відповідні заходи.

(2) Ефекти від впливу навколишнього середовища мають братися до уваги там, де це можливо, і повинні бути описані у кількісному відношенні.

#### 4.2 Властивості матеріалів та виробів

(1) Властивості матеріалів (включно з ґрунтами та гірськими породами) або виробів повинні бути представлені характеристичними значеннями (див.1.5.4.1).

(2) Коли перевірка граничного стану чутлива до мінливості властивості матеріалу, слід врахувати верхнє та нижнє характеристичні значення властивості матеріалу.

(3) Якщо інакше не встановлено, в EN 1991 – EN 1999:

- де нижнє значення властивості матеріалу або виробу незадовільне, характеристичне значення слід визначати як величину квантилю в 5 %;
- де верхнє значення властивості матеріалу або виробу незадовільне, характеристичне значення слід визначати як величину квантилю в 95 %.

(4)P Величини властивості матеріалу повинні визначатись із стандартизованих випробувань, виконаних у визначених умовах. Переводний коефіцієнт повинен використовуватись там, де необхідно, щоб перетворити результати випробувань на показники, які можуть бути прийнятими для визначення поведінки матеріалу або виробу в конструкції або ґрунті.

**ПРИМІТКА.** Див. додаток D та EN 1992 - EN 1999.

(5) Коли немає достатніх статистичних даних, щоб встановити характеристичні значення властивості матеріалу або виробу, номінальні значення можуть бути прийнятими як характеристичні значення або розрахункові величини властивості можуть бути встановленими безпосередньо. Там, де верхня або нижня розрахункові величини властивості матеріалу або виробу встановлюються безпосередньо (наприклад, коефіцієнти тертя, коефіцієнти затухання), вони повинні вибиратись так, щоб більш несприятливі величини вплинули б на вірогідність виникнення відповідного граничного стану у ступені, схожому на інші розрахункові величини.

(2) When dynamic actions cause significant acceleration of the structure, dynamic analysis of the system should be used. See 5.1.3 (6).

#### 4.1.6 Geotechnical actions

(1)P Geotechnical actions shall be assessed in accordance with EN 1997-1.

#### 4.1.7 Environmental influences

(1)P The environmental influences that could affect the durability of the structure shall be considered in the choice of structural materials, their specification, the structural concept and detailed design.

**NOTE** The EN 1992 to EN 1999 give the relevant measures.

(2) The effects of environmental influences should be taken into account, and where possible, be described quantitatively.

#### 4.2 Material and product properties

(1) Properties of materials (including soil and rock) or products should be represented by characteristic values (see 1.5.4.1).

(2) When a limit state verification is sensitive to the variability of a material property, upper and lower characteristic values of the material property should be taken into account.

(3) Unless otherwise stated in EN 1991 to EN 1999:

- where a low value of material or product property is unfavourable, the characteristic value should be defined as the 5 % fractile value;
- where a high value of material or product property is unfavourable, the characteristic value should be defined as the 95 % fractile value.

(4)P Material property values shall be determined from standardised tests performed under specified conditions. A conversion factor shall be applied where it is necessary to convert the test results into values which can be assumed to represent the behaviour of the material or product in the structure or the ground.

**NOTE** See annex D and EN 1992 to EN 1999.

(5) Where insufficient statistical data are available to establish the characteristic values of a material or product property, nominal values may be taken as the characteristic values, or design values of the property may be established directly. Where upper or lower design values of a material or product property are established directly (e.g. friction factors, damping ratios), they should be selected so that more adverse values would affect the probability of occurrence of the limit state under consideration to an extent similar to other design values.

(6) Там, де вимагається верхня оцінка міцності (наприклад, для використання розрахункових критеріїв і для міцності бетону на розтяг при розрахунках результатів непрямих дій), слід врахувати характеристичне значення верхньої величини міцності.

(7) Зменшення міцності матеріалу або опору виробу повинні розглядатися як результат впливу дій, що повторюються, наведених у EN 1992 - EN 1999 і які можуть привести до зменшення опору протягом часу внаслідок втоми.

(8) Параметри жорсткості конструкції (наприклад, модуль пружності, коефіцієнти повзучості), коефіцієнти температурного розширення повинні бути представлені середнім значенням. Для врахування тривалості навантаження слід використовувати різні величини.

**ПРИМІТКА.** У деяких випадках для модуля пружності замість середнього значення може бути прийнята нижча або вища величина (наприклад, у випадку втрати стійкості).

(9) Величини властивостей матеріалу або виробів наведені в EN 1992 - EN 1999 та у відповідних гармонізованих Європейських технічних специфікаціях або інших документах. Якщо величини є взятими з стандартів на виріб без інструкцій стосовно тлумачення наданих у EN 1992 - EN 1999, то повинні використовуватись найбільш несприятливі величини.

(10)P Там, де частковий коефіцієнт для матеріалів або виробів необхідний, слід використовувати значення, взяті з запасом, якщо тільки не існує більш прийнятної статистичної інформації, щоб оцінити надійність вибраної величини.

**ПРИМІТКА.** Відповідний розрахунок може бути прийнятим там, де існують невизначеності в застосуванні, або матеріали/вироби, що використовуються.

#### 4.3 Геометричні дані

(1)P Геометричні дані представляються своїми характеристичними значеннями або (наприклад, у випадку недосконалостей) безпосередньо завдяки їх розрахунковим величинам.

(2) Розміри, визначені в проектуванні, можуть прийматись як характеристичні значення.

(3) Там, де їх статистичне розподілення добре відоме, можуть використовуватись величини геометричних розмірів, що відповідають заданому квантилю статистичного розподілення.

(4) Недосконалості, які слід врахувати при проектуванні елементів конструкції, наведені в EN 1992 - EN 1999.

(5)P Допустимі відхилення для з'єднаних частин, що зроблені з різних матеріалів, повинні бути взаємно сумісними.

(6) Where an upper estimate of strength is required (e.g. for capacity design measures and for the tensile strength of concrete for the calculation of the effects of indirect actions) a characteristic upper value of the strength should be taken into account.

(7) The reductions of the material strength or product resistance to be considered resulting from the effects of repeated actions are given in EN 1992 to EN 1999 and can lead to a reduction of the resistance over time due to fatigue.

(8) The structural stiffness parameters (e.g. moduli of elasticity, creep coefficients) and thermal expansion coefficients should be represented by a mean value. Different values should be used to take into account the duration of the load.

**NOTE** In some cases, a lower or higher value than the mean for the modulus of elasticity may have to be taken into account (e.g. in case of instability).

(9) Values of material or product properties are given in EN 1992 to EN 1999 and in the relevant harmonised European technical specifications or other documents. If values are taken from product standards without guidance on interpretation being given in EN 1992 to EN 1999, the most adverse values should be used.

(10)P Where a partial factor for materials or products is needed, a conservative value shall be used, unless suitable statistical information exists to assess the reliability of the value chosen.

**NOTE** Suitable account may be taken where appropriate of the unfamiliarity of the application or materials/ products used.

#### 4.3 Geometrical data

(1)P Geometrical data shall be represented by their characteristic values, or (e.g. the case of imperfections) directly by their design values.

(2) The dimensions specified in the design may be taken as characteristic values.

(3) Where their statistical distribution is sufficiently known, values of geometrical quantities that correspond to a prescribed fractile of the statistical distribution may be used.

(4) Imperfections that should be taken into account in the design of structural members are given in EN 1992 to EN 1999.

(5)P Tolerances for connected parts that are made from different materials shall be mutually compatible.

## Розділ 5 КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПРОБУВАНЬ

### 5.1 Конструктивний розрахунок

#### 5.1.1 Конструктивне моделювання

(1)Р Розрахунки повинні виконуватися з використанням придатних розрахункових моделей, які включають відповідні перемінні.

(2) Вибрані розрахункові моделі повинні прийматися для передбачення поведінки конструкції з придатним рівнем точності. Розрахункові моделі повинні також відповідати граничним станам, що розглядаються.

(3)Р Розрахункові моделі повинні базуватись на сталій інженерній теорії та практиці. Якщо необхідно, вони повинні перевірятись експериментальним шляхом.

#### 5.1.2 Статичні дії

(1)Р Моделювання для статичних дій повинне базуватись на відповідному виборі залежності сила-деформація для елементів та їх з'єднань і між елементами та ґрунтом.

(2)Р Граничні умови, що використані в моделі, повинні відображати ті, які мають місце в конструкції.

(3)Р Вплив зміщень та деформацій слід враховувати в контексті перевірок граничних станів, якщо вони призводять до значного збільшення результату дій.

**ПРИМІТКА.** Відповідні методи аналізу впливу деформацій надані в EN 1991 - EN 1999.

(4)Р Непрямі дії повинні бути застосовані в таких розрахунках:

- лінійно-пружному розрахунку, безпосередньо або через еквівалентні сили (використовуючи відповідні відношення модулів, де це доречно);
- нелінійному розрахунку безпосередньо через викликані деформації.

#### 5.1.3 Динамічні дії

(1)Р Конструктивна модель, що використовується для визначення впливу дії, повинна бути встановлена, враховуючи всі відповідні конструктивні елементи, їх масу, міцність, жорсткість і характеристики демпфірування, а також усі значимі неконструктивні елементи з їх властивостями.

(2)Р Граничні умови, що використані в моделі, повинні відображати ті, які мають місце в конструкції.

(3) Коли є прийнятним розглядати динамічні дії як квазістатичні, динамічні складові можна розглядати або включаючи їх до статичних величин, або шляхом використання еквівалентних динамічним діям підвищуючих коефіцієнтів до статичних дій.

**ПРИМІТКА.** Для деяких динамічних підвищуючих коефіцієнтів визначаються власні частоти.

## Section 5 STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN ASSISTED BY TESTING

### 5.1 Structural analysis

#### 5.1.1 Structural modelling

(1)P Calculations shall be carried out using appropriate structural models involving relevant variables.

(2) The structural models selected should be those appropriate for predicting structural behaviour with an acceptable level of accuracy. The structural models should also be appropriate to the limit states considered.

(3)P Structural models shall be based on established engineering theory and practice. If necessary, they shall be verified experimentally.

#### 5.1.2 Static actions

(1)P The modelling for static actions shall be based on an appropriate choice of the force-deformation relationships of the members and their connections and between members and the ground.

(2)P Boundary conditions applied to the model shall represent those intended in the structure.

(3)P Effects of displacements and deformations shall be taken into account in the context of ultimate limit state verifications if they result in a significant increase of the effect of actions.

**NOTE** Particular methods for dealing with effects of deformations are given in EN 1991 to EN 1999.

(4)P Indirect actions shall be introduced in the analysis as follows:

- in linear elastic analysis, directly or as equivalent forces (using appropriate modular ratios where relevant);
- in non-linear analysis, directly as imposed deformations.

#### 5.1.3 Dynamic actions

(1)P The structural model to be used for determining the action effects shall be established taking account of all relevant structural members, their masses, strengths, stiffnesses and damping characteristics, and all relevant non structural members with their properties.

(2)P The boundary conditions applied to the model shall be representative of those intended in the structure.

(3) When it is appropriate to consider dynamic actions as quasi-static, the dynamic parts may be considered either by including them in the static values or by applying equivalent dynamic amplification factors to the static actions.

**NOTE** For some equivalent dynamic amplification factors, the natural frequencies are determined.

(4) У випадку взаємодії ґрунт-споруда, внесок фунту може бути змодельованим завдяки використанню відповідних еквівалентних пружин та демпферів.

(5) Де є прийнятним (наприклад, для вібрацій, викликаних вітром або сейсмічними діями), ці дії можуть бути визначеними шляхом розрахунку з використанням власних форм, базуючись на лінійності матеріалів та геометричних характеристик. Для конструкцій, які мають стандартні геометричні розміри, жорсткість та розподіл мас за умови, що враховується тільки основна форма коливальних, детально розроблений розрахунок з використанням власних форм може бути замінений розрахунком з еквівалентними статичними діями.

(6) Динамічні дії також можуть бути вираженими відповідно до обставин на основі динаміки змін або в частотній області і надані як динамічні характеристики, що визначені відповідними методами.

(7) Там, де динамічні дії викликають вібрації з амплітудою або частотами, що можуть перевищити вимоги експлуатаційної придатності, повинна бути виконана перевірка граничного стану за експлуатаційною придатністю.

**ПРИМІТКА.** Керівництво щодо оцінки цих граничних станів надається в додатку А та EN 1992 - EN 1999.

#### 5.1.4 Розрахунок при пожежі

(1)Р Конструктивний розрахунок при пожежі повинен базуватися на розрахункових пожежних сценаріях (див. EN 1991-1-2) і повинен розглядати моделі зростання температури в межах конструкції, також як і моделі механічної роботи конструкції при збільшенні температури.

(2) Характеристики, які вимагаються від конструкції, що піддана дії пожежі, повинні бути перевірені за допомогою загального розрахунку конструкції, розрахунку вузлів з'єднання або розрахунку елемента конструкції, а також з використанням табличних даних або результатів випробувань.

(3) Робота конструкції, що піддана дії пожежі, повинна бути оціненою, враховуючи одно з двох:

- номінальний вплив пожежі або
- змодельований вплив пожежі, а також супутніх дій.

**ПРИМІТКА.** Див. також EN 1991-1-2.

(4) Статичну роботу конструкції за підвищеної температури слід оцінювати відповідно до EN 1992 - EN 1996 та EN 1999, які надають теплові та конструкційні моделі для розрахунку.

(5) Там, де прийнятне для специфічних матеріалів та методів оцінки:

- теплові моделі можуть базуватись на припущенні однорідної або неоднорідної температури в межах поперечного перерізу та вздовж елементів;
- конструктивні моделі можуть бути обмежені розрахунком окремих елементів або можуть враховувати взаємодію між елементами конструкції при виникненні пожежі.

4) In the case of ground-structure interaction, the contribution of the soil may be modelled, by appropriate equivalent springs and dash-pots.

(5) Where relevant (e.g. for wind induced vibrations or seismic actions) the actions may be defined by a modal analysis based on linear material and geometric behaviour. For structures that have regular geometry, stiffness and mass distribution, provided that only the fundamental mode is relevant, an explicit modal analysis may be substituted by an analysis with equivalent static actions.

(6) The dynamic actions may be also expressed, as appropriate, in terms of time histories or in the frequency domain, and the structural response determined by appropriate methods.

(7) Where dynamic actions cause vibrations of a magnitude or frequencies that could exceed serviceability requirements, a serviceability limit state verification should be carried out.

**NOTE** Guidance for assessing these limits is given in Annex A and EN 1992 to EN 1999.

#### 5.1.4 Fire design

(1)P The structural fire design analysis shall be based on design fire scenarios (see EN 1991-1-2), and shall consider models for the temperature evolution within the structure as well as models for the mechanical behaviour of the structure at elevated temperature.

(2) The required performance of the structure exposed to fire should be verified by either global analysis, analysis of sub-assemblies or member analysis, as well as the use of tabular data or test results.

(3) The behaviour of the structure exposed to fire should be assessed by taking into account either:

- nominal fire exposure, or
- modelled fire exposure, as well as the accompanying actions.

**NOTE** See also EN 1991-1-2.

(4) The structural behaviour at elevated temperatures should be assessed in accordance with EN 1992 to EN 1996 and EN 1999, which give thermal and structural models for analysis.

(5) Where relevant to the specific material and the method of assessment:

- thermal models may be based on the assumption of a uniform or a non-uniform temperature within cross-sections and along members;
- structural models may be confined to an analysis of individual members or may account for the interaction between members in fire exposure.

(6) Моделі механічної роботи елементів конструкції при підвищених температурах повинні бути нелінійними.

**ПРИМІТКА.** Див. також EN 1991 - EN 1999.

## 5.2 Проектування з допомогою випробувань

(1) Проектування може базуватись на комбінації випробувань та розрахунків.

**ПРИМІТКА.** Випробування може виконуватись, наприклад, за таких обставин:

- якщо немає адекватної розрахункової моделі;
- якщо використовується велика кількість схожих компонентів;
- щоб підтвердити шляхом контрольної перевірки припущення, які були зроблені при проектуванні).

Див. додаток D.

(2)P Результати проектування за допомогою випробувань повинні досягнути рівня надійності, що необхідно для відповідної проектної ситуації. Статистична невизначеність, яка обумовлена обмеженою кількістю результатів випробувань, повинна бути врахована.

(3) Повинні використовуватися часткові коефіцієнти (включно з коефіцієнтами для невизначеностей моделі), які є порівняльними з коефіцієнтами, що застосовані в EN 1991 -EN 1999.

## Розділ 6 ПЕРЕВІРКА ЗА МЕТОДОМ ЧАСТКОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

### 6.1 Загальні положення

(1)P Коли використовується метод часткових коефіцієнтів, необхідно перевірити, що в усіх відповідних розрахункових ситуаціях немає перевищення відповідних граничних станів при розрахункових величинах дій або впливів дій і опору, які використовуються в розрахункових моделях.

(2) Для вибраних проектних ситуацій і відповідних граничних станів окремі дії слід поєднувати для критичних сполучень навантажень так, як детально визначено у цьому розділі. Однак дії, що не відбуватимуться одночасно, наприклад, внаслідок фізичних причин, не слід розглядати разом у комбінації.

(3) Розрахункові величини слід отримувати завдяки використанню:

- характеристичних або
  - інших репрезентативних значень
- в комбінації з частковими та іншими коефіцієнтами, як визначено в цьому розділі та EN 1991 - EN 1999.

(4) Може бути прийнятним безпосередньо визначити розрахункові величини, при цьому слід вибрати величини, взяті з запасом.

(5)P Розрахункові величини, які безпосередньо визначені на статистичній основі, повинні мати щонайменше такий же ступінь надійності для різних граничних станів, як визначено частковими коефіцієнтами, які наведені у цьому стандарті.

(6)The models of mechanical behaviour of structural members at elevated temperatures should be non-linear.

**NOTE** See also EN 1991 to EN 1999.

## 5.2 Design assisted by testing

(1) Design may be based on a combination of tests and calculations.

**NOTE** Testing may be carried out, for example, in the following circumstances:

- if adequate calculation models are not available;
- if a large number of similar components are to be used;
- to confirm by control checks assumptions made in the design.

See Annex D.

(2)P Design assisted by test results shall achieve the level of reliability required for the relevant design situation. The statistical uncertainty due to a limited number of test results shall be taken into account.

(3) Partial factors (including those for model uncertainties) comparable to those used in EN 1991 to EN 1999 should be used.

## Section 6 VERIFICATION BY THE PARTIAL FACTOR METHOD

### 6.1 General

(1)P When using the partial factor method, it shall be verified that, in all relevant design situations, no relevant limit state is exceeded when design values for actions or effects of actions and resistances are used in the design models.

(2) For the selected design situations and the relevant limit states the individual actions for the critical load cases should be combined as detailed in this section. However actions that cannot occur simultaneously, for example due to physical reasons, should not be considered together in combination.

(3) Design values should be obtained by using:

- the characteristic, or
  - other representative values,
- in combination with partial and other factors as defined in this section and EN 1991 to EN 1999.

(4) It can be appropriate to determine design values directly where conservative values should be chosen.

(5)P Design values directly determined on statistical bases shall correspond to at least the same degree of reliability for the various limit states as implied by the partial factors given in this standard.

## 6.2 Обмеження

(1) Застосування Правил використання, що наведені в EN 1990, обмежене перевіркою граничних станів за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю конструкцій при дії статичного навантаження, включно з випадками, де динамічний вплив оцінюється з використанням еквівалентних квазістатичних навантажень та підвищуючих динамічних коефіцієнтів, включно з вітровим навантаженням або рухомими навантаженнями. Для нелінійних розрахунків та розрахунків на втому слід використовувати спеціальні правила, які наведені в різних частинах EN 1991 - EN 1999.

## 6.3 Розрахункові величини

### 6.3.1 Розрахункові величини дій

(1) Розрахункова величина  $F_d$  дії  $F$  в загальному вигляді може бути виражена як

з

де:

$F_k$  - характеристична величина дії.

$F_{rep}$  - відповідне репрезентативне значення дії.

$\gamma_f$  - частковий коефіцієнт для дії, що бере до уваги вірогідність несприятливих відхилень величин дій від репрезентативних значень.

$\Psi$  - 1,00 або  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$  або  $\Psi_2$ .

(2) Для сейсмічних дій розрахункова величина  $A_{Ed}$  повинна визначатись з врахуванням роботи конструкції та інших відповідних критеріїв, деталізованих в EN 1998.

### 6.3.2 Розрахункові величини впливу дій

(1) Для визначеного сполучення навантажень розрахункові величини впливу дій ( $E_d$ ) можуть бути в загальному вигляді визначені як

де:

$a_d$  - розрахункові величини геометричних даних (див. 6.3.4);

$\gamma_{sd}$  - частковий коефіцієнт, що враховує невизначеності:

- моделюванні впливу дій;
- у деяких випадках у моделюванні дій.

**ПРИМІТКА.** В більш загальному випадку впливи дій залежать від властивостей матеріалу.

(2) У більшості випадків можуть бути зроблені такі спрощення:

де:

## 6.2 Limitations

(1) The use of the Application Rules given in EN 1990 is limited to ultimate and serviceability limit state verifications of structures subject to static loading, including cases where the dynamic effects are assessed using equivalent quasi-static loads and dynamic amplification factors, including wind or traffic loads. For non-linear analysis and fatigue the specific rules given in various Parts of EN 1991 to EN 1999 should be applied.

## 6.3 Design values

### 6.3.1 Design values of actions

(1) The design value  $F_d$  of an action  $F$  can be expressed in general terms as :

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad (6.1a)$$

with:

$$F_{rep} = \Psi F_k, \quad (6.1b)$$

where:

$F_k$  is the characteristic value of the action.

$F_{rep}$  is the relevant representative value of the action.

$\gamma_f$  is a partial factor for the action which takes account of the possibility of unfavourable deviations of the action values from the representative values.

$\Psi$  is either 1,00 or  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$  or  $\Psi_2$ .

(2) For seismic actions the design value  $A_{Ed}$  should be determined taking account of the structural behaviour and other relevant criteria detailed in EN 1998.

### 6.3.2 Design values of the effects of actions

(1) For a specific load case the design values of the effects of actions ( $E_d$ ) can be expressed in general terms as:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{f,i} F_{rep,i}; a_d \} i \geq 1, \quad (6.2)$$

where:

$a_d$  is the design values of the geometrical data (see 6.3.4);

$\gamma_{sd}$  is a partial factor taking account of uncertainties:

- in modelling the effects of actions;
- in some cases, in modelling the actions.

**NOTE** In a more general case the effects of actions depend on material properties.

(2) In most cases, the following simplification can be made:

$$E_d = E \{ \gamma_{F,i} F_{rep,i}; a_d \} i \geq 1, \quad (6.2a)$$

with:

$$\gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} \times \gamma_{f,i} \quad (6.2b)$$

**ПРИМІТКА.** Коли це є прийнятним, тобто коли враховані геотехнічні дії, часткові коефіцієнти  $\gamma_{f,i}$  можуть бути застосовані до впливу окремих дій або тільки один відповідний коефіцієнт  $\gamma_F$  може бути глобально застосований до результату комбінації дій з відповідними частковими коефіцієнтами.

(3)P Коли слід розрізняти сприятливий та несприятливий вплив постійних дій, слід використовувати два різних часткових коефіцієнти ( $\gamma_{Gj,inf}$  та  $\gamma_{Gj,sup}$ ).

(4) Для нелінійного розрахунку (тобто коли зв'язок між діями та їх результатом не є лінійним) можуть бути розглянутими такі спрощені правила у випадку однієї переважаючої дії:

- a) коли результат дії збільшується більше самої дії, слід використовувати частковий коефіцієнт  $\gamma_F$  до репрезентативної величини дії.
- b) коли результат дії збільшується менше самої дії, слід використовувати частковий коефіцієнт  $\gamma_F$  до результату, що викликаний репрезентативним значенням дії.

**ПРИМІТКА.** За винятком висячих, вантових та мембранних конструкцій більшість конструкцій або елементів конструкцій відноситься до категорії a).

(5) У випадках, коли більш досконалі методи деталізовані у відповідних EN 1991 - EN 1999 (наприклад, для попередньо напружених конструкцій), вони повинні використовуватись надаючи перевагу перед 6.3.2(4).

### 6.3.3 Розрахункові величини властивостей матеріалу або виробу

(1) Розрахункова величина  $X_d$  властивості матеріалу або виробу в загальному вигляді може бути виражена, як

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m}, \quad (6.3)$$

де:

$X_k$  - характеристична величина властивості матеріалу або виробу (див. 4.2(3));

$\eta$  - середня величина переводного коефіцієнта, який враховує

- об'ємний та масштабний фактори,
- вплив вологості та температури та
- будь-які інші відповідні параметри;

$\gamma_m$  - частковий коефіцієнт для властивості матеріалу або виробу, щоб врахувати:

- можливість несприятливого відхилення властивості матеріалу або виробу від їх характеристичної величини;
- випадкову частку переводного коефіцієнта  $\eta$ .

(2) Як альтернатива, у відповідних випадках переводний коефіцієнт  $\eta$  може:

- бути неявно врахованим у рамках самої характеристичної величини або
- використовувати  $\gamma_M$  замість  $\gamma_m$  (див. формулу (6.6b)).

**NOTE** When relevant, e.g. where geotechnical actions are involved, partial factors  $\gamma_{f,i}$  can be applied to the effects of individual actions or only one particular factor  $\gamma_F$  can be globally applied to the effect of the combination of actions with appropriate partial factors.

(3)P Where a distinction has to be made between favourable and unfavourable effects of permanent actions, two different partial factors shall be used ( $\gamma_{Gj,inf}$  and  $\gamma_{Gj,sup}$ ).

(4) For non-linear analysis (i.e. when the relationship between actions and their effects is not linear), the following simplified rules may be considered in the case of a single predominant action:

- a) When the action effect increases more than the action, the partial factor  $\gamma_F$  should be applied to the representative value of the action.
- b) When the action effect increases less than the action, the partial factor  $\gamma_F$  should be applied to the action effect of the representative value of the action.

**NOTE** Except for rope, cable and membrane structures, most structures or structural elements are in category a).

(5) In those cases where more refined methods are detailed in the relevant EN 1991 to EN 1999 (e.g. for prestressed structures), they should be used in preference to 6.3.2(4).

### 6.3.3 Design values of material or product properties

(1) The design value  $X_d$  of a material or product property can be expressed in general terms as:

where:

$X_k$  is the characteristic value of the material or product property (see 4.2(3));

$\eta$  is the mean value of the conversion factor taking into account

- volume and scale effects,
- effects of moisture and temperature, and
- any other relevant parameters;

$\gamma_m$  is the partial factor for the material or product property to take account of:

- the possibility of an unfavourable deviation of a material or product property from its characteristic value;
- the random part of the conversion factor  $\eta$ .

(2) Alternatively, in appropriate cases, the conversion factor  $\eta$  may be:

- implicitly taken into account within the characteristic value itself, or
- by using  $\gamma_M$  instead of  $\gamma_m$  (see expression (6.6b)).



**ПРИМІТКА.** Розрахункова величина може встановлюватись такими засобами, як:

- емпіричними залежностями з вимірними фізичними властивостями або
- з хімічного складу або
- з попереднього досвіду або
- з величини, що надана в Європейських стандартах або інших відповідних документах.

### 6.3.4 Розрахункові величини геометричних даних

(1) Розрахункові величини геометричних даних, такі як розміри елементів, що використовуються для оцінки впливу дій та/або опору, можуть бути представлені номінальними значеннями:

**NOTE** The design value can be established by such means as:

- empirical relationships with measured physical properties, or
- with chemical composition, or
- from previous experience, or
- from values given in European Standards or other appropriate documents.

### 6.3.4 Design values of geometrical data

(1) Design values of geometrical data such as dimensions of members that are used to assess action effects and/or resistances may be represented by nominal values:

$$a_d = a_{nom} \quad (6.4)$$

(2)Р Коли вплив відхилень в геометричних даних (наприклад, неточність у прикладанні навантаження або розміщення опор) на надійність конструкції є значним (наприклад, вплив другого порядку), то розрахункові величини геометричних даних повинні бути визначеними:

(2)P Where the effects of deviations in geometrical data (e.g. inaccuracy in the load application or location of supports) are significant for the reliability of the structure (e.g. by second order effects) the design values of geometrical data shall be defined by:

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a, \quad (6.5)$$

де:

$\Delta a$  враховує:

- можливість несприятливих відхилень від характеристикних або номінальних величин;
- сукупний результат одночасного виникнення декількох геометричних відхилень.

where:

$\Delta a$  takes account of:

- the possibility of unfavourable deviations from the characteristic or nominal values;
- the cumulative effect of a simultaneous occurrence of several geometrical deviations.

**ПРИМІТКА 1.**  $a_d$  може також представляти геометричні недосконалості, де  $a_{nom} = 0$  (тобто,  $\Delta a \neq 0$ ).

**ПРИМІТКА 2.** Коли відповідні EN 1991 - EN 1999 передбачають додаткові умови.

**NOTE 1**  $a_d$  can also represent geometrical imperfections where  $a_{nom} = 0$  (i.e.,  $\Delta a \neq 0$ ).

**NOTE 2** Where relevant, EN 1991 to EN 1999 provide further provisions.

(3) Вплив інших відхилень охоплюється частковими коефіцієнтами

- з боку дії ( $\gamma_F$ ) та/або
- з боку міцності ( $\gamma_M$ ).

(3) Effects of other deviations should be covered by partial factors

- on the action side ( $\gamma_F$ ), and/or
- resistance side ( $\gamma_M$ ).

**ПРИМІТКА.** Допуски, визначені у відповідних стандартах щодо зведення, наведені в EN 1990 – EN 1999.

**NOTE** Tolerances are defined in the relevant standards on execution referred to in EN 1990 to EN 1999.

### 6.3.5 Розрахункова міцність

(1) Розрахункова міцність  $R_d$  може виражатись у такій формі:

### 6.3.5 Design resistance

(1) The design resistance  $R_d$  can be expressed in the following form:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \{ X_{d,i}; a_d \} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \left\{ \eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}; a_d \right\} \quad i \geq 1, \quad (6.6)$$

де:

$\gamma_{Rd}$  - частковий коефіцієнт, який охоплює невизначеність у моделі опору, плюс геометричні відхилення, якщо вони змодельовані не детально (див. 6.3.4(2));

$X_{d,i}$  - розрахункова величина властивості матеріалу  $i$ .

where:

$\gamma_{Rd}$  is a partial factor covering uncertainty in the resistance model, plus geometric deviations if these are not modelled explicitly (see 6.3.4(2));

$X_{d,i}$  is the design value of material property  $i$ .

(2) Можуть бути зроблені такі спрощення формули (6.6):

(2) The following simplification of expression (6.6) may be made:

$$R_d = R \left\{ \eta_i \frac{X_k}{\gamma_{M,i}}; a_d \right\} \quad i \geq 1, \quad (6.6a)$$

де

where:

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \times \gamma_{m,i} \quad (6.6b)$$

**ПРИМІТКА.**  $\eta_i$  може бути включеним до  $\gamma_{M,i}$  див. 6.3.3.(2)

**NOTE**  $\eta_i$  may be incorporated in  $\gamma_{M,i}$ , see 6.3.3.(2).

(3) На відміну від формули (6.6a) розрахунковий опір може бути отриманий безпосередньо з характеристичного значення опору матеріалу або виробу без детального визначення розрахункових величин для окремих базових перемінних, використовуючи:

(3) Alternatively to expression (6.6a), the design resistance may be obtained directly from the characteristic value of a material or product resistance, without explicit determination of design values for individual basic variables, using:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (6.6c)$$

**ПРИМІТКА.** Це придатне для елементів або виробів, що виготовлені з однорідного матеріалу (наприклад, сталі), а також використане у взаємозв'язку з додатком D "Проектування за допомогою випробувань".

**NOTE** This is applicable to products or members made of a single material (e.g. steel) and is also used in connection with Annex D "Design assisted by testing".

(4) На відміну від формул (6.6a) та (6.6c), для конструкцій або елементів конструкцій, що розраховуються з використанням нелінійних методів, та що складаються з більш ніж одного матеріалу або де властивості ґрунтів включені до розрахункового опору, для розрахункового опору може використовуватись така формула:

(4) Alternatively to expressions (6.6a) and (6.6c), for structures or structural members that are analysed by non-linear methods, and comprise more than one material acting in association, or where ground properties are involved in the design resistance, the following expression for design resistance can be used:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{M,1}} R \left\{ \eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i} (i > 1) \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; a_d \right\}, \quad (6.6d)$$

**ПРИМІТКА.** У деяких випадках розрахунковий опір може встановлюватися безпосередньо, приймаючи часткові коефіцієнти до показників окремого опору, які обумовлені властивостям матеріалу.

**NOTE** In some cases, the design resistance can be expressed by applying directly partial factors to the individual resistances due to material properties.

## 6.4 Граничні стани за несучою здатністю

## 6.4 Ultimate limit states

### 6.4.1 Загальні положення

### 6.4.1 General

(1)P Повинні перевірятися такі граничні стани за несучою здатністю:

(1)P The following ultimate limit states shall be verified as relevant:

a) EQU: Втрата статичної рівноваги конструкції або будь-якої її частини, що розглядається в якості жорсткого тіла, де:

a) EQU: Loss of static equilibrium of the structure or any part of it considered as a rigid body, where:

- незначні варіації у величині або просторовому розташуванні дій для окремої першопричини є значними та
- міцність конструктивних матеріалів або ґрунту загалом не контролюється;

- minor variations in the value or the spatial distribution of actions from a single source are significant, and
- the strengths of construction materials or ground are generally not governing;

b) STR: В'язке руйнування або надмірна деформація конструкції або конструктивних елементів, включаючи фундаменти, палі, стіни підвалів тощо, де контролюється міцність матеріалів конструкцій;

b) STR: Internal failure or excessive deformation of the structure or structural members, including footings, piles, basement walls, etc., where the strength of construction materials of the structure governs;

c) GEO: В'язке руйнування або надмірна деформація ґрунту, де міцність ґрунту або скелі дуже суттєва для забезпечення опору;

c) GEO: Failure or excessive deformation of the ground where the strengths of soil or rock are significant in providing resistance;

d) FAT: Руйнування внаслідок втоми конструкції або конструктивних елементів.

d) FAT: Fatigue failure of the structure or structural members.

**ПРИМІТКА.** Комбінації дій для розрахунку на втому наведені в EN 1992 - EN 1999.

**NOTE** For fatigue design, the combinations of actions are given in EN 1992 to EN 1999.

(2)P Розрахункові величини дій повинні прийматися відповідно до додатка А.

(2)P The design values of actions shall be in accordance with Annex A.

## 6.4.2 Перевірки статичної рівноваги та опору

(1)P Коли розглядається граничний стан за статичною рівновагою конструкції (EQU), слід перевірити, щоб:

де:

$E_{d,dst}$  - розрахункова величина впливу дестабілізуючих дій;

$E_{d,stab}$  - розрахункова величина впливу стабілізуючих дій.

(2) Там, де це прийнятне, формула для граничного стану статичної рівноваги може доповнюватись додатковими членами, включаючи, наприклад, коефіцієнт тертя між жорсткими тілами.

(3)P Коли розглядається граничний стан руйнування або надмірної деформації перерізу елемента або з'єднання (STR та/або GEO), слід перевірити, щоб:

де:

$E_d$  - розрахункова величина впливу таких дій, як внутрішня сила, момент або вектор, що представляє декілька внутрішніх сил або моментів;

$R_d$  - розрахункова величина відповідного опору.

**ПРИМІТКА 1.** Подробиці щодо методів STR та GEO наведені в додатку А.

**ПРИМІТКА 2.** Формула (6.8) не охоплює всіх видів перевірки відносно повздовжнього згину, тобто руйнування, що відбувається там, де вплив другого порядку може бути обмеженим опором конструкції або допустимим опором конструкції. Див. EN 1992 – EN 1999.

## 6.4.3 Комбінація дій (за винятком перевірки на втому)

### 6.4.3.1 Загальні положення

(1)P Для кожного з випадків критичного навантаження розрахункові величини впливу дій ( $E_d$ ) слід визначати завдяки комбінації величин дій, що розглядаються як ті, що відбуваються одночасно.

(2) Кожна комбінація дій має включати:

- провідну перемінну дію або
- випадкову дію.

(3) Комбінації дій повинні відповідати положенням від 6.4.3.2 до 6.4.3.4.

(4)P Коли результати перевірки дуже чутливі до варіацій величин місця розташування постійних дій на конструкції, несприятливі та сприятливі частини цієї дії слід розглядати як окремі дії.

**ПРИМІТКА.** Це зазвичай використовується при перевірці статичної рівноваги та аналогічних граничних станів, див. 6.4.2(2).

## 6.4.2 Verifications of static equilibrium and resistance

(1)P When considering a limit state of static equilibrium of the structure (EQU), it shall be verified that:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (6.7)$$

where:

$E_{d,dst}$  is the design value of the effect of destabilising actions;

$E_{d,stab}$  is the design value of the effect of stabilising actions.

(2) Where appropriate the expression for a limit state of static equilibrium may be supplemented by additional terms, including, for example, a coefficient of friction between rigid bodies.

(3)P When considering a limit state of rupture or excessive deformation of a section, member or connection (STR and/or GEO), it shall be verified that:

$$E_d \leq R_d \quad (6.8)$$

where:

$E_d$  is the design value of the effect of actions such as internal force, moment or a vector representing several internal forces or moments;

$R_d$  is the design value of the corresponding resistance.

**NOTE.1** Details for the methods STR and GEO are given in Annex A.

**NOTE 2** Expression (6.8) does not cover all verification formats concerning buckling, i.e. failure that happens where second order effects cannot be limited by the structural response, or by an acceptable structural response. See EN 1992 to EN 1999.

## 6.4.3 Combination of actions (fatigue verifications excluded)

### 6.4.3.1 General

(1)P For each critical load case, the design values of the effects of actions ( $E_d$ ) shall be determined by combining the values of actions that are considered to occur simultaneously.

(2) Each combination of actions should include:

- a leading variable action, or
- an accidental action.

(3) The combinations of actions should be in accordance with 6.4.3.2 to 6.4.3.4.

(4)P Where the results of a verification are very sensitive to variations of the magnitude of a permanent action from place to place in the structure, the unfavourable and the favourable parts of this action shall be considered as individual actions.

**NOTE** This applies in particular to the verification of static equilibrium and analogous limit states, see 6.4.2(2).

(5) Де декілька впливів однієї дії (наприклад, згинальний момент і нормальна сила від власної ваги) не повністю корелюються, частковий коефіцієнт, що застосовується до будь-якого сприятливого компонента, може бути зменшеним.

**ПРИМІТКА.** Для отримання додаткових рекомендацій із цієї теми див. статті щодо векторних впливів в EN 1992 – EN 1999.

(6) Там, де це є суттєво важливим, повинні бути прийнятими до уваги вимушені деформації.

**ПРИМІТКА.** Для отримання додаткових рекомендацій див. 5.1.2.4(P) та EN 1992 – EN 1999.

#### 6.4.3.2 Комбінації дій для стійких або перехідних розрахункових ситуацій (фундаментальні комбінації)

(1) Загальний вигляд результату дій повинен визначатися:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{g,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{q,1} Q_{k,1}; \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad (6.9a)$$

(2) Комбінація результату дій, що розглядаються, повинна базуватися на

- розрахунковій величині провідної перемінної дії та
- розрахункових комбінаційних величинах супутніх перемінних дій:

**ПРИМІТКА.** Див. також 6.4.3.2(4).

$$E_d = E \{ \gamma_{G,j} G_{k,j}; \gamma_P P; \gamma_{Q,1} Q_{k,1}; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad (6.9b)$$

(3) Комбінація дій у дужках { } в (6.9b) може також бути виражена як

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

або альтернативно для SIR та GEO граничних станів, менш сприятлива з двох таких формул: (6.10b)

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left. \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

де:

"+" - має на увазі "поєднаний з"

Σ - має на увазі "спільний ефект або вплив"

ξ - коефіцієнт зменшення для несприятливих постійних дій G

**ПРИМІТКА.** Подальша інформація для вибору надається в додатку А.

(4) Якщо залежність між діями та їх впливом не є лінійною, слід безпосередньо використовувати формули (6.9a) або (6.9b) в залежності від відносного збільшення впливу дій порівняно зі збільшенням у величині дій (див. також 6.3.2.(4)).

(5) Where several effects of one action (e.g. bending moment and normal force due to selfweight) are not fully correlated, the partial factor applied to any favourable component may be reduced.

**NOTE** For further guidance on this topic see the clauses on vectorial effects in EN 1992 to EN 1999.

(6) Imposed deformations should be taken into account where relevant.

**NOTE** For further guidance, see 5.1.2.4(P) and EN 1992 to EN 1999.

#### 6.4.3.2 Combinations of actions for persistent or transient design situations (fundamental combinations)

(1) The general format of effects of actions should be:

(2) The combination of effects of actions to be considered should be based on

- the design value of the leading variable action, and
- the design combination values of accompanying variable actions:

**NOTE** See also 6.4.3.2(4).

(3) The combination of actions in brackets { }, in (6.9b) may either be expressed as:

or, alternatively for STR and GEO limit states, the less favourable of the two following expressions:

where:

"+" implies "to be combined with"

Σ implies "the combined effect of"

ξ is a reduction factor for unfavourable permanent actions G

**NOTE** Further information for this choice is given in Annex A.

(4) If the relationship between actions and their effects is not linear, expressions (6.9a) or (6.9b) should be applied directly, depending upon the relative increase of the effects of actions compared to the increase in the magnitude of actions (see also 6.3.2.(4)).

**6.4.3.3 Комбінації дій для випадкових розрахункових ситуацій**

(1) Загальний вигляд впливу дій повинен визначатися:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.11a)$$

(2) Комбінація дій у дужках { } може виражатись як:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

(3) Вибір між  $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  або  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  слід співвідносити з відповідною випадковою розрахунковою ситуацією (удар, пожежа або життєздатність після випадкової події або ситуації).

**ПРИМІТКА.** Вказівки надані у відповідних частинах EN 1991 – EN 1999.

(4) Комбінація дій для випадкових розрахункових ситуацій повинна або

- включати власне особливу дію A (пожежа або ударна дія) або
- мати відношення до ситуації після особливої події ( $A = 0$ ).

Для ситуацій при пожежі, крім температурного впливу на властивості матеріалу,  $A_d$  повинен представляти розрахункову величину прямої теплової дії внаслідок пожежі.

**6.4.3.4 Комбінації дій для сейсмічних розрахункових ситуацій**

(1) Загальний вигляд впливу дій повинен визначатися:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad (6.12a)$$

(2) Комбінація дій у дужках { } може бути виражена як:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

**6.4.4 Часткові коефіцієнти для дій та комбінацій дій**

(1) Величини коефіцієнтів  $\gamma$  та  $\psi$  для дій слід приймати з EN 1991 та з додатка А.

**6.4.5 Часткові коефіцієнти для матеріалів та виробів**

(1) Часткові коефіцієнти для властивостей матеріалів та виробів слід приймати з EN 1992 - EN 1999.

**6.5 Граничні стани за експлуатаційною придатністю****6.5.1 Перевірки**

(1)P Слід перевірити, щоб

**6.4.3.3 Combinations of actions for accidental design situations**

(1) The general format of effects of actions should be:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.11a)$$

(2) The combination of actions in brackets { } can be expressed as:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

(3) The choice between  $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  or  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  should be related to the relevant accidental design situation (impact, fire or survival after an accidental event or situation).

**NOTE** Guidance is given in the relevant Parts of EN 1991 to EN 1999.

(4) Combinations of actions for accidental design situations should either

- involve an explicit accidental action A (fire or impact), or
- refer to a situation after an accidental event ( $A = 0$ ).

For fire situations, apart from the temperature effect on the material properties,  $A_d$  should represent the design value of the indirect thermal action due to fire.

**6.4.3.4 Combinations of actions for seismic design situations**

(1) The general format of effects of actions should be:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad (6.12a)$$

(2) The combination of actions in brackets { } can be expressed as:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

**6.4.4 Partial factors for actions and combinations of actions**

(1) The values of the  $\gamma$  and  $\psi$  factors for actions should be obtained from EN 1991 and from Annex A.

**6.4.5 Partial factors for materials and products**

(1) The partial factors for properties of materials and products should be obtained from EN 1992 to EN 1999.

**6.5 Serviceability limit states****6.5.1 Verifications**

(1)P It shall be verified that:

$$E_d \leq C_d, \quad (6.13)$$

де:

$C_d$  - гранична розрахункова величина відповідного критерію з експлуатаційної придатності;

$E_d$  - розрахункова величина результату дій, яка встановлена в критерії експлуатаційної придатності, що визначена на основі відповідної комбінації.

### 6.5.2 Критерії за експлуатаційною придатністю

(1) Деформації, які слід врахувати в рамках вимог експлуатаційної придатності, повинні бути визначені як деталізовано в додатку А відповідно до типу будівель і споруд або узгоджено з замовником або відповідним Національним органом.

**ПРИМІТКА.** Для інших спеціальних критеріїв експлуатаційної придатності, наприклад, таких як ширина розкриття тріщин, обмеження напруження або навантаження, опір зсуву, див. EN 1991 - EN 1999.

### 6.5.3 Комбінація дій

(1) Комбінації дій, які слід врахувати у відповідних розрахункових ситуаціях, повинні відповідати вимогам щодо експлуатаційної придатності та перевіреним критеріям ефективності.

(2) Комбінації дій для граничних станів за експлуатаційною придатністю визначені символічно за допомогою наступних формул (див. також 6.5.4):

**ПРИМІТКА.** У цих формулах прийнято, що всі часткові коефіцієнти дорівнюють 1. Див. додаток А та EN 1991 - EN 1999.

а) Характеристична комбінація:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.14a)$$

де комбінація дій у дужках { } (названа як характеристична комбінація) може бути виражена так:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

**ПРИМІТКА.** Характеристична комбінація, як правило, використовується для незворотних граничних станів.

б) Часта комбінація:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{1,1} Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.15a)$$

в якій комбінація дій у дужках { } (що називається частою комбінацією) може бути виражена як:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

**ПРИМІТКА.** Часта комбінація, як правило, використовується для зворотних граничних станів.

с) Квазіпостійна комбінація:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i \geq 1 \quad (6.16a)$$

в якій комбінація дій у дужках { } (що називається квазіпостійною комбінацією) може бути виражена так:

where:

$C_d$  is the limiting design value of the relevant serviceability criterion.

$E_d$  is the design value of the effects of actions specified in the serviceability criterion, determined on the basis of the relevant combination.

### 6.5.2 Serviceability criteria

(1) The deformations to be taken into account in relation to serviceability requirements should be as detailed in the relevant Annex A according to the type of construction works, or agreed with the client or the National authority.

**NOTE** For other specific serviceability criteria such as crack width, stress or strain limitation, slip resistance, see EN 1991 to EN 1999.

### 6.5.3 Combination of actions

(1) The combinations of actions to be taken into account in the relevant design situations should be appropriate for the serviceability requirements and performance criteria being verified.

(2) The combinations of actions for serviceability limit states are defined symbolically by the following expressions (see also 6.5.4):

**NOTE** It is assumed, in these expressions, that all partial factors are equal to 1. See Annex A and EN 1991 to EN 1999.

a) Characteristic combination:

in which the combination of actions in brackets { } (called the characteristic combination), can be expressed as:

**NOTE** The characteristic combination is normally used for irreversible limit states.

b) Frequent combination:

in which the combination of actions in brackets { }, (called the frequent combination), can be expressed as:

**NOTE** The frequent combination is normally used for reversible limit states.

c) Quasi-permanent combination:

in which the combination of actions in brackets { }, (called the quasi-permanent combination), can be expressed as:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "P" + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

де умовні позначення розкриті в 1.6 та 6.4.3(1).

**ПРИМІТКА.** Квазіпостійна комбінація, як правило, використовується для довготривалих впливів та зовнішнього вигляду конструкції.

(3) Для репрезентативної величини для дії попереднього напруження (тобто  $P_k$  або  $P_m$ ) слід звертатися до відповідного Єврокоду, враховуючи тип попереднього напруження, що розглядається.

(4)P Там, де це доцільно, повинен розглядатися вплив дій, які викликані вимушеними деформаціями.

**ПРИМІТКА.** У деяких випадках формули з (6.14) до (6.16) вимагають модифікації. Детальні правила надані у відповідних частинах EN 1991 - EN 1999.

#### 6.5.4 Часткові коефіцієнти для матеріалів

(1) Для граничних станів за експлуатаційною придатністю часткові коефіцієнти  $\gamma_m$  для властивостей матеріалів слід приймати 1,0, якщо тільки інше не визначено в EN 1992 - EN 1999.

where the notation is as given in 1.6 and 6.4.3(1).

**NOTE** The quasi-permanent combination is normally used for long-term effects and the appearance of the structure.

(3) For the representative value of the prestressing action (i.e.  $P_k$  or  $P_m$ ), reference should be made to the relevant design Eurocode for the type of prestress under consideration.

(4)P Effects of actions due to imposed deformations shall be considered where relevant.

**NOTE** In some cases expressions (6.14) to (6.16) require modification. Detailed rules are given in the relevant Parts of EN 1991 to EN 1999.

#### 6.5.4 Partial factors for materials

(1) For serviceability limit states the partial factors  $\gamma_m$  for the properties of materials should be taken as 1,0 except if differently specified in EN 1992 to EN 1999.

**Додаток А1**  
(обов'язковий)

**Використання для будівель та споруд**

**A1.1 Область використання**

(1) Цей додаток А1 надає правила та методи встановлення комбінацій дій для будівель та споруд. Він також надає рекомендовані розрахункові величини постійних, перемінних та випадкових дій та ці коефіцієнтів для використання у проектуванні будівель та споруд.

**ПРИМІТКА.** Вказівки можуть надаватись в Національному додатку стосовно використання таблиці 2.1 (проектний термін експлуатації).

**A1.2 Комбінації дій**

**A1.2.1 Загальні положення**

(1) Вплив дій, які не можуть існувати одночасно завдяки фізичним або функціональним причинам, не слід розглядати разом у комбінації дій.

**ПРИМІТКА 1.** В залежності від використання, форми та розташування будівлі комбінації дій можуть базуватись на не більше ніж двох перемінних діях.

**ПРИМІТКА 2.** Там, де модифікації А1.2.1 (2) та А1.2.1 (3) необхідні з географічних причин, вони можуть призначатися в Національному додатку.

(2) Комбінації дій, що наведені в формулах (6.9а) - (6.12b), слід використовувати при перевірці граничних станів за несучою здатністю.

(3) Комбінації дій, що наведені в формулах (6.14а) - (6.16b), слід використовувати при перевірці граничних станів за експлуатаційною придатністю.

(4) Комбінації дій, що включають в себе сили попереднього напруження, слід використовувати, як це визначено в EN 1992 - EN 1999.

**A1.2.2 Величини коефіцієнтів  $\psi$**

(1) Величини коефіцієнтів повинні бути задані.

**ПРИМІТКА.** Рекомендовані величини  $\psi$  коефіцієнтів для більш загальних дій можуть бути отримані з таблиці А1.1.

**A1.3 Граничні стани за несучою здатністю**

**A1.3.1 Розрахункові величини дій в постійних та перехідних розрахункових ситуаціях**

(1) Розрахункові величини дій для граничних станів за несучою здатністю в постійних та перехідних розрахункових ситуаціях (формули (6.9а) - (6.10b)) повинні відповідати таблицям А1.2(А) - (С).

**ПРИМІТКА.** Величини в таблицях А1.2 (А) - (С) можуть бути зміненими, наприклад, для різних рівнів надійності в Національному додатку (див. розділ 2 та додаток В).

(2) При використанні таблиць А1.2(А) - А1.2(С) у випадках, коли граничний стан є дуже чутливим до варіацій значень постійних дій, верхня та нижня характеристичні величини дій повинні прийматися у відповідності з 4.1.2(2)Р.

**Annex A1**  
(normative)

**Application for Buildings**

**A1.1 Field of application**

(1) This annex A1 gives rules and methods for establishing combinations of actions for buildings. It also gives the recommended design values of permanent, variable and accidental actions and  $\psi$  factors to be used in the design of buildings.

**NOTE** Guidance may be given in the National annex with regard to the use of Table 2.1 (design working life).

**A1.2 Combinations of actions**

**A1.2.1 General**

(1) Effects of actions that cannot exist simultaneously due to physical or functional reasons should not be considered together in combinations of actions.

**NOTE 1** Depending on its uses and the form and the location of a building, the combinations of actions may be based on not more than two variable actions.

**NOTE 2** Where modifications of A1.2.1(2) and A1.2.1(3) are necessary for geographical reasons, these can be defined in the National annex.

(2) The combinations of actions given in expressions 6.9a to 6.12b should be used when verifying ultimate limit states.

(3) The combinations of actions given in expressions 6.14a to 6.16b should be used when verifying serviceability limit states.

(4) Combinations of actions that include prestressing forces should be dealt with as detailed in EN 1992 to EN 1999.

**A1.2.2 Values of  $\psi$  factors**

(1) Values of factors should be specified.

**NOTE** Recommended values of  $\psi$  factors for the more common actions may be obtained from Table A1.1.

**A1.3 Ultimate limit states**

**A1.3.1 Design values of actions in persistent and transient design situations**

(1) The design values of actions for ultimate limit states in the persistent and transient design situations (expressions 6.9a to 6.10b) should be in accordance with Tables A1.2(A) to (C).

**NOTE** The values in Tables A1.2 ((A) to (C)) can be altered e.g. for different reliability levels in the National annex (see Section 2 and Annex B).

(2) In applying Tables A1.2(A) to A1.2(C) in cases when the limit state is very sensitive to variations in the magnitude of permanent actions, the upper and lower characteristic values of actions should be taken according to 4.1.2(2)P.



(3) Статична рівновага (EQU, див. 6.4.1) для будівельних конструкцій повинна перевірятися з використанням розрахункових величин дій у таблиці A1.2(A).

(4) Розрахунок конструктивних елементів (STR, див. 6.4.1) без геотехнічних дій повинен бути перевірений з використанням розрахункових величин дій у таблиці A1.2(B).

(5) Розрахунок конструктивних елементів (фундаментів, паль, стін підвалів тощо) (STR) включно з геотехнічними діями та опір ґрунту (GEO, див. 6.4.1) повинен бути виконаний з використанням одного з трьох наступних додаткових підходів для геотехнічних дій та показників опору відповідно до EN 1997:

(3) Static equilibrium (EQU, see 6.4.1) for building structures should be verified using the design values of actions in Table A1.2(A).

(4) Design of structural members (STR, see 6.4.1) not involving geotechnical actions should be verified using the design values of actions from Table A1.2(B).

(5) Design of structural members (footings, piles, basement walls, etc.) (STR) involving geotechnical actions and the resistance of the ground (GEO, see 6.4.1) should be verified using one of the following three approaches supplemented, for geotechnical actions and resistances, by EN 1997:

**Таблиця А1.1** - Рекомендовані величини  $\psi$  коефіцієнтів для будівель та споруд

Дія	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Прикладені навантаження на будівлі, категорія (див. EN 1991-1-1)			
Категорія А: житлові будинки, житлові площі	0,7	0,5	0,3
Категорія В: офісні площі	0,7	0,5	0,3
Категорія С: площі зібрання великої кількості людей	0,7	0,7	0,6
Категорія D: торговельні площі	0,7	0,7	0,6
Категорія Е: склади	1,0	0,9	0,8
Категорія F: проїзна частина, вага транспортного засобу $\leq 30$ кН	0,7	0,7	0,6
Категорія G: проїзна частина, $30$ кН < вага транспортного засобу $\leq 160$ кН	0,7	0,5	0,3
Категорія H: дахи	0	0	0
Снігові навантаження на будівлях (див. EN 1991-1-3)*			
Фінляндія, Ісландія, Норвегія, Швеція	0,7	0,5	0,2
Інші країни-члени Європейського комітету з стандартизації, для місць, що розташовані на висоті $H > 1000$ м над рівнем моря	0,7	0,5	0,2
Інші країни-члени Європейського комітету з стандартизації, для місць, що розташовані на висоті $H \leq 1000$ м над рівнем моря	0,5	0,2	0
Вітрове навантаження на будівлі (див. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Температура (без пожежі) в будівлях (див. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
<b>ПРИМІТКА.</b> Коефіцієнти $\psi$ можуть бути встановлені Національним додатком.			
* Для країн, які не згадані нижче, див. відповідні місцеві умови			

**Table A1.1** - Recommended values of  $\psi$  factors for buildings

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Imposed loads in buildings, category (see EN 1991-1-1)			
Category A: domestic, residential areas	0,7	0,5	0,3
Category B: office areas	0,7	0,5	0,3
Category C: congregation areas	0,7	0,7	0,6
Category D: shopping areas	0,7	0,7	0,6
Category E: storage areas	1,0	0,9	0,8
Category F: traffic area, vehicle weight $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Category G: traffic area, $30$ kN < vehicle weight $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Category H: roofs	0	0	0
Snow loads on buildings (see EN 1991-1-3)*			
Finland, Iceland, Norway, Sweden	0,7	0,5	0,2
Remainder of CEN Member States, for sites located at altitude $H > 1000$ m a.s.l.	0,7	0,5	0,2
Remainder of CEN Member States, for sites located at altitude $H \leq 1000$ m a.s.l.	0,5	0,2	0
Wind loads on buildings (see EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperature (non-fire) in buildings (see EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
<b>NOTE</b> The $\psi$ values may be set by the National annex.			
* For countries not mentioned below, see relevant local conditions.			

**Підхід 1:** Застосовується при окремих підрахунках розрахункових величин з таблиці A1.2(C) та таблиці A1.2(B) для геотехнічних дій так, як і для інших дій на/від конструкції. В загальному випадку розміри фундаментів визначаються за таблицею A1.2(C), а конструктивний опір визначається за таблицею A1.2(B);

**ПРИМІТКА.** У деяких випадках використання цих таблиць є більш комплексним, див. EN 1997.

**Підхід 2:** Застосування розрахункових величин з таблиці A1.2(B) для геотехнічних дій так, як і для інших дій на/від конструкції;

**Підхід 3:** Застосування розрахункових величин з таблиці A1.2(C) для геотехнічних дій та одночасно використання часткових коефіцієнтів з таблиці A1.2(B) для інших дій на/від конструкції,

**ПРИМІТКА.** Застосування підходів 1, 2 або 3 вибирається у Національному додатку.

(6) Загальну стійкість для будівельних споруд (наприклад, стійкість схилу, що підтримує споруду) слід перевіряти відповідно до EN 1997.

(7) Гідравлічне та руйнування внаслідок спливання (наприклад, на дні котловану будівельної споруди) слід перевіряти відповідно до EN 1997.

**Approach 1:** Applying in separate calculations design values from Table A1.2(C) and Table A1.2(B) to the geotechnical actions as well as the other actions on/from the structure. In common cases, the sizing of foundations is governed by Table A1.2(C) and the structural resistance is governed by Table A1.2(B);

**NOTE** In some cases, application of these tables is more complex, see EN 1997.

**Approach 2:** Applying design values from Table A1.2(B) to the geotechnical actions as well as the other actions on/from the structure;

**Approach 3:** Applying design values from Table A1.2(C) to the geotechnical actions and, simultaneously, applying partial factors from Table A1.2(B) to the other actions on/from the structure,

**NOTE** The use of approaches 1, 2 or 3 is chosen in the National annex.

(6) Overall stability for building structures (e.g. the stability of a slope supporting a building) should be verified in accordance with EN 1997.

(7) Hydraulic and buoyancy failure (e.g. in the bottom of an excavation for a building structure) should be verified in accordance with EN 1997.

**Таблиця A1.2(A) - Розрахункові величини дій (EQU) (Комплект А)**

Постійні та перехідні розрахункові ситуації (відповідає (6.10))	Постійні дії		Провідна перемінна дія (*) $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	Супутні перемінні дії	
	Несприятлива $\gamma_{G_i,sup} G_{k_i,sup}$	Сприятлива $\gamma_{G_i,sup} G_{k_i,inf}$		Головні (якщо є)	Інші $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(*) Перемінні дії - дії, розглянуті в таблиці A 1.1					
<b>ПРИМІТКА 1.</b> Величини $\gamma$ можуть встановлюватися Національним додатком. Рекомендованим набором величин $\gamma$ є: $\gamma_{G_i,sup} = 1,10$ $\gamma_{G_i,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива)					
<b>ПРИМІТКА 2.</b> У випадках, де перевірка статичної рівноваги включає також перевірку опору конструктивних елементів, як альтернатива до двох окремих перевірок, які базуються на таблицях A1.2(A) та A1.2(B), може бути прийнята об'єднана перевірка, яка базується на таблиці A1.2(A), якщо це дозволено Національним додатком, з таким набором рекомендованих величин. Рекомендовані величини можуть змінюватися Національним додатком. $\gamma_{G_i,sup} = 1,35$ $\gamma_{G_i,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива) за умови прийняття $\gamma_{G_i,inf} = 1,00$ обидві, як сприятлива, так і несприятлива частини постійних дій не дають більш несприятливого результату.					

**Table A1.2(A) - Design values of actions (EQU) (Set A)**

Persistent and transient design situations (Eq. 6.10)	Permanent actions		Leading variable action (*) $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	Accompanying variable actions	
	Unfavourable $\gamma_{G_i,sup} G_{k_i,sup}$	Favourable $\gamma_{G_i,sup} G_{k_i,inf}$		Main (if any)	Others $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(*) Variable actions are those considered in Table A1.1					
<b>NOTE 1</b> The $\gamma$ values may be set by the National annex. The recommended set of values for $\gamma$ are: $\gamma_{G_i,sup} = 1,10$ $\gamma_{G_i,inf} = 0,90$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable)					
<b>NOTE 2</b> In cases where the verification of static equilibrium also involves the resistance of structural members, as an alternative to two separate verifications based on Tables A1.2(A) and A1.2(B), a combined verification, based on Table A1.2(A), may be adopted, if allowed by the National annex, with the following set of recommended values. The recommended values may be altered by the National annex. $\gamma_{G_i,sup} = 1,35$ $\gamma_{G_i,inf} = 1,15$ $\gamma_{Q,1} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable) $\gamma_{Q,i} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable) provided that applying $\gamma_{G_i,inf} = 1,00$ both to the favourable part and to the unfavourable part of permanent actions does not give a more unfavourable effect.					

**Таблиця А1.2(В) - Розрахункові величини дій (STR/GEO) (Комплект В)**

Постійні та перехідні розрахункові ситуації	Постійні дії		Провідна перемінна дія	Супутні перемінні дії (*)		Постійні та перехідні розрахункові ситуації	Постійні дії		Провідна перемінна дія	Супутні перемінні дії (*)	
	Несприятлива	Сприятлива		Головні (якщо є)	Інші		Несприятлива	Сприятлива		Дія	Головні
(Відповідає (6.10))	$\gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$	$\gamma_{Q,1}$ $Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(Відповідає (6.10a))	$\gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
						(Відповідає (6.10b))	$\xi \gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Перемінні дії - ті, що розглянуті в таблиці А 1.1

**ПРИМІТКА 1.** Вибір між (6.10) або (6.10a) та (6.10b) приймається у Національному додатку. У випадку (6.10a) та (6.10b) Національний додаток може додатково модифікувати (6.10a), включивши тільки постійні дії.

**ПРИМІТКА 2.** Величини  $\gamma$  та  $\xi$  можуть встановлюватись Національним додатком. Такі величини для  $\gamma$  та  $\xi$  рекомендуються, коли використовуються формули (6.10) або (6.10a) та (6.10b).

$\gamma_{G_i,sup} = 1,35$

$\gamma_{G_i,inf} = 1,00$

$\gamma_{Q,i} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива)

$\gamma_{Q,1} = 1,50$ , де несприятлива (0 де сприятлива)

$\xi = 0,85$  (так що  $\xi \gamma_{G_i,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$ ).

Див. також EN 1991 - EN 1999 для величин  $\gamma$ , що використовуються для вимушених деформацій.

**ПРИМІТКА 3.** Характеристичні значення усіх постійних дій з одного джерела перемножуються на  $\gamma_{G_i,sup}$ , якщо загальний результат результуючої дії несприятливий, і  $\gamma_{G_i,inf}$ , якщо загальний вплив результуючої дії сприятливий. Наприклад, всі дії, які обумовлені власною вагою конструкції, можуть розглядатись, як ті, що надходять з одного джерела; це також використовується, якщо застосовуються різні матеріали.

**ПРИМІТКА 4.** Для відповідних перевірок величини  $\gamma_G$  та  $\gamma_Q$  можуть бути розділеними на  $\gamma_g$  та  $\gamma_q$  і коефіцієнт невизначеності моделі  $\gamma_{Sd}$ . Величина  $\gamma_{Sd}$  знаходиться в межах діапазону 1,05 - 1,15, її можна використовувати у більшості загальних випадків і можна модифікувати в Національному додатку.

**Table A1.2(B) - Design values of actions (STR/GEO) (Set B)**

Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action	Accompanying variable actions (*)		Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others		Unfavourable	Favourable		Actions	Main (if any)
(Eq. 6.10)	$\gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$	$\gamma_{Q,1}$ $Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(Eq. 6.10a)	$\gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
						(Eq. 6.10b)	$\xi \gamma_{G_i,sup}$ $G_{k_i,sup}$	$\gamma_{G_i,inf}$ $G_{k_i,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable actions are those considered in Table A1.1

**NOTE 1** The choice between 6.10, or 6.10a and 6.10b will be in the National annex. In case of 6.10a and 6.10b, the National annex may in addition modify 6.10a to include permanent actions only.

**NOTE 2** The  $\gamma$  and  $\xi$  values may be set by the National annex. The following values for  $\gamma$  and  $\xi$  are recommended when using expressions 6.10, or 6.10a and 6.10b.

$\gamma_{G_i,sup} = 1,35$

$\gamma_{G_i,inf} = 1,00$

$\gamma_{Q,i} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable)

$\gamma_{Q,1} = 1,50$ , where unfavourable (0 where favourable)

$\xi = 0,85$  (so that  $\xi \gamma_{G_i,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$ ).

See also EN 1991 to EN 1999 for  $\gamma$  values to be used for imposed deformations.

**NOTE 3** The characteristic values of all permanent actions from one source are multiplied by  $\gamma_{G_i,sup}$  if the total resulting action effect is unfavourable and  $\gamma_{G_i,inf}$  the total resulting action effect is favourable. For example, all actions originating from the self weight of the structure may be considered as coming from one source; this also applies if different materials are involved.

**NOTE 4** For particular verifications, the values for  $\gamma_G$  and  $\gamma_Q$  may be subdivided into  $\gamma_g$  and  $\gamma_q$  and the model uncertainty factor  $\gamma_{Sd}$ . A value of  $\gamma_{Sd}$  in the range 1,05 to 1,15 can be used in most common cases and can be modified in the National annex.

**Таблиця А1.2(С) - Розрахункові величини дій (STR/GEO) (Комплект С)**

Постійні та перехідні розрахункові ситуації	Постійні дії		Провідна перемінна дія (*)	Супутні перемінні дії (*)	
	Несприятлива	Сприятлива		Головні (якщо є)	Інші
(Відповідає (6.10))	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Перемінні дії - дії, розглянуті в таблиці А 1.1

**ПРИМІТКА 1.** Величини  $\gamma$  можуть встановлюватись Національним додатком. Рекомендованим комплектом величин  $\gamma$  є:  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,00$   
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,1} = 1,30$ , де несприятлива (0 де сприятлива)  
 $\gamma_{Q,i} = 1,30$ , де несприятлива (0 де сприятлива)

**Table A1.2(C) - Design values of actions (STR/GEO) (Set C)**

Persistent and transient design situations	Permanent actions		Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others
(Eq. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*) Variable actions are those considered in Table A1.1

**NOTE 1** The  $\gamma$  values may be set by the National annex. The recommended set of values for  $\gamma$  are:  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,00$   
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,1} = 1,30$ , where unfavourable (0 where favourable)  
 $\gamma_{Q,i} = 1,30$ , where unfavourable (0 where favourable)

**A1.3.2 Розрахункові величини дій в випадкових та сейсмічних розрахункових ситуаціях**

(1) Часткові коефіцієнти для дій за граничними станами за несучою здатністю в випадкових та сейсмічних розрахункових ситуаціях (формули (6.11а) до (6.12b)), повинні бути 1,0. Величини  $\psi$  наведені в таблиці А1.1

**ПРИМІТКА.** Для сейсмічної розрахункової ситуації див. також EN 1998.

**A1.3.2 Design values of actions in the accidental and seismic design situations**

(1) The partial factors for actions for the ultimate limit states in the accidental and seismic design situations (expressions 6.11a to 6.12b) should be 1,0.  $\psi$  values are given in Table A1.1.

**NOTE** For the seismic design situation see also EN 1998.

**A1.4 Граничні стани за експлуатаційною придатністю**

**A1.4 Serviceability limit states**

**A1.4.1 Часткові коефіцієнти для дій**

**A1.4.1 Partial factors for actions**

(1) Для граничних станів за експлуатаційною придатністю часткові коефіцієнти для дій повинні прийматися рівними 1,0, якщо інакше не визначено в EN 1991 - EN 1999.

(1) For serviceability limit states the partial factors for actions should be taken as 1,0 except if differently specified in EN 1991 to EN 1999.

**Таблиця А 1.3 - Розрахункові величини дій у випадкових та сейсмічних комбінаціях дій**

Розрахункова ситуація	Постійні дії		Провідна випадкова або сейсмічна дія	Супутні перемінні дії (**)	
	Несприятлива	Сприятлива		Головні (якщо є)	Інші
Випадкова (*) (відповідає (6.11 а/б))	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{11}$ або $\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Сейсмічна (відповідає (6.12а/б))	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\gamma_I A_{EK}$ або $A_d$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

(\*) Для випадкових розрахункових ситуацій головна перемінна дія може бути взята зі своєю частою або, як в комбінації сейсмічних дій, своєю квазіпостійною величиною. Вибір здійснюється відповідно до Національного додатка в залежності від відповідної випадкової дії, що розглядається. Див. також EN 1991-1-2.

(\*\*) Перемінні дії - це такі, що розглянуті в таблиці А 1.1.

**Table A1.3 - Design values of actions for use in accidental and seismic combinations of actions**

Design situation	Permanent actions		Leading accidental or seismic action	Accompanying variable actions (**)	
	Unfavourable	Favourable		Main (if any)	Others
Accidental (*) (Eq. 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$A_d$	$\psi_{11}$ або $\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Seismic (Eq. 6.12a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\gamma_I A_{EK}$ або $A_d$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

(\*) In the case of accidental design situations, the main variable action may be taken with its frequent or, as in seismic combinations of actions, its quasi-permanent values. The choice will be in the National annex, depending on the accidental action under consideration. See also EN 1991-1-2.

(\*\*) Variable actions are those considered in Table A1.1.

**Таблиця А1.4** - Розрахункові величини дій для використання в комбінаціях дій

Комбінація	Постійні дії $G_d$		Перемінні дії $Q_d$	
	Несприятлива	Сприятлива	Провідна	Інші
Характеристична	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$Q_{k1}$	$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$
Часта	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Квазіпостійна	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$\Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$

**Table A1.4** - Design values of actions for use in the combination of actions

Combination	Permanent actions $G_{rf}$		Variable actions $Q_H$	
	Unfavourable	Favourable	Leading	Others
Characteristic	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$Q_{k1}$	$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$
Frequent	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quasi-permanent	$G_{k_i, sup}$	$G_{k_i, inf}$	$\Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$

**A1.4.2 Критерії експлуатаційної придатності**

(1) Граничні стани за експлуатаційною придатністю в будівлях та спорудах повинні враховувати критерії, які, наприклад, відносяться до жорсткості перекриття, різних поверхових рівнів, коливання поверхів та/або коливання споруди та жорсткості даху. Критерії жорсткості можуть виражатись у вигляді умов обмежень для вертикального відхилення і вібрацій. Критерії коливань можуть виражатись у вигляді умов обмежень для горизонтальних переміщень.

(2) Критерії експлуатаційної придатності повинні бути призначені для кожного проекту та узгоджені з замовником.

**ПРИМІТКА.** Критерії експлуатаційної придатності можуть бути встановлені у Національному додатку.

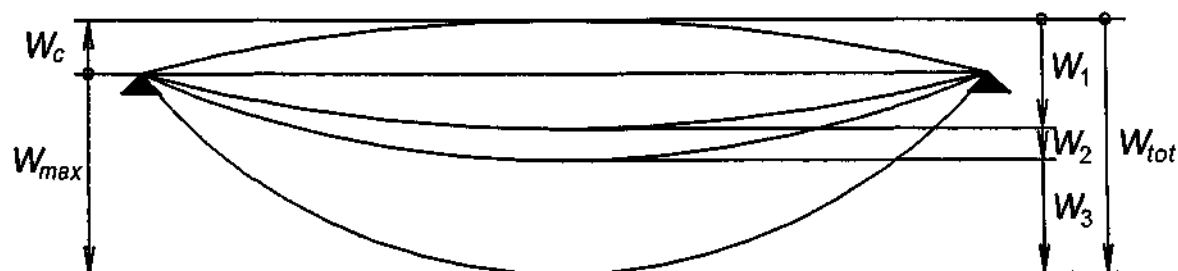
(3) Критерії експлуатаційної придатності для деформацій та вібрацій слід визначати:

- в залежності від призначення;
- враховуючи вимоги експлуатаційної придатності відповідно до 3.4;
- незалежно від матеріалів для опор конструктивного елемента.

**A1.4.3 Деформації та горизонтальні переміщення**

(1) Вертикальні та горизонтальні деформації повинні розраховуватись у відповідності з EN 1992 - EN 1999 з використанням відповідних комбінації дій згідно з формулами (6.14a) - (6.16b), беручи до уваги вимоги експлуатаційної придатності, які надані в 3.4(1). Спеціальна увага повинна приділятися різниці між зворотними та незворотними граничними станами.

(2) Вертикальні переміщення схематично представлені на рисунку А1.1.



**Рисунок А1.1** - Визначення вертикальних переміщень

**A1.4.2 Serviceability criteria**

(1) Serviceability limit states in buildings should take into account criteria related, for example, to floor stiffness, differential floor levels, storey sway or/and building sway and roof stiffness. Stiffness criteria may be expressed in terms of limits for vertical deflections and for vibrations. Sway criteria may be expressed in terms of limits for horizontal displacements.

(2) The serviceability criteria should be specified for each project and agreed with the client.

**NOTE** The serviceability criteria may be defined in the National annex.

(3)P The serviceability criteria for deformations and vibrations shall be defined:

- depending on the intended use;
- in relation to the serviceability requirements in accordance with 3.4;
- independently of the materials used for supporting structural member.

**A1.4.3 Deformations and horizontal displacements**

(1) Vertical and horizontal deformations should be calculated in accordance with EN 1992 to EN 1999, by using the appropriate combinations of actions according to expressions (6.14a) to (6.16b) taking into account the serviceability requirements given in 3.4(1). Special attention should be given to the distinction between reversible and irreversible limit states.

(2) Vertical deflections are represented schematically in Figure. A1.1.

**Figure A1.1** - Definitions of vertical deflections

$w_c$	Попередній вигин конструктивного елемента в ненавантаженому стані
$w_1$	Первинна частина переміщення від постійного навантаження при відповідній комбінації дій згідно з формулами (6.14a) - (6.16b)
$w_2$	Довготривала частина переміщення під постійними навантаженнями
$w_3$	Додаткова частина переміщення завдяки перемінним діям відповідної комбінації дій згідно з формулами (6.14a) - (6.16b)
$w_{tot}$	Загальне переміщення як сума $w_1$ , $w_2$ , і $w_3$
$w_{max}$	Залишкове загальне переміщення з урахуванням попереднього вигину

(3) Якщо розглядаються функціонування або пошкодження конструкції, або її облицювання, або несучі елементи (наприклад, перегородки, облицювальні панелі), перевірка переміщень повинна врахувати впливи постійних та перемінних дій, що мають місце після закінчення влаштування елемента або облицювання.

**ПРИМІТКА.** Вказівки щодо використання формул (6.14a) - (6.16b) надані в 6.5.3 та EN 1992 - EN 1999.

(4) Якщо розглядається зовнішній вигляд конструкції, слід застосовувати квазіпостійну комбінацію (формула (6.16b)).

(5) Якщо розглядається комфорт для користувача або функціонування машин та обладнання, перевірка повинна врахувати вплив відповідних перемінних дій.

(6) Довготривалі деформації внаслідок усадки, релаксації або повзучості матеріалу повинні розглядатися там, де це необхідно, а розраховувати їх слід, враховуючи вплив постійних дій та квазіпостійних величин перемінних дій.

(7) Горизонтальні переміщення схематично наведені на рисунку A1.2.

#### A1.4.4 Вібрації

(1) Для досягнення задовільної вібраційної роботи будівель і споруд та їх конструктивних елементів відповідно до умов експлуатаційної придатності серед інших аспектів, що розглядаються, слід врахувати такі:

- a) комфорт користувача;
- b) функціонування конструкції або елементів споруди (наприклад, тріщини в перегородках, пошкодження облицювання, чутливість споруд та їх вмісту до вібрацій);

Інші аспекти повинні розглядатися для кожного проекту та узгоджуватись з замовником.

(2) Для того, щоб не були перевищені граничні стани за експлуатаційною придатністю конструкції або елемента конструкції внаслідок вібрації, власні частоти вібрацій конструкції або елемента конструкції повинні бути вищими відповідних величин, котрі залежать від призначення споруди та джерел вібрації, та узгоджуватися з замовником та/або відповідним органом влади.

$w_c$	Precamber in the unloaded structural member
$w_1$	Initial part of the deflection under permanent loads of the relevant combination of actions according to expressions (6.14a) to (6.16b)
$w_2$	Long-term part of the deflection under permanent loads
$w_3$	Additional part of the deflection due to the variable actions of the relevant combination of actions according to expressions (6.14a) to (6.16b)
$w_{tot}$	Total deflection as sum of $w_1$ , $w_2$ , $w_3$
$w_{max}$	Remaining total deflection taking into account the precamber

(3) If the functioning or damage of the structure or to finishes, or to non-structural members (e.g. partition walls, claddings) is being considered, the verification for deflection should take account of those effects of permanent and variable actions that occur after the execution of the member or finish concerned.

**NOTE** Guidance on which expression (6.14a) to (6.16b) to use is given in 6.5.3 and EN 1992 to EN 1999.

(4) If the appearance of the structure is being considered, the quasi-permanent combination (expression 6.16b) should be used.

(5) If the comfort of the user, or the functioning of machinery are being considered, the verification should take account of the effects of the relevant variable actions.

(6) Long term deformations due to shrinkage, relaxation or creep should be considered where relevant, and calculated by using the effects of the permanent actions and quasipermanent values of the variable actions.

(7) Horizontal displacements are represented schematically in Figure A1.2.

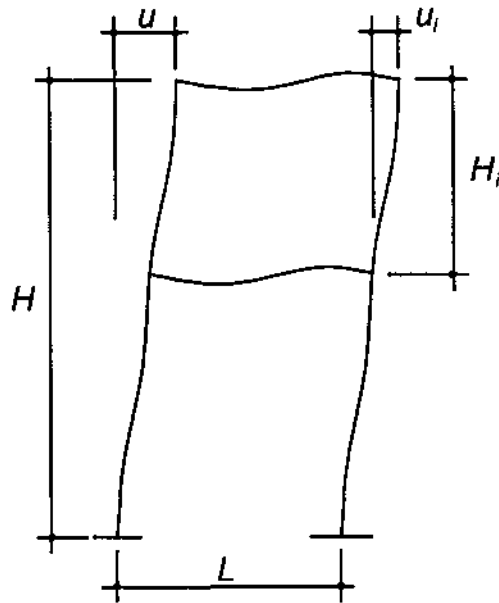
#### A1.4.4 Vibrations

(1) To achieve satisfactory vibration behaviour of buildings and their structural members under serviceability conditions, the following aspects, amongst others, should be considered:

- a) the comfort of the user;
- b) the functioning of the structure or its structural members (e.g. cracks in partitions, damage to cladding, sensitivity of building contents to vibrations).

Other aspects should be considered for each project and agreed with the client.

(2) For the serviceability limit state of a structure or a structural member not to be exceeded when subjected to vibrations, the natural frequency of vibrations of the structure or structural member should be kept above appropriate values which depend upon the function of the building and the source of the vibration, and agreed with the client and/or the relevant authority.



**Рисунок А1.2** - Визначення горизонтальних переміщень

$u$  - загальне горизонтальне переміщення відносно висоти будівлі  $H$ ;

$u_i$  - горизонтальне переміщення відносно висоти поверху  $H_i$ ;

**Figure A1.2** - Definition of horizontal displacements

$u$  Overall horizontal displacement over the building height  $H$

$u_i$  Horizontal displacement over a storey height  $H_i$

(3) Якщо власні частоти вібрацій споруди є нижчими за відповідну величину, слід виконати більш ретельний розрахунок динамічної характеристики конструкції, включно з розглядом заходів стосовно демпфювання.

**ПРИМІТКА.** Для отримання подальших вказівок див. EN 1991-1-1, EN 1991-1-4 та ISO 10137.

(4) Можливі джерела вібрації, що необхідно розглянути, включають рух пішоходів, синхронізовані пересування людей, роботу машинного обладнання, вібрації ґрунтів внаслідок дорожнього руху та впливу вітру. Ці та інші джерела повинні визначатись для кожного проекту та узгоджуватись із замовником.

(3) If the natural frequency of vibrations of the structure is lower than the appropriate value, a more refined analysis of the dynamic response of the structure, including the consideration of damping, should be performed.

**NOTE** For further guidance, see EN 1991-1-1, EN 1991-1-4 and ISO 10137.

(4) Possible sources of vibration that should be considered include walking, synchronised movements of people, machinery, ground borne vibrations from traffic, and wind actions. These, and other sources, should be specified for each project and agreed with the client.

**Додаток В**  
(довідковий)

**Керування конструктивною надійністю  
будівель і споруд**

**В1 Сфера та область використання**

(1) Цей додаток надає додаткові вказівки до 2.2 (Керівництво роботами з забезпечення надійності) та до відповідних статей у EN 1991 - EN 1999.

**ПРИМІТКА.** Правила встановлення відмінностей у надійності були визначені для відповідних підходів у Єврокодах з проектування, наприклад, в EN 1992, EN 1993, EN 1996, EN 1997 та EN 1998.

(2) Підхід, наведений у цьому додатку, рекомендує такі процедури для керування конструктивною надійністю будівель і споруд (відносно граничних станів за несучою здатністю, за винятком втоми):

a) Відповідно до 2.2(5)b запроваджені класи, що базуються на прийнятих наслідках руйнування та піддаванні небезпеці будівель і споруд. Процедура, що дозволяє незначну диференціацію часткових коефіцієнтів для дій та опору у відповідності з класами, надана в В3.

**ПРИМІТКА.** Класифікація надійності може бути представлена завдяки індексам  $\beta$  (див. додаток С), яка враховує прийнятну або припущену статистичну варіативність у впливах дій та опору і невизначеності моделі.

b) Відповідно до 2.2(5)c та 2.2(5)d процедура, що дозволяє незначну диференціацію між різними типами будівель і споруд у вимогах стосовно рівнів якості проектування та процесу зведення, надані у В4 та В5.

**ПРИМІТКА.** Заходи керування та контролю якістю при проектуванні, детальному кресленні та зведенні, які надані в В4 та В5, призначені для уникнення руйнувань внаслідок накопичених помилок та гарантії опору, прийнятого при проектуванні.

(3) Ця процедура визначена для того, щоб створити робочі рамки і дозволити, якщо це бажано, використання різних рівнів надійності.

**В2 Символи**

В цьому додатку використовуються такі символи.

$K_{FI}$  - коефіцієнт, що використовується для дій при диференціації надійності

$\beta$  - індекс надійності

**В3 Диференціація надійності**

**В3.1 Класи наслідків**

(1) З метою диференціації надійності класи наслідків (CC) можуть встановлюватись, розглядаючи наслідки руйнування або несправної роботи конструкції, як визначено в таблиці В1.

**Annex B**  
(informative)

**Management of Structural Reliability for  
Construction Works**

**B1 Scope and field of application**

(1) This annex provides additional guidance to 2.2 (Reliability management) and to appropriate clauses in EN 1991 to EN 1999.

**NOTE** Reliability differentiation rules have been specified for particular aspects in the design Eurocodes, e.g. in EN 1992, EN 1993, EN 1996, EN 1997 and EN 1998.

(2) The approach given in this Annex recommends the following procedures for the management of structural reliability for construction works (with regard to ULSS, excluding fatigue):

a) In relation to 2.2(5)b, classes are introduced and are based on the assumed consequences of failure and the exposure of the construction works to hazard. A procedure for allowing moderate differentiation in the partial factors for actions and resistances corresponding to the classes is given in B3.

**NOTE** Reliability classification can be represented by  $\beta$  indexes (see Annex C) which takes account of accepted or assumed statistical variability in action effects and resistances and model uncertainties.

b) In relation to 2.2(5)c and 2.2(5)d, a procedure for allowing differentiation between various types of construction works in the requirements for quality levels of the design and execution process are given in B4 and B5.

**NOTE** Those quality management and control measures in design, detailing and execution which are given in B4 and B5 aim to eliminate failures due to gross errors, and ensure the resistances assumed in the design.

(3) The procedure has been formulated in such a way so as to produce a framework to allow different reliability levels to be used, if desired.

**B2 Symbols**

In this annex the following symbols apply.

$K_{FI}$  Factor applicable to actions for reliability differentiation

$\beta$  Reliability index

**B3 Reliability differentiation**

**B3.1 Consequences classes**

(1) For the purpose of reliability differentiation, consequences classes (CC) may be established by considering the consequences of failure or malfunction of the structure as given in Table B1.



Таблиця В1 - Визначення класів наслідків

Клас наслідків	Опис	Приклади будівель та цивільних інженерних споруд
CC3	<b>Значні</b> наслідки - втрати людського життя або економічні, соціальні наслідки або наслідки для навколишнього середовища є <b>дуже великими</b>	Трибуни, громадські споруди та будівлі, де наслідки руйнування можуть бути край негативною (наприклад, концертні зали)
CC2	<b>Середні</b> наслідки - втрати людського життя, економічні, соціальні наслідки або наслідки для навколишнього середовища є <b>значними</b>	Житлові та офісні будівлі, громадські будівлі, де наслідки руйнування є середніми (наприклад, офісна будівля)
CC1	<b>Незначні</b> наслідки - втрати людського життя, економічні, соціальні наслідки або наслідки для навколишнього середовища є <b>малими або незначними</b>	Сільськогосподарські будівлі, куди люди, зазвичай, не заходять (наприклад, складські приміщення), теплиці

Table B1 - Definition of consequences classes

Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	<b>High</b> consequence for loss of human life, or economic, social or environmental consequences <b>very great</b>	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	<b>Medium</b> consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences <b>considerable</b>	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	<b>Low</b> consequence for loss of human life, and economic, social or environmental consequences <b>small or negligible</b>	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses

(2) Критерієм для класифікації наслідків є важливість у відношенні наслідків руйнування конструкції або елемента конструкції, що розглядається. Див. В3.3

(3) Залежно від форми конструкції та прийнятих протягом проектування рішень окремі елементи конструкції можуть бути віднесеними до однакового, вищого або нижчого класу наслідків ніж вся конструкція в цілому.

**ПРИМІТКА.** У даний час вимоги щодо надійності мають відношення до конструктивних елементів будівель і споруд.

### В3.2 Диференціація за величинами $\beta$

(1) Класи надійності (RC) можуть визначатися завдяки концепції індексу надійності  $\beta$ .

(2) Три класи надійності RC1, RC2 та RC3 можуть бути пов'язаними з трьома класами наслідків CC1, CC2 та CC3.

Таблиця В2 надає мінімальні рекомендовані величини для індексу надійності, який є пов'язаним з класами надійності (див. також додаток С).

(2) The criterion for classification of consequences is the importance, in terms of consequences of failure, of the structure or structural member concerned. See B3.3

(3) Depending on the structural form and decisions made during design, particular members of the structure may be designated in the same, higher or lower consequences class than for the entire structure.

**NOTE** At the present time the requirements for reliability are related to the structural members of the construction works.

### B3.2 Differentiation by $\beta$ values

(1) The reliability classes (RC) may be defined by the  $\beta$  reliability index concept.

(2) Three reliability classes RC1, RC2 and RC3 may be associated with the three consequences classes CC1, CC2 and CC3.

(3) Table B2 gives recommended minimum values for the reliability index associated with reliability classes (see also annex C).

Таблиця В2 - Рекомендовані мінімальні величини для індексу надійності  $\beta$  (граничні стани за несучою здатністю)

Клас надійності	Мінімальні величини для $\beta$	
	Базовий період за 1 рік	Базовий період за 50 років
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

**Table B2** - Recommended minimum values for reliability index  $\beta$  (ultimate limit states)

Reliability Class	Minimum values for $\beta$	
	1 year reference period	50 years reference period
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

**ПРИМІТКА.** Вважається, що проектування з використанням EN 1990 з частковими коефіцієнтами, наданими в додатку A1 та EN 1991 - EN 1999, загалом призведе до споруди величиною  $\beta$  більше ніж 3,8 для базового періоду за 50 років. Класи надійності для елементів споруди вище RC3 в цьому додатку в подальшому не розглядаються, оскільки кожна з таких конструкцій вимагає окремого розгляду.

**NOTE** A design using EN 1990 with the partial factors given in annex A1 and EN 1991 to EN 1999 is considered generally to lead to a structure with a  $\beta$  value greater than 3,8 for a 50 year reference period. Reliability classes for members of the structure above RC3 are not further considered in this Annex, since these structures each require individual consideration.

**B3.3 Диференціація завдяки заходам, які відносяться до часткових коефіцієнтів**

(1) Один із шляхів реалізації диференціації надійності полягає у диференціації класів коефіцієнтів  $\gamma_F$ , що використовуються в основних комбінаціях для постійних розрахункових ситуацій. Наприклад, для однакових рівнів контролю при проектуванні та інспекцій при зведенні коефіцієнт множення  $K_{FI}$  (див. таблицю B3) може застосовуватись до часткових коефіцієнтів.

**B3.3 Differentiation by measures relating to the partial factors**

(1) One way of achieving reliability differentiation is by distinguishing classes of  $\gamma_F$  factors to be used in fundamental combinations for persistent design situations. For example, for the same design supervision and execution inspection levels, a multiplication factor  $K_{FI}$ , see Table B3, may be applied to the partial factors.

**Таблиця B3** -  $K_{FI}$  коефіцієнт для дій

$K_{FI}$ коефіцієнт для дій	Клас надійності		
	RC1	RC2	RC3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

**Table B3** -  $K_{FI}$  factor for actions

$K_{FI}$ factor for actions	Reliability class		
	RC1	RC2	RC3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

**ПРИМІТКА.** Так, для класу RC3 інші заходи, які описані в цьому додатку, зазвичай краще використання коефіцієнта  $K_{FI}$ .  $K_{FI}$  повинен використовуватись тільки для несприятливих дій.

**NOTE** In particular, for class RC3, other measures as described in this Annex are normally preferred to using  $K_{FI}$  factors.  $K_{FI}$  should be applied only to unfavourable actions.

(2) Диференціація надійності може також застосовуватись через часткові коефіцієнти опору  $\gamma_M$ . Однак, як правило, це не використовується. Винятком є перевірка на втому (див. EN 1993). Див. також B6.

(2) Reliability differentiation may also be applied through the partial factors on resistance  $\gamma_M$ . However, this is not normally used. An exception is in relation to fatigue verification (see EN 1993). See also B6.

(3) Супутні заходи, наприклад, рівень контролю якості проектування та зведення, може бути пов'язаний з класами  $\gamma_F$ . В цьому додатку була прийнята трьохрівнева система контролю якості проектування та зведення. Також є прийнятним контроль рівнів проектування та інспекційних рівнів разом з класами надійності.

(3) Accompanying measures, for example the level of quality control for the design and execution of the structure, may be associated to the classes of  $\gamma_F$ . In this Annex, a three level system for control during design and execution has been adopted. Design supervision levels and inspection levels associated with the reliability classes are suggested.

(4) Можуть мати місце випадки (наприклад, ліхтареві стовпи, щогли тощо), де з метою економії конструкція може мати клас RC1, але відноситися до вищих відповідних рівнів контролю проектування та інспекцій.

There can be cases (e.g. lighting poles, masts, etc.) where, for reasons of economy, the structure might be in RC1, but be subjected to higher corresponding design supervision and inspection levels.

**B4 Диференціація контролю проектування**

(1) Диференціація контролю проектування складається з різних організаційних заходів контролю якості, які можуть виконуватись разом. Наприклад, визначення рівня контролю проектування (B4(2)) може використовуватись разом з іншими заходами, наприклад, для класифікації проектувальників та контрольних органів (B4(3)).

**B4 Design supervision differentiation**

(1) Design supervision differentiation consists of various organisational quality control measures which can be used together. For example, the definition of design supervision level (B4(2)) may be used together with other measures such as classification of designers and checking authorities (B4(3)).

(2) Три можливих рівні контролю проектування (DSL) показані в таблиці B4. Рівні контролю проектування можуть бути пов'язані з вибраним класом надійності або вибрані у відповідності з важливістю конструкції згідно з Національними вимогами або проектним завданням, та можуть виконуватись через відповідні заходи керування якістю. Див.2.5.

(2) Three possible design supervision levels (DSL) are shown in Table B4. The design supervision levels may be linked to the reliability class selected or chosen according to the importance of the structure and in accordance with National requirements or the design brief, and implemented through appropriate quality management measures. See 2.5.

**Таблиця B4** - Рівні керування проектними роботами (DSL)

Рівні контролю проектування	Характеристики	Мінімальні рекомендовані вимоги для перевірки розрахунків, креслень та технічних специфікацій
DSL3 відносно RC3	Розширений контроль	Перевірка третьою стороною Перевірка, що виконується іншою організацією, аніж та, що виконувала проектування
DSL2 відносно RC2	Нормальний контроль	Перевірка іншими особами, на відміну від тих, хто спочатку ніс відповідальність за проектування, та у відповідності з процедурами цієї організації
DSL1 відносно RC1	Нормальний контроль	Особиста перевірка Перевірка особами, хто виконав проектні роботи

**Table B4** - Design supervision levels (DSL)

Design Supervision Levels	Characteristics	Minimum recommended requirements for checking of calculations, drawings and specifications
DSL3 relating to RC3	Extended supervision	Third party checking: Checking performed by an organisation different from that which has prepared the design
DSL2 relating to RC2	Normal supervision	Checking by different persons than those originally responsible and in accordance with the procedure of the organisation
DSL1 relating to RC1	Normal supervision	Self-checking: Checking performed by the person who has prepared the design

(3) Диференціація контролю проектування може також включати і класифікацію проектувальників та/або інспекторів проектних робіт (перевіряючі, контрольні органи тощо) залежно від їх компетенції і досвіду, внутрішньої організації, для відповідного типу будівель і споруд, проектування яких здійснюється.

(3) Design supervision differentiation may also include a classification of designers and/or design inspectors (checkers, controlling authorities, etc.), depending on their competence and experience, their internal organisation, for the relevant type of construction works being designed.

**ПРИМІТКА.** Тип будівель і споруд, матеріали та конструктивні форми, що використовуються, можуть вплинути на цю класифікацію.

**NOTE** The type of construction works, the materials used and the structural forms can affect this classification.

(4) Як альтернатива, диференціація контролю проектування може включати в себе більш ретельну, деталізовану оцінку природи та величини дій, яким повинна протистояти конструкція, або системи контролю розрахункових навантажень, щоб активно або пасивно контролювати (обмежувати) ці дії.

(4) Alternatively, design supervision differentiation can consist of a more refined detailed assessment of the nature and magnitude of actions to be resisted by the structure, or of a system of design load management to actively or passively control (restrict) these actions.

#### **B5 Інспекція протягом зведення**

(1) Три інспекційних рівні (IL) можуть бути запровадженими, як вказано в таблиці B5. Ці інспекційні рівні можуть пов'язуватись з класами керування якістю, що вибираються та запроваджуються через відповідні заходи керування якістю. Див. 2.5. Подальші вказівки надаються в відповідних стандартах на зведення, на які є посилання в EN 1992 - EN 1996 та EN 1999.

#### **B5 Inspection during execution**

(1) Three inspection levels (IL) may be introduced as shown in Table B5. The inspection levels may be linked to the quality management classes selected and implemented through appropriate quality management measures. See 2.5. Further guidance is available in relevant execution standards referenced by EN 1992 to EN 1996 and EN 1999.

**Таблиця В5** - Інспекційні рівні (IL)

Інспекційні рівні	Характеристики	Вимоги
IL3 Відносно RC3	Розширена інспекція	Інспекція третьою стороною
IL2 Відносно RC2	Нормальна інспекція	Інспекція відповідно до процедур організації
IL1 Відносно RC1	Нормальна інспекція	Власна інспекція

**Table B5** - Inspection levels (IL)

Inspection Levels	Characteristics	Requirements
IL3 Relating to RC3	Extended inspection	Third party inspection
IL2 Relating to RC2	Normal inspection	Inspection in accordance with the procedures of the organisation
IL1 Relating to RC1	Normal inspection	Self inspection

**ПРИМІТКА.** Інспекційні рівні визначають питання, котрі повинна охопити інспекція виробів та зведення, включно з об'ємом та сферою охоплення інспекції. Таким чином, правила варіюватимуться від одного конструктивного матеріалу до іншого та надаються у відповідних стандартах зі зведення.

**NOTE** Inspection levels define the subjects to be covered by inspection of products and execution of works including the scope of inspection. The rules will thus vary from one structural material to another, and are to be given in the relevant execution standards.

**В6 Часткові коефіцієнти для властивостей опору**

**B6 Partial factors for resistance properties**

(1) Частковий коефіцієнт для властивості матеріалу або виробу чи опору елемента може бути зменшеним, якщо інспекційний клас вищий того, що вимагається відповідно до таблиці В5 та/або використовуються більш жорсткі вимоги.

(1) A partial factor for a material or product property or a member resistance may be reduced if an inspection class higher than that required according to Table B5 and/or more severe requirements are used.

**ПРИМІТКА.** Для ефективності перевірки за допомогою випробувань див. розділ 5 та додаток D.

**NOTE** For verifying efficiency by testing see section 5 and Annex D.

**ПРИМІТКА.** Правила для різних матеріалів можуть бути надані безпосередньо або з посилань в EN 1992 - EN 1999.

**NOTE** Rules for various materials may be given or referenced in EN 1992 to EN 1999.

**ПРИМІТКА.** Таке зменшення, яке дозволяє, наприклад, невизначеності моделі та варіації у розмірах, не є заходом диференціації надійності: воно є тільки компенсаційним заходом для того, щоб підтримувати залежність рівня надійності від ефективності контрольних заходів.

**NOTE** Such a reduction, which allows for example for model uncertainties and dimensional variation, is not a reliability differentiation measure : it is only a compensating measure in order to keep the reliability level dependent on the efficiency of the control measures.

**Додаток С**  
(довідковий)

**Основа для розрахунку часткового  
коефіцієнта та аналізу надійності**

**С1 Сфера та область використання**

(1) Цей додаток надає інформацію та теоретичну основу для методу часткового коефіцієнта, описаного в розділі 6 та додатку А. Цей додаток також забезпечує основу для додатка D та має відношення до змісту додатка В.

(2) Цей додаток також надає інформацію щодо

- методів визначення конструктивної надійності;
- використання методу на основі надійності для визначення завдяки калібруванню розрахункових величини та/або часткових коефіцієнтів в розрахункових формулах;
- форматів розрахункової перевірки в Єврокодах.

**С2 Символи**

В цьому додатку використовуються наступні символи.

*Латинські великі літери*

$P_f$  імовірність руйнування  
 $P_{rob} (.)$  імовірність  
 $P_s$  імовірність життєздатності

*Латинські малі літери*

$\alpha$  геометрична характеристика  
 $g$  функція ефективності

*Грецькі великі літери*

$\Phi$  кумулятивна функція розподілення стандартизованого нормального розподілення

*Грецькі малі літери*

$\alpha_E$  FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт життєздатності для результатів дій  
 $\alpha_R$  FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт життєздатності для опору  
 $\beta$  індекс надійності  
 $\Theta$  невизначеність моделі  
 $\mu_X$  середнє значення X  
 $\sigma_X$  стандартне відхилення X  
 $V_X$  коефіцієнт варіації X

**С3 Вступ**

(1) У методі часткового коефіцієнта базові перемінні (тобто дії, характеристики опору та геометричні характеристики) за рахунок використання часткових коефіцієнтів та коефіцієнтів  $\psi$  отримують відповідні розрахункові величини та виконується перевірка, яка має гарантувати, що немає перевищених відповідних граничних станів. Див. С7.

**Annex C**  
(informative)

**Basis for Partial Factor Design  
and Reliability Analysis**

**C1 Scope and Field of Applications**

(1) This annex provides information and theoretical background to the partial factor method described in Section 6 and annex A. This Annex also provides the background to annex D, and is relevant to the contents of annex B.

(2) This annex also provides information on

- the structural reliability methods;
- the application of the reliability-based method to determine by calibration design values and/or partial factors in the design expressions;
- the design verification formats in the Eurocodes.

**C2 Symbols**

In this annex the following symbols apply.

*Latin upper case letters*

$P_f$  Failure probability  
 $P_{rob} (.)$  Probability  
 $P_s$  survival probability

*Latin lower case letters*

$\alpha$  geometrical property  
 $g$  performance function

*Greek upper case letters*

$\Phi$  cumulative distribution function of the standardised Normal distribution

*Greek lower case letters*

$\alpha_E$  FORM (First Order Reliability Method) sensitivity factor for effects of actions  
 $\alpha_R$  FORM (First Order Reliability Method) sensitivity factor for resistance  
 $\beta$  reliability index  
 $\Theta$  model uncertainty  
 $\mu_X$  mean value of X  
 $\sigma_X$  standard deviation of X  
 $V_X$  coefficient of variation of X

**C3 Introduction**

(1) In the partial factor method the basic variables (i.e. actions, resistances and geometrical properties) through the use of partial factors and  $\psi$  factors are given design values, and a verification made to ensure that no relevant limit state has been exceeded. See C7.

**ПРИМІТКА.** Розділ 6 описує розрахункові величини для дій та результатів дій, а також розрахункові величини характеристик матеріалів, виробів та геометричних даних.

(2) У принципі чисельні значення для часткових коефіцієнтів та коефіцієнтів можуть визначатись двома шляхами:

a) На основі калібрування, виходячи з довголітніх експериментів та будівельних традицій.

**ПРИМІТКА.** Для більшості часткових коефіцієнтів та коефіцієнтів, запропонованих в наявних в даний час Єврокодах, цей принцип є провідним.

b) На основі статистичної оцінки експериментальних даних та польових спостережень. (Це повинно виконуватись у рамках імовірнісної теорії надійності.)

(3) При використанні методу 2b) окремо або в комбінації з методом 2a) калібрувати часткові коефіцієнти граничних станів за несучою здатністю для різних матеріалів та дій слід так, щоб рівні надійності для репрезентативних конструкцій були настільки близькими, наскільки є можливим для заданого індексу надійності. Див. С6.

#### C4 Огляд методів надійності

(1) Рисунок С1 надає схематичний огляд різних наявних методів калібрування розрахункових формул для часткового коефіцієнта (граничні стани) та відносини між ними.

(2) Імовірнісні калібрувальні процедури для часткових коефіцієнтів можуть бути розподіленими на два головних класи:

- повністю імовірнісні методи (рівень III) та
- методи надійності першого порядку (FORM) (рівень II).

**ПРИМІТКА 1.** Повністю імовірнісні методи (рівень III) надають, в принципі, вірні відповіді на поставлені питання стосовно надійності. Методи рівня III використовуються не часто при калібруванні норм проектування, оскільки зазвичай просто недостатньо статистичних даних.

**ПРИМІТКА 2.** Методи рівня II використовують добре вивчені апроксимації та надають результати, які при використанні в більшості конструкторських прикладних задач розглядаються достатньо точними.

(3) В обох методах рівня II і рівня III слід ідентифікувати міру надійності з вірогідністю імовірності  $P_s = (1 - P_f)$ , де  $P_f$  - імовірність руйнування стосовно розглянутої форми руйнування в межах відповідного базового періоду. Якщо підрахована імовірність руйнування є більшою ніж попередньо задана величина  $P_0$ , тоді конструкція повинна розглядатися, як ненадійна.

**ПРИМІТКА.** "Вірогідність руйнування" та відповідний індекс надійності (див. С5) є тільки номінальними значеннями, які необов'язково представляють дійсні оцінки руйнування, але використовуються як робочі величини для цілей калібрування та порівняння рівнів надійності конструкцій.

(4) Єврокоди, головним чином, базуються на методі  $\alpha$  (див. рисунок С1). Метод  $c$  або еквівалентні методи використовувались для подальшого розвитку Єврокодів.

**ПРИМІТКА.** Прикладом еквівалентного методу є проектування за допомогою випробувань (див. додаток D).

**NOTE** Section 6 describes the design values for actions and the effects of actions, and design values of material and product properties and geometrical data.

(2) In principle numerical values for partial factors and factors can be determined in either of two ways:

a) On the basis of calibration to a long experience of building tradition.

**NOTE** For most of the partial factors and the factors proposed in the currently available Eurocodes this is the leading Principle.

b) On the basis of statistical evaluation of experimental data and field observations. (This should be carried out within the framework of a probabilistic reliability theory.)

(3) When using method 2b), either on its own or in combination with method 2a), ultimate limit states partial factors for different materials and actions should be calibrated such that the reliability levels for representative structures are as close as possible to the target reliability index. See C6.

#### C4 Overview of reliability methods

(1) Figure 01 presents a diagrammatic overview of the various methods available for calibration of partial factor (limit states) design equations and the relation between them.

(2) The probabilistic calibration procedures for partial factors can be subdivided into two main classes:

- full probabilistic methods (Level III), and
- first order reliability methods (FORM) (Level II).

**NOTE 1** Full probabilistic methods (Level III) give in principle correct answers to the reliability problem as stated. Level III methods are seldom used in the calibration of design codes because of the frequent lack of statistical data.

**NOTE 2** The level II methods make use of certain well defined approximations and lead to results which for most structural applications can be considered sufficiently accurate.

(3) In both the Level II and Level III methods the measure of reliability should be identified with the survival probability  $P_s = (1 - P_f)$ , where  $P_f$  is the failure probability for the considered failure mode and within an appropriate reference period. If the calculated failure probability is larger than a pre-set target value  $P_0$ , then the structure should be considered to be unsafe.

**NOTE** The 'probability of failure' and its corresponding reliability index (see C5) are only notional values that do not necessarily represent the actual failure rates but are used as operational values for code calibration purposes and comparison of reliability levels of structures.

(4) The Eurocodes have been primarily based on method  $\alpha$  (see Figure). Method  $c$  or equivalent methods have been used for further development of the Eurocodes.

**NOTE** An example of an equivalent method is design assisted by testing (see annex D).

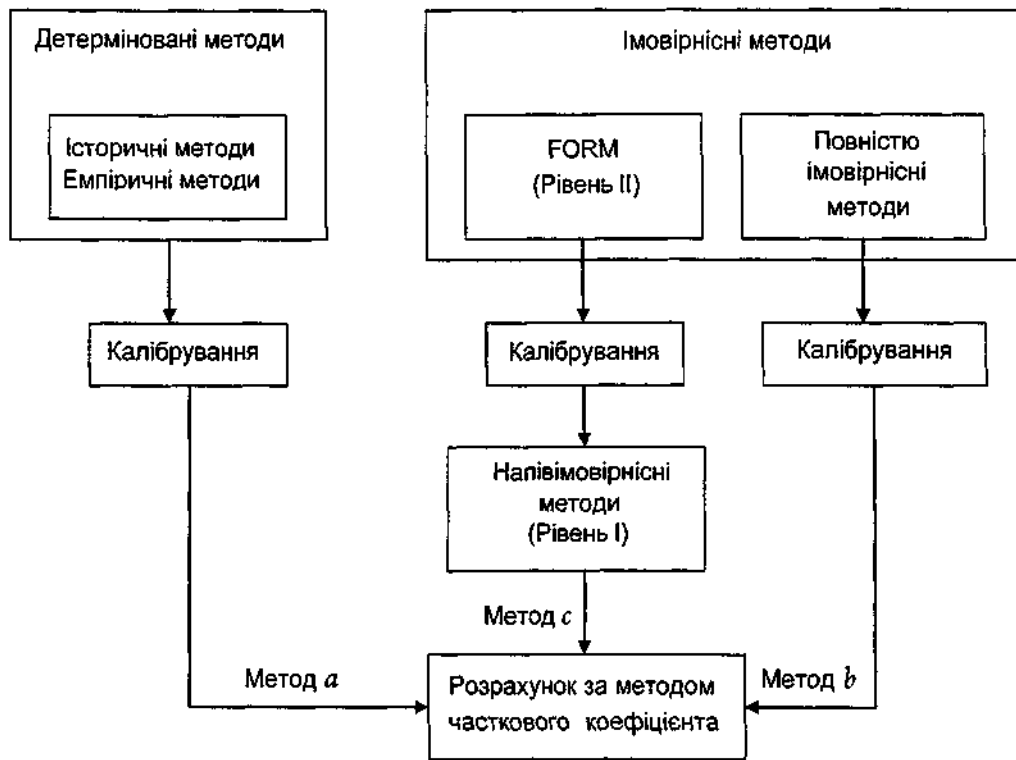


Рисунок С1 - Загальне зображення методів надійності

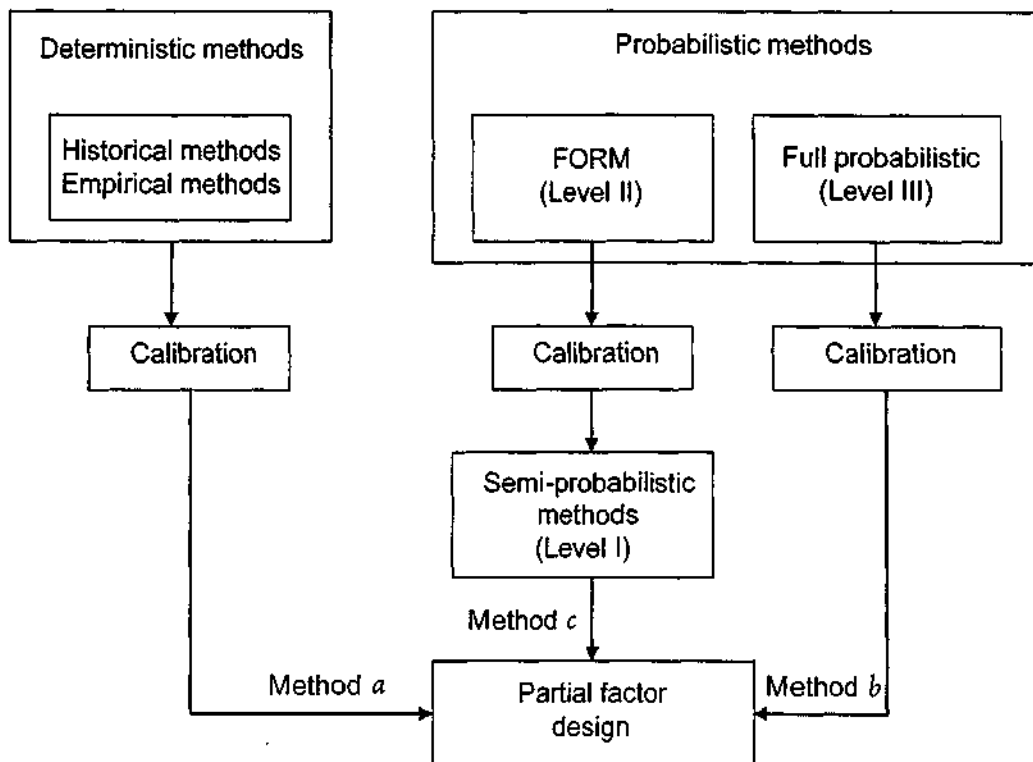


Figure C1 - Overview of reliability methods

**C5 Індекс надійності  $\beta$**

(1) У процедурах рівня II альтернативна міра надійності умовно визначається за допомогою індексу надійності  $\beta$ , який пов'язаний з  $P_f$ :

**C5 Reliability index  $\beta$**

(1) In the Level II procedures, an alternative measure of reliability is conventionally defined by the reliability index  $\beta$  which is related to  $P_f$  by:

$$P_f = \Phi(-\beta), \tag{C1}$$

де  $\Phi$  - кумулятивна функція стандартного нормального розподілення.

where  $\Phi$  is the cumulative distribution function of the standardised Normal distribution.

Зв'язок між  $\Phi$  та  $\beta$  наведений у таблиці C1.

The relation between  $\Phi$  and  $\beta$  is given in Table C1.

**Таблиця C1 - Зв'язок між  $\beta$  та  $P_f$**

**Table C1 - Relation between  $\beta$  and  $P_f$**

$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	13	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

(2) Імовірність руйнування  $P_f$  може виражатись через функцію ефективності  $g$  так, що вважається, що конструкція витримає навантаження без руйнування, якщо  $g > 0$  і буде зруйнована, якщо  $g < 0$ :

(2) The probability of failure  $P_f$  can be expressed through a performance function  $g$  such that a structure is considered to survive if  $g > 0$  and to fail if  $g < 0$ :

$$P_f = Prob(g \leq 0) \tag{C.2a}$$

Якщо  $R$  - опір, а  $E$  - результат дій, функція ефективності  $g$  становить:

If  $R$  is the resistance and  $E$  the effect of actions, the performance function  $g$  is:

$$g = R - E \tag{C.2b}$$

з випадковими величинами  $R$ ,  $E$  та  $g$ .

with  $R$ ,  $E$  and  $g$  random variables.

(3) Якщо  $g$  має нормальне розподілення,  $\beta$  приймається, як:

(3) If  $g$  is Normally distributed,  $\beta$  is taken as:

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}, \tag{C.2c}$$

де:  
 $\mu_g$  - середнє значення  $g$  та  
 $\sigma_g$  - стандартне відхилення,  
 так що:

where:  
 $\mu_g$  is the mean value of  $g$ , and  
 $\sigma_g$  is its standard deviation,  
 so that:

$$\mu_g - \beta \sigma_g = 0 \tag{C.2d}$$

та

and

$$P_f = Prob(g \leq 0) = Prob(g \leq \mu_g - \beta \sigma_g) \tag{C.2e}$$

Для інших розподілів  $g$  індекс  $\beta$  є тільки умовною мірою надійності

For other distributions of  $g$ ,  $\beta$  is only a conventional measure of the reliability

$$P_s = (1 - P_f)$$

**C6 Задані величини індексу надійності  $\beta$**

(1) Задані величини для індексу надійності  $\beta$  для різних розрахункових ситуацій, а також для базових періодів від 1 року до 50 років наведені в таблиці C2. Величини  $\beta$  в таблиці C2 відповідають рівням безпеки для конструктивних елементів класів надійності RC2 (див. додаток В).

**C6 Target values of reliability index  $\beta$**

(1) Target values for the reliability index  $\beta$  for various design situations, and for reference periods of 1 year and 50 years, are indicated in Table C2. The values of  $\beta$  in Table C2 correspond to levels of safety for reliability class RC2 (see Annex B) structural members.

**ПРИМІТКА 1.** Для цих обчислень  $\beta$ :

**NOTE 1** For these evaluations of  $\beta$

- для параметрів міцності матеріалів і конструкцій, а також невизначеностей моделей, як правило, використовується логнормальний розподіл або розподіл Вейбулла;
- для власної ваги конструкції, як правило, використовується нормальний розподіл;

- Lognormal or Weibull distributions have usually been used for material and structural resistance parameters and model uncertainties;
- Normal distributions have usually been used for self-weight;



- при розгляді перевірок, які не пов'язані зі втомою, для перемінних дій для спрощення використовується нормальний розподіл. Розподіл екстремальних значень був би більш прийнятним.

- For simplicity, when considering non-fatigue verifications, Normal distributions have been used for variable actions. Extreme value distributions would be more appropriate.

**ПРИМІТКА 2.** Коли головні невизначеності викликані діями, що мають статистично незалежні щорічні максимальні значення, то для іншого базового періоду величина  $\beta$  може підраховуватись з використанням наступної формули

**NOTE 2** When the main uncertainty comes from actions that have statistically independent maxima in each year, the values of  $\beta$  for a different reference period can be calculated using the following expression:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \tag{C3}$$

де:

where:

$\beta_n$  - індекс надійності за базовий період за  $n$  років,

$\beta_n$  is the reliability index for a reference period of  $n$  years,

$\beta_1$  - індекс надійності за один рік.

$\beta_1$  is the reliability index for one year.

**Таблиця С2** - Заданий індекс надійності  $\beta$  для елементів конструкції класу RC2

Граничний стан	Заданий індекс надійності	
	1 рік	50 років
Несуча здатність	4,7	3,8
Втома		від 1,5 до 3,8 <sup>2)</sup>
Експлуатаційна придатність (незворотний)	2,9	1,5
<sup>1)</sup> див. додаток В		
<sup>2)</sup> Залежить від ступеня можливості проведення інспекцій, ремонтів та допустимого ушкодження.		

**Table C2** - Target reliability index  $\beta$  for Class RC2 structural members ' '

Limit state	Target reliability index	
	1 years	50 years
Ultimate	4,7	3,8
Fatigue		1,5 to 3,8 <sup>2)</sup>
Serviceability (irreversible)	2,9	1,5
<sup>1)</sup> See Annex B		
<sup>2)</sup> Depends on degree of inspectability, reparability and damage tolerance.		

(2) Дійсна частота випадків руйнування значним чином залежить від людських помилок (людський фактор), котрі не розглядаються у розрахунку часткового коефіцієнта (див. додаток В). Таким чином,  $\beta$  не обов'язково забезпечує індикацію дійсної частоти руйнування конструкції.

(2) The actual frequency of failure is significantly dependent upon human error, which are not considered in partial factor design (See Annex B). Thus  $\beta$  does not necessarily provide an indication of the actual frequency of structural failure.

**С7 Підхід до калібрування розрахункових величин**

**C7 Approach for calibration of design values**

(1) У методі перевірки надійності проектної величини (див. рисунок С1) розрахункові величини повинні бути визначеними для всіх базових перемінних. Розрахунок розглядається як достатній, якщо не досягаються граничні стани при розрахункових величинах, які запроваджуються у розрахункових моделях. Використовуючи умовні позначки це можливо виразити, як:

(1) In the design value method of reliability verification (see Figure C1), design values need to be defined for all the basic variables. A design is considered to be sufficient if the limit states are not reached when the design values are introduced into the analysis models. In symbolic notation this is expressed as:

$$E_d < R_d, \tag{C.4}$$

де підрядковий індекс 'd' відноситься до розрахункових величин. Це практичний шлях для гарантування, що індекс надійності  $\beta$  дорівнює або більший за задану величину.

where the subscript 'd' refers to design values. This is the practical way to ensure that the reliability index  $\beta$  is equal to or larger than the target value.

$E_d$  та  $R_d$  можуть бути відображені у частково символічній формі, як:

$E_d$  and  $R_d$  can be expressed in partly symbolic form as:

$$E_d = E\{F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots\} \quad (C.5a)$$

$$R_d = R\{X_{d1}, X_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots\} \quad (C.5b)$$

де:

$E$  - результат дії;

$R$  - опір;

$F$  - дія;

$X$  - властивість матеріалу;

$\alpha$  - геометрична властивість;

$\theta$  - невизначеність моделі.

Для особливих граничних станів (наприклад, втома) може бути необхідною більш загальна формула, щоб виразити граничний стан.

where:

$E$  is the action effect;

$R$  is the resistance;

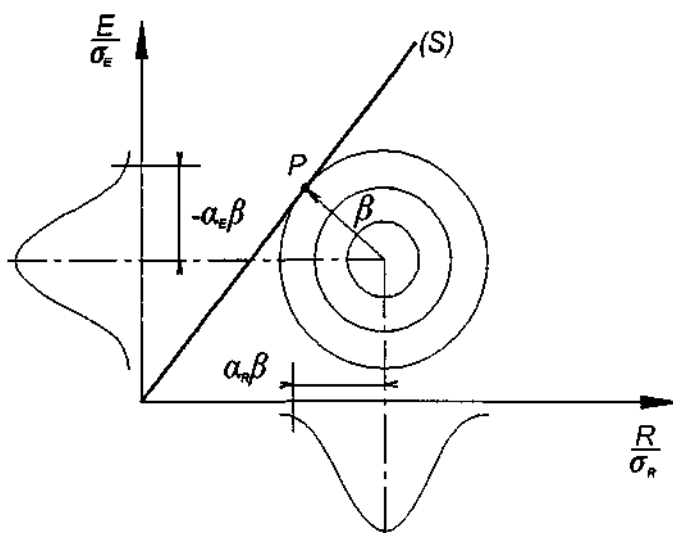
$F$  is an action;

$X$  is a material property;

$\alpha$  is a geometrical property;

$\theta$  is a model uncertainty.

For particular limit states (e.g. fatigue) a more general formulation may be necessary to express a limit state.



(S) - межа руйнування 0  
P - розрахункова точка

(S) failure boundary  $g = R - E = 0$   
P design point

**Рисунок C2** - Розрахункова точка та індекс надійності  $\beta$  відповідно до методу надійності першого порядку (FORM) для нормально розподілених некорельованих перемінних

**Figure C2** - Design point and reliability index  $\beta$  according to the first order reliability method (FORM) for Normally distributed uncorrelated variables

(2) Розрахункові величини базуватимуться на величинах базових перемінних в розрахунковій точці FORM, котра може бути визначеною як точка руйнування поверхні ( $g = 0$ ), найближча до центра розподілу у просторі нормалізованих перемінних (як схематично визначено на рисунку C2).

(2) Design values should be based on the values of the basic variables at the FORM design point, which can be defined as the point on the failure surface ( $g = 0$ ) closest to the average point in the space of normalised variables (as diagrammatically indicated in Figure C2).

(3) Розрахункові величини впливів дії  $E_d$  та опору  $R_d$  потрібно визначати так, щоб вірогідність мати більш несприятливу величину була такою:

(3) The design values of action effects  $E_d$  and resistances  $R_d$  should be defined such that the probability of having a more unfavourable value is as follows :

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta) \quad (C.6a)$$

$$P(R > R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta) \quad (C.6b)$$

де:

$\beta$  - індекс заданого рівня надійності (див. C6).

$\alpha_E$  та  $\alpha_R$ , з  $|\alpha| \leq 1$  - величини коефіцієнтів чутливості FORM. Величина  $\alpha$  є негативною для несприятливих дій та впливів дій, та позитивною для опору.

where:

$\beta$  is the target reliability index (see C6).

$\alpha_E$  and  $\alpha_R$ , with  $|\alpha| \leq 1$ , are the values of the FORM sensitivity factors. The value of  $\alpha$  is negative for unfavourable actions and action effects, and positive for resistances.

$\alpha_E$  і  $\alpha_R$  можуть бути прийнятими, відповідно, 0,7 і 0,8 за умови

$\alpha_E$  and  $\alpha_R$  may be taken as - 0,7 and 0,8, respectively, provided

$$0,16 < \sigma_E / \sigma_R < 7,6, \tag{C7}$$

де  $\sigma_E$  та  $\sigma_R$  - стандартне відхилення результату дій та опору відповідно в формулах (C.6a) та (C.6b). Це дає:

where  $\sigma_E$  and  $\sigma_R$  are the standard deviations of the action effect and resistance, respectively, in expressions (C.6a) and (C.6b). This gives:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta) \tag{C.8a}$$

$$P(R > R_d) = \Phi(-0,8\beta) \tag{C.8b}$$

(4) Якщо умова (C.7) не виконується, слід використати  $\alpha = \pm 1,0$  для перемінної з більш широким стандартним відхиленням та  $\alpha = \pm 0,4$  для перемінної з меншим стандартним відхиленням.

(4) Where condition (C.7) is not satisfied  $\alpha = \pm 1,0$  should be used for the variable with the larger standard deviation, and  $\alpha = \pm 0,4$  for the variable with the smaller standard deviation.

(5) Коли модель дії містить декілька базових перемінних, формулу (C.8a) слід використовувати тільки для провідної перемінної. Для супутніх дій розрахункові величини можуть визначатись за допомогою:

(5) When the action model contains several basic variables, expression (C.8a) should be used for the leading variable only. For the accompanying actions the design values may be defined by:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28\beta) \tag{C.9}$$

**ПРИМІТКА.** Для  $\beta = 3,8$  величини, що визначені формулою (C.9), відповідають приблизно 0,90 квантилю.

**NOTE** For  $\beta = 3,8$  the values defined by expression (C.9) correspond approximately to the 0,90 tractile.

(6) Формули, що надані в таблиці C3, слід використовувати для того, щоб отримати розрахункові величини перемінних із заданим розподіленням вірогідності.

(6) The expressions provided in Table C3 should be used for deriving the design values of variables with the given probability distribution.

**Таблиця C3** - Розрахункові величини для різних функцій розподілення

Розподілення	Розрахункові величини
Нормальне	$\mu - \alpha \beta \sigma$
Логнормальне	$\mu \exp(-\alpha \beta V)$ для $V = \sigma/\mu < 0,2$
Гумбеля	$u - \frac{1}{a} \ln\{-\ln\Phi(-\alpha\beta)\}$ де $u = \mu - \frac{0,577}{a}$ ; $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

**Table C3** - Design values for various distribution functions

Distribution	Design values
Normal	$\mu - \alpha \beta \sigma$
Lognormal	$\mu \exp(-\alpha \beta V)$ for $V = \sigma/\mu < 0,2$
Gumbel	$u - \frac{1}{a} \ln\{-\ln\Phi(-\alpha\beta)\}$ where $u = \mu - \frac{0,577}{a}$ ; $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

**ПРИМІТКА.** У цих формулах  $\mu$ ,  $\sigma$  та  $V$  є відповідно середнім значенням, стандартним відхиленням та коефіцієнтом мінливості даної перемінної. Для перемінних дій вони базуватимуться на такому ж базовому періоді, як і для  $\beta$ .

**NOTE** In these expressions  $\mu$ ,  $\sigma$  and  $V$  are, respectively, the mean value, the standard deviation and the coefficient of variation of a given variable. For variable actions, these should be based on the same reference period as for  $\beta$ .

(7) Один з методів отримання відповідного часткового коефіцієнта - розділити розрахункову величину перемінної дії на її репрезентативне або характеристичне значення.

(7) One method of obtaining the relevant partial factor is to divide the design value of a variable action by its representative or characteristic value.

**C8 Надійність верифікаційних форматів у Єврокодах**

(1) В EN 1990 - EN 1999 розрахункові величини базових перемінних  $X_d$  та  $F_d$ , як правило, безпосередньо не представлені у розрахункових формулах часткового коефіцієнта. Вони представлені на основі своїх характеристичних величин  $X_{rep}$  та  $F_{rep}$ , які можуть бути:

- характеристичними величинами, тобто величинами з заданою або припущеною вірогідністю перевищення, наприклад, для дій, властивостей матеріалів та геометричних властивостей (див. 1.5.3.14, 1.5.4.1 та 1.5.5.1 відповідно);
- номінальними величинами, котрі розглядаються як характеристичні величини для властивостей матеріалів (див. 1.5.4.3) та як розрахункові величини для геометричних властивостей (див. 1.5.5.2).

(2) Характеристичні величини  $X_{rep}$  та  $F_{rep}$  слід розділити та/або перемножити відповідно на відповідні часткові коефіцієнти, щоб отримати розрахункові величини  $X_d$  та  $F_d$ .

**ПРИМІТКА.** Див. також формулу (С. 10).

(3) Розрахункові величини дій  $F$ , властивостей матеріалів  $X$  та геометричних параметрів  $a$  наведені відповідно в формулах (6.1), (6.3) та (6.4).

Там, де використовується верхня величина розрахункової міцності (див. 6.3.3), формула (6.3) набуває виду:

**C8 Reliability verification formats in Eurocodes**

(1) In EN 1990 to EN 1999, the design values of the basic variables,  $X_d$  and  $F_d$ , are usually not introduced directly into the partial factor design equations. They are introduced in terms of their representative values  $X_{rep}$  and  $F_{rep}$ , which may be:

- characteristic values, i.e. values with a prescribed or intended probability of being exceeded, e.g. for actions, material properties and geometrical properties (see 1.5.3.14, 1.5.4.1 and 1.5.5.1, respectively);
- nominal values, which are treated as characteristic values for material properties (see 1.5.4.3) and as design values for geometrical properties (see 1.5.5.2).

(2) The representative values  $X_{rep}$  and  $F_{rep}$ , should be divided and/or multiplied, respectively, by the appropriate partial factors to obtain the design values  $X_d$  and  $F_d$ .

**NOTE** See also expression (C.10).

(3) Design values of actions  $F$ , material properties  $X$  and geometrical properties  $a$  are given in expressions (6.1), (6.3) and (6.4), respectively.

Where an upper value for design resistance is used (see 6.3.3), the expression (6.3) takes the form:

$$X_d = \eta \gamma_{IM} X_{k,sup} \tag{C.10}$$

де  $\gamma_{IM}$  - відповідний коефіцієнт більший 1.

**ПРИМІТКА.** Формула (С. 10) може використовуватись для розрахунку несучої здатності.

(4) Розрахункові величини для невизначеностей моделі можуть бути включеними до розрахункових формул через часткові коефіцієнти  $\gamma_{Sd}$  та  $\gamma_{Rd}$ , що використовуються для загальної моделі так, що:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{gj} G_{kj}; \gamma_P P; \gamma_{q1} Q_{k1}; \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ki}; a_d \dots \} \tag{C.11}$$

$$R_d = R \{ \eta X_k / \gamma_m; a_d \dots \} / \gamma_{Rd} \tag{C.12}$$

where  $\gamma_{IM}$  is an appropriate factor greater than 1.

**NOTE** Expression (C.10) may be used for capacity design.

(4) Design values for model uncertainties may be incorporated into the design expressions through the partial factors  $\gamma_{Sd}$  and  $\gamma_{Rd}$  applied on the total model, such that:

(5) Коефіцієнт  $\psi$ , що враховує зменшення розрахункових величин перемінних дій, використовується як  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  або  $\psi_2$  до супутніх перемінних дій, які відбуваються одночасно.

(5) The coefficient  $\psi$  which takes account of reductions in the design values of variable actions, is applied as  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  or  $\psi_2$  to simultaneously occurring, accompanying variable actions.

(6) Наступні спрощення можуть бути зробленими для формул (С.11) та (С.12), коли це необхідно.

(6) The following simplifications may be made to expression (C.11) and (C.12), when required.

a) З боку навантажень (для окремої дії або де існує лінійність впливів дій):

a) On the loading side (for a single action or where linearity of action effects exists):

$$E_d = E \{ \gamma_{F,i} F_{rep,i} a_d \} \tag{C.13}$$

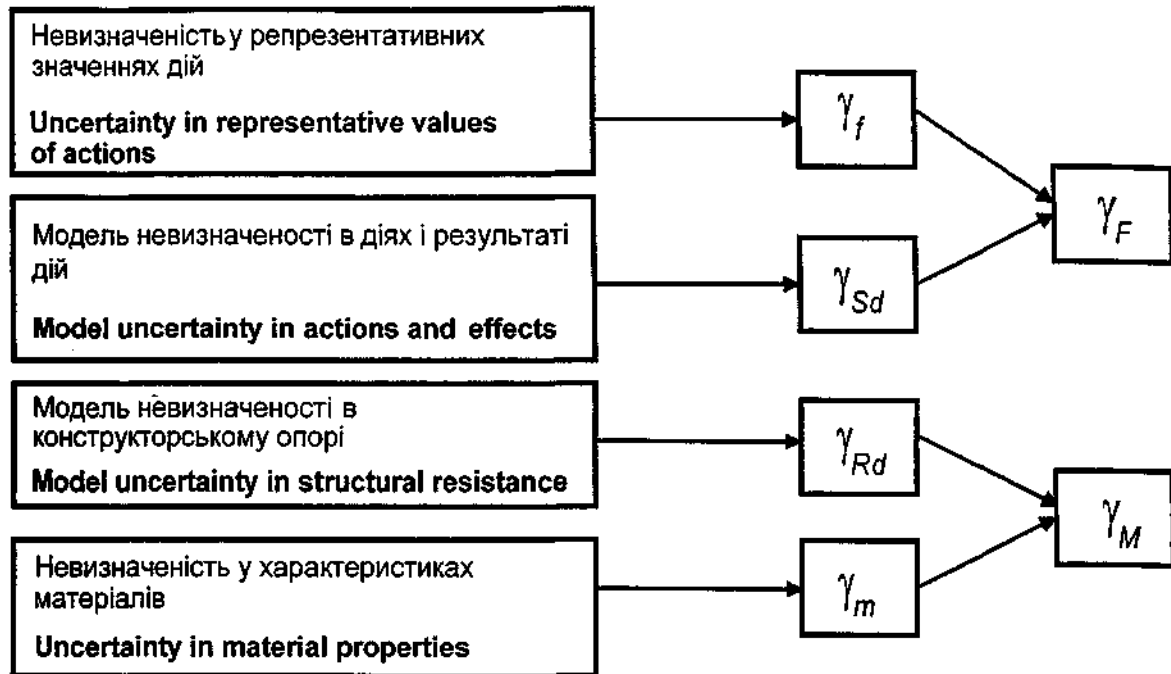
b) Щодо опору, то загальний вигляд у формулі (6.6) і подальші спрощення для матеріалу можна отримати у відповідному Єврокодi. Слід робити спрощення, якщо не зменшується рівень надійності.

b) On the resistance side the general format is given in expressions (6.6), and further simplifications may be given in the relevant material Eurocode. The simplifications should only be made if the level of reliability is not reduced.

**ПРИМІТКА.** Нелінійні моделі опору і дій та моделі багатозмінних дій або опору зазвичай включені до Єврокодів. У таких випадках вищезазначені формули стають більш повними.

### С9 Часткові коефіцієнти в EN 1990

- (1) Різні часткові коефіцієнти, які наведені в EN 1990, визначені в 1.6.
- (2) Зв'язок між індивідуальними частковими коефіцієнтами в Єврокодах схематично показаний на рисунку С3.



**Рисунок С3** - Зв'язок між окремими частковими коефіцієнтами

**NOTE** Non-linear resistance and actions models, and multi-variable action or resistance models, are commonly encountered in Eurocodes. In such instances, the above relations become more complex.

### С9 Partial factors in EN 1990

- (1) The different partial factors available in EN 1990 are defined in 1.6.
- (2) The relation between individual partial factors in Eurocodes is schematically shown Figure C3.

**Figure C3** - Relation between individual partial factors

### С10 Коефіцієнти $\psi_0$

- (1) Таблиця С4 надає формули для отримання коефіцієнтів  $\psi_0$  (див. Розділ 6) у випадку двох перемінних дій.
- (2) Формули в таблиці С4 були отримані з використанням таких припущень та умов:
  - дві об'єднані дії є незалежними одна від одної;
  - базовий період ( $T_1$  або  $T_2$ ) для кожної дії є постійним;  $T_1$  є більшим базовим періодом;
  - величини дій у межах відповідних базових періодів є постійними;
  - інтенсивності дії в межах базових періодів є некорельованими;
  - дві дії належать до ергодичного процесу.
- (3) Функції розподілення в таблиці С4 відносяться до максимальних значень в межах базового періоду  $T$ . Ці функції розподілення є загальними функціями, які розглядають вірогідність того, що показник дії дорівнює нулю протягом визначених періодів.

### С10 $\psi_0$ factors

- (1) Table C4 gives expressions for obtaining the  $\psi_0$  factors (see Section 6) in the case of two variable actions.
- (2) The expressions in Table C4 have been derived by using the following assumptions and conditions:
  - the two actions to be combined are independent of each other;
  - the basic period ( $T_1$  or  $T_2$ ) for each action is constant;  $T_1$  is the greater basic period ;
  - the action values within respective basic periods are constant;
  - the intensities of an action within basic periods are uncorrelated;
  - the two actions belong to ergodic processes.
- (3) The distribution functions in Table C4 refer to the maxima within the reference period  $T$ . These distribution functions are total functions which consider the probability that an action value is zero during certain periods.

**Таблиця С4** - Формули для  $\psi_0$  у випадку двох перемінних дій

Розподілення	$\Psi_0 = F_{\text{супутня}} / F_{\text{ведуча}}$
Загальне	$\frac{F_S^{-1}\{\Phi(0, 4\beta')^{N_1}\}}{F_S^{-1}\{\Phi(0, 7\beta)^{N_1}\}}$ $\text{з } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0, 7\beta/N_1)\}$
Апроксимація для дуже великого $N_1$	$\frac{F_S^{-1}\{\exp[-N_1\Phi(-0, 4\beta')]\}}{F_S^{-1}\{\Phi(0, 7\beta)\}}$ $\text{з } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0, 7\beta/N_1)\}$
Нормальне (апроксимація)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7\ln N_1)V}{1 + 0,7\beta V}$
Гумбеля (апроксимація)	$\frac{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln \Phi(0,28\beta))] + \ln N_1}{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln \Phi(0,7\beta))]}$

$F_S(\cdot)$  - функція розподілення вірогідності екстремального значення супутньої дії в базовому періоді  $T$ ;  
 $\Phi(\cdot)$  - стандартна нормальна функція розподілення;  
 $T$  - базовий період;  
 $T_1$  - найбільший з базових періодів для дій, що поєднуюватимуться;  
 $N_1$  - відношення  $T/T_1$ , апроксимоване до найближчого цілого;  
 $\beta$  - індекс надійності;  
 $V$  - коефіцієнт варіації супутньої дії для базового періоду.

**Table C4** - Expressions for  $\psi_0$  for the case of two variable actions

Distribution	$\Psi_0 = F_{\text{accompanying}} / F_{\text{leading}}$
General	$\frac{F_S^{-1}\{\Phi(0, 4\beta')^{N_1}\}}{F_S^{-1}\{\Phi(0, 7\beta)^{N_1}\}}$ $\text{з } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0, 7\beta/N_1)\}$
Approximation for very large $N_1$	$\frac{F_S^{-1}\{\exp[-N_1\Phi(-0, 4\beta')]\}}{F_S^{-1}\{\Phi(0, 7\beta)\}}$ $\text{with } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0, 7\beta/N_1)\}$
Normal (approximation)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7\ln N_1)V}{1 + 0,7\beta V}$
Gumbel (approximation)	$\frac{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln \Phi(0,28\beta))] + \ln N_1}{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln \Phi(0,7\beta))]}$

$F_S(\cdot)$  - is the probability distribution function of the extreme value of the accompanying action in the reference period  $T$ ;  
 $\Phi(\cdot)$  - is the standard Normal distribution function;  
 $T$  - is the reference period;  
 $T_1$  - is the greater of the basic periods for actions to be combined;  
 $N_1$  - is the ratio  $T/T_1$ , approximated to the nearest integer;  
 $\beta$  - is the reliability index;  
 $V$  - is the coefficient of variation of the accompanying action for the reference period.

**Додаток D**  
(обов'язковий)

**Проектування з допомогою випробувань**

**Annex D**  
(informative)

**Design assisted by testing**

**D1 Сфера та область застосування**

- (1) Цей додаток надає вказівки щодо 3.4, 4.2 та 5.2.
- (2) Цей додаток не призначений для заміни принципів прийняття, що надані в гармонізованих Європейських специфікаціях для виробів, інших технічних описах виробів або стандартах зведення.

**D2 Умовні позначки (символи)**

В цьому додатку, використовуються такі символи.

*Великі латинські літери*

$E(.)$	Середня величина показника (.)
$V$	Коефіцієнт варіації [ $V =$ (стандартне відхилення) / (середня величина)]
$V_X$	Коефіцієнт варіації $X$
$V_\delta$	Оціночна функція для коефіцієнта варіації вектора помилок $\delta$
$\underline{X}$	Масив $j$ базових перемінних $X_1 \dots X_j$
$X_{k(n)}$	Характеристична величина включно з статистичною невизначеністю для зразка розміру $n$ з виключеним будь-яким переводним коефіцієнтом
$\underline{X}_m$	Масив середньої величини базових перемінних
$\underline{X}_n$	Масив номінальної величини базових перемінних

*Малі латинські літери*

$b$	Поправочний коефіцієнт
$b_i$	Поправочний коефіцієнт для випробувального зразка $i$
$g_r(\underline{X})$	Функція опору (базових перемінних $\underline{X}$ ), використана як розрахункова модель
$k_{d,n}$	Розрахунковий квантильний коефіцієнт
$k_n$	Характеристичний квантильний коефіцієнт
$m_X$	Середнє значення результатів $n$ зразків
$n$	Кількість експериментів або результатів кількісних випробувань
$r$	Величина опору
$r_d$	Розрахункова величина опору
$r_e$	Експериментальна величина опору
$r_{ee}$	Крайня або екстремальна (максимальна або мінімальна) величина експериментального опору [тобто величина $r_e$ , що найбільш відхиляється від середнього значення $r_{em}$ ]
$r_{ei}$	Експериментальний опір для зразка $i$
$r_{em}$	Середня величина експериментального опору
$r_k$	Характеристична величина опору
$r_m$	Показник опору, визначений із використанням середніх значень $\underline{X}_m$ базових перемінних
$r_n$	Номінальна величина опору

**D1 Scope and field of application**

- (1) This annex provides guidance on 3.4, 4.2 and 5.2.
- (2) This annex is not intended to replace acceptance rules given in harmonised European product specifications, other product specifications or execution standards.

**D2 Symbols**

In this annex, the following symbols apply.

*Latin upper case letters*

$E(.)$	Mean value of (.)
$V$	Coefficient of variation [ $V =$ (standard deviation) / (mean value)]
$V_X$	Coefficient of variation of $X$
$V_\delta$	Estimator for the coefficient of variation of the error term $\delta$
$\underline{X}$	Array of $j$ basic variables $X_1 \dots X_j$
$X_{k(n)}$	Characteristic value, including statistical uncertainty for a sample of size $n$ with any conversion factor excluded
$\underline{X}_m$	Array of mean values of the basic variables
$\underline{X}_n$	Array of nominal values of the basic variables

*Latin lower case letters*

$b$	Correction factor
$b_i$	Correction factor for test specimen $i$
$g_r(\underline{X})$	Resistance function (of the basic variables $\underline{X}$ ) used as the design model
$k_{d,n}$	Design fractile factor
$k_n$	Characteristic fractile factor
$m_X$	Mean of the $n$ sample results
$n$	Number of experiments or numerical test results
$r$	Resistance value
$r_d$	Design value of the resistance
$r_e$	Experimental resistance value
$r_{ee}$	Extreme (maximum or minimum) value of the experimental resistance [i.e. value of $r_e$ that deviates most from the mean value $r_{em}$ ]
$r_{ei}$	Experimental resistance for specimen $i$
$r_{em}$	Mean value of the experimental resistance
$r_k$	Characteristic value of the resistance
$r_m$	Resistance value calculated using the mean values $\underline{X}_m$ of the basic variables
$r_n$	Nominal value of the resistance

$r_t$	Теоретичний опір, визначений із функції міцності $g_r(\underline{X})$
$r_{ti}$	Теоретичний опір, визначений із використанням вимірних параметрів $\underline{X}$ для зразка $i$
$s$	Обчислена величина стандартного відхилення $\sigma$
$s_\Delta$	Обчислена величина $\sigma_\Delta$
$s_\delta$	Обчислена величина $\sigma_\delta$

*Грецькі великі літери*

$\Phi$	Інтегральна функція розподілення стандартного нормального розподілення
$\Delta$	Логарифм вектора помилок $\delta [\Delta_i = \ln(\delta_i)]$
$\bar{\Delta}$	Розрахункова величина для $E(\Delta)$

*Грецькі малі літери*

$\alpha_E$	FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт чутливості для впливів дій
$\alpha_R$	FORM (Метод надійності першого порядку) коефіцієнт чутливості для міцності
$\beta$	Індекс надійності
$\gamma^*_M$	Скоригований частковий коефіцієнт для міцності [ $\gamma^*_M = r_r/r_d$ так, що $\gamma^*_M = k_c \gamma_M$ ]
$\delta$	Вектор помилок
$\delta_i$	Вектор помилок, що спостерігається для випробувального зразка $i$ , який отриманий при порівнянні експериментального опору $r_{ei}$ з середньою величиною коригованого теоретичного опору $br_{ti}$
$\eta_d$	Розрахункова величина можливого переводного коефіцієнта (оскільки не включений до часткового коефіцієнта для міцності $\gamma_M$ )
$\eta_K$	Коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку застосування попередніх знань
$\sigma$	Стандартне відхилення [ $\sigma = \sqrt{\text{дисперсія}}$ ]
$\sigma^2_\Delta$	Дисперсія показника $\Delta$

**D3 Типи випробувань**

(1) Слід розуміти та запроваджувати різницю між такими видами випробувань:

- a) випробування для безпосереднього встановлення максимального опору або властивості експлуатаційної придатності конструкцій або елементів конструкції для даних умов навантаження. Такі випробування можуть, наприклад, виконуватись для оцінки навантаження внаслідок втоми або ударної дії;
- b) випробування для отримання даних про властивості специфічних матеріалів, використовуючи спеціальні процедури випробувань; наприклад, натурні випробування на місці або в лабораторії, або випробування нових матеріалів;

$r_t$	Theoretical resistance determined from the resistance function $g_r(\underline{X})$
$r_{ti}$	Theoretical resistance determined using the measured parameters $\underline{X}$ for specimen $i$
$s$	Estimated value of the standard deviation $\sigma$
$s_\Delta$	Estimated value of $\sigma_\Delta$
$s_\delta$	Estimated value $\sigma_\delta$

*Greek uppercase letters*

$\Phi$	Cumulative distribution function of the standardised Normal distribution
$\Delta$	Logarithm of the error term $\delta [\Delta_i = \ln(\delta_i)]$
$\bar{\Delta}$	Estimated value for $E(\Delta)$

*Greek lower case letters*

$\alpha_E$	FORM (First Order Reliability Method) sensitivity factor for effects of actions
$\alpha_R$	FORM (First Order Reliability Method) sensitivity factor for resistance
$\beta$	Reliability index
$\gamma^*_M$	Corrected partial factor for resistances [ $\gamma^*_M = r_r/r_d$ so $\gamma^*_M = k_c \gamma_M$ ]
$\delta$	Error term
$\delta_i$	Observed error term for test specimen $i$ obtained from a comparison of the experimental resistance $r_{ei}$ and the mean value corrected theoretical resistance $br_{ti}$
$\eta_d$	Design value of the possible conversion factor (so far as is not included in partial factor for resistance $\gamma_M$ )
$\eta_K$	Reduction factor applicable in the case of prior knowledge
$\sigma$	Standard deviation [ $\sigma = \sqrt{\text{variance}}$ ]
$\sigma^2_\Delta$	Variance of the term $\Delta$

**D3 Types of tests**

(1) A distinction needs to be made between the following types of tests:

- a) tests to establish directly the ultimate resistance or serviceability properties of structures or structural members for given loading conditions. Such tests can be performed, for example, for fatigue loads or impact loads;
- b) tests to obtain specific material properties using specified testing procedures ; for instance, ground testing in situ or in the laboratory, or the testing of new materials;



с) випробування для зменшення невизначеності в параметрах моделі навантаження або моделі результату (впливу) навантаження; наприклад, завдяки тестуванню в аеродинамічній трубі або при проведенні випробувань з метою ідентифікації дій від хвиль та течій;

д) випробування для зменшення невизначеності в параметрах моделі міцності; наприклад, проведення випробувань елементів конструкції або складальних одиниць елементів конструкції (наприклад, конструкції даху або підлоги);

е) контрольні випробування для перевірки ідентичності або якості поставлених виробів, або точності експлуатаційних характеристик; наприклад, випробування канатів для мостів, або випробування бетонних кубиків;

ф) випробування або тести, які проводяться протягом виконання конструкції для того, щоб отримати інформацію, необхідну для наступної частини процесу виконання; наприклад, випробування міцності паль, випробування зусиль в канатах при виконанні;

г) контрольні випробування для перевірки загальної роботи всієї конструкції або конструктивних елементів після виконання, тобто, щоб знайти пружні переміщення, вібраційні частоти або демпфірування.

(2) Для типів випробувань (а), (б), (с), (д) розрахункові величини, що використовуватимуться, повинні, де це практично можливо, надходити за результатами випробувань завдяки використанню прийнятих статистичних методик. Див. D5 - D8.

**ПРИМІТКА.** Можуть бути необхідними спеціальні методики для того, щоб використати результати випробувань типу (с).

(3) Типи випробувань (е), (ф), (г) можуть розглядатися як приймальні випробування, де немає наявних результатів випробувань на час проектування. Розрахункові величини повинні бути оцінені з запасом, котрий, як очікується, відповідатиме критеріям прийнятності (випробування (е), (ф), (г)) на пізнішій стадії.

#### D4 Планування випробувань

(1) До виконання випробувань організацією, яка проводить випробування, повинен бути узгоджений план проведення випробувань. Цей план повинен містити цілі випробування та усі необхідні специфікації для вибору або виробництва випробувальних зразків, проведення випробувань та оцінки результатів. План випробувань повинен охоплювати:

- цілі та сферу,
- прогнозування результатів випробувань,
- специфікації зразків для випробувань та вибірки,
- специфікації навантаження,
- устаткування для випробувань,
- виміри,
- оцінка випробувань та звітність.

*Цілі та сфера.* Ціль випробувань повинна бути поставлена ясно, наприклад, властивості, що визначаються, вплив визначених розрахункових параметрів, які змінюються протягом випробувань, та діапа-

с) tests to reduce uncertainties in parameters in load or load effect models; for instance, by wind tunnel testing, or in tests to identify actions from waves or currents ;

д) tests to reduce uncertainties in parameters used in resistance models; for instance, by testing structural members or assemblies of structural members (e.g. roof or floor structures);

е) control tests to check the identity or quality of delivered products or the consistency of production characteristics; for instance, testing of cables for bridges, or concrete cube testing;

ф) tests carried out during execution in order to obtain information needed for part of the execution ; for instance, testing of pile resistance, testing of cable forces during execution;

г) control tests to check the behaviour of an actual structure or of structural members after completion, e.g. to find the elastic deflection, vibrational frequencies or dampin.

(2) For test types (a), (b), (c), (d), the design values to be used should wherever practicable be derived from the test results by applying accepted statistical techniques. See D5 to D8.

**NOTE** Special techniques might be needed in order to evaluate type (c) test results.

(3) Test types (e), (f), (g) may be considered as acceptance tests where no test results are available at the time of design. Design values should be conservative estimates which are expected to be able to meet the acceptance criteria (tests (e), (f), (g)) at a later stage.

#### D4 Planning of tests

(1) Prior to the carrying out of tests, a test plan should be agreed with the testing organisation. This plan should contain the objectives of the test and all specifications necessary for the selection or production of the test specimens, the execution of the tests and the test evaluation. The test plan should cover:

- objectives and scope,
- prediction of test results,
- specification of test specimens and sampling,
- loading specifications,
- testing arrangement,
- measurements,
- evaluation and reporting of the tests.

*Objectives and scope:* The objective of the tests should be clearly stated, e.g. the required properties, the influence of certain design parameters varied during the test and the range of validity. Limitations of the test and

зон достовірності. Повинні бути визначені обмежен-ня випробувань та необхідна конверсія (наприклад, масштабний фактор).

*Прогнозування результатів випробувань.* Слід врахувати всі властивості та обставини, що можуть вплинути на прогнозування результатів випробувань, включно з:

- геометричними параметрами та їх різноманітністю,
- геометричними недосконаlostями,
- властивостями матеріалів,
- параметрами, що зазнали впливу внаслідок виконання та процедур зведення,
- масштабними факторами навколишнього середовища, беручи до уваги, якщо це доречно, будь-яку їх послідовність.

Очікувані види руйнування та/або розрахункові моделі разом з відповідними перемінними повинні бути описані. Якщо існують значні сумніви стосовно того, які види руйнування повинні бути критичними, тоді слід розробити план випробувань на базі супутніх експериментальних випробувань.

**ПРИМІТКА.** Необхідно звернути увагу на той факт, що елементи конструкції можуть мати багато різних видів руйнування, які фундаментально відрізняються одне від одного.

*Специфікація зразків для випробувань та вибірки.* Випробувальні зразки повинні бути визначеними або отримані завдяки процедурі взяття зразків так, щоб представляти умови реальної конструкції.

Фактори, які необхідно врахувати:

- розміри та допуски,
- матеріали та виготовлення прототипів,
- кількість випробувальних зразків,
- процедури взяття зразків,
- обмеження.

Ціль процедури взяття зразків - отримати статистично репрезентативний зразок. Увага повинна бути приділена будь-якій різниці між зразками для випробувань і генеральною сукупністю виробів, яка може вплинути на результати випробувань.

*Специфікації навантаження.* Умови навантаження та навколишнього середовища, які будуть визначені для проведення випробувань, повинні включати:

- точки прикладення навантаження,
- зміну навантаження за часом,
- обмеження,
- температуру,
- відносну вологість,
- навантаження за деформацією або контроль сил тощо.

Послідовність навантаження повинна бути вибрана так, щоб представити очікуване використання конструкції, як за нормальних, так і за важких умов використання. Де доречно, слід врахувати взаємодії між динамічною характеристикою конструкції та апаратурою, використаною для навантаження.

Де реакція конструкції або її експлуатаційні показники залежать від впливів однієї або більше дій, тоді ці впливи повинні бути визначеними за допомогою їх репрезентативних значень.

required conversions (e.g. scaling effects) should be specified.

*Prediction of test results:* All properties and circumstances that can influence the prediction of test results should be taken into account, including:

- geometrical parameters and their variability,
- geometrical imperfections,
- material properties,
- parameters influenced by fabrication and execution procedures,
- scale effects of environmental conditions taking into account, if relevant, any sequencing.

The expected modes of failure and/or calculation models, together with the corresponding variables should be described. If there is a significant doubt about which failure modes might be critical, then the test plan should be developed on the basis of accompanying pilot tests.

**NOTE** Attention needs to be given to the fact that a structural member can possess a number of fundamentally different failure modes.

*Specification of test specimen and sampling:* Test specimens should be specified, or obtained by sampling, in such a way as to represent the conditions of the real structure.

Factors to be taken into account include:

- dimensions and tolerances,
- material and fabrication of prototypes,
- number of test specimens,
- sampling procedures,
- restraints.

The objective of the sampling procedure should be to obtain a statistically representative sample. Attention should be drawn to any difference between the test specimens and the product population that could influence the test results.

*Loading specifications:* The loading and environmental conditions to be specified for the test should include:

- loading points,
- loading history,
- restraints,
- temperatures,
- relative humidity,
- loading by deformation or force control, etc.

Load sequencing should be selected to represent the anticipated use of the structural member, under both normal and severe conditions of use. Interactions between the structural response and the apparatus used to apply the load should be taken into account where relevant.

Where structural behaviour depends upon the effects of one or more actions that will not be varied systematically, then those effects should be specified by their representative values.

*Устаткування для випробувань.* Устаткування для випробувань повинне відповідати типу випробування та очікуваному діапазону вимірювань. Спеціальна увага приділяється заходам отримання достатньої стійкості та жорсткості для навантажувальних стендів та фундаментів, уникненню відхилень тощо.

*Вимірювання.* До випробування повинні бути переліченими всі відповідні параметри, які повинні бути виміряними для кожного індивідуального випробувального зразка. Додатково необхідно скласти перелік:

- а) розташування вимірювальних приладів,
- б) процедур запису результатів, включаючи, якщо це доречно:
  - переміщення у часі,
  - вектор швидкості,
  - прискорення,
  - деформації,
  - сили та тиску,
  - частоти, що визначаються,
  - точності вимірювань та
  - вимірювальних пристроїв, що застосовуються.

*Оцінка випробування та звітність.* Спеціальні керівні інструкції, див. D5 - D8. Звіт повинен надаватися відповідно до стандарту, на якому базувалися випробування.

#### D5 Визначення розрахункових величин

(1) Визначення за результатами випробувань розрахункових величин властивості матеріалу, параметра моделі або опору повинне виконуватись одним з наступних способів:

- а) завдяки оцінці характеристичної величини, яка тоді ділиться на частковий коефіцієнт або помножується, якщо це необхідно, на визначений переводний коефіцієнт (див. D7.2 та D8.2);
- б) завдяки безпосередньому визначенню розрахункової величини, явне або неявне врахування для конверсії результатів та загальної надійності, що вимагається (див. D7.3 та D8.3).

**ПРИМІТКА.** Загалом метод а) більш переважний за умови, що показник часткового коефіцієнта визначений з нормальної розрахункової процедури (див. (3) нижче).

(2) Відхилення характеристичної величини випробувань (метод (а)), повинне врахувати:

- а) розсіювання даних випробувань;
- б) статистичну невизначеність, пов'язану з кількістю випробувань;
- в) попередні статистичні знання та досвід.

(3) Частковий коефіцієнт, який використовуватиметься для характеристичної величини, повинен бути взятий з відповідного Єврокода за умови, що існує достатня схожість між цими випробуваннями та звичайною областю використання часткового коефіцієнта, який використаний в числових перевірках.

(4) Якщо опір конструкції або елемента конструкції або опір матеріалу залежать від впливів, які значною мірою не охоплюються, такими випробуваннями як:

*Testing arrangement:* The test equipment should be relevant for the type of tests and the expected range of measurements. Special attention should be given to measures to obtain sufficient strength and stiffness of the loading and supporting rigs, and clearance for deflections, etc.

*Measurements:* Prior to the testing, all relevant properties to be measured for each individual test specimen should be listed. Additionally a list should be made:

- a) of measurement-locations,
- b) of procedures for recording results, including if relevant:
  - time histories of displacements,
  - velocities,
  - accelerations,
  - strains,
  - forces and pressures,
  - required frequency,
  - accuracy of measurements, and
  - appropriate measuring devices.

*Evaluation and reporting the test:* For specific guidance, see D5 to D8. Any Standards on which the tests are based should be reported.

#### D5 Derivation of design values

(1) The derivation from tests of the design values for a material property, a model parameter or a resistance should be carried out in one of the following ways:

- a) by assessing a characteristic value, which is then divided by a partial factor and possibly multiplied if necessary by an explicit conversion factor (see D7.2 and D8.2);
- b) by direct determination of the design value, implicitly or explicitly accounting for the conversion of results and the total reliability required (see D7.3 and D8.3).

**NOTE** In general method a) is to be preferred provided the value of the partial factor is determined from the normal design procedure (see (3) below).

(2) The derivation of a characteristic value from tests (Method (a)) should take into account:

- a) the scatter of test data;
- b) statistical uncertainty associated with the number of tests;
- c) prior statistical knowledge.

(3) The partial factor to be applied to a characteristic value should be taken from the appropriate Eurocode provided there is sufficient similarity between the tests and the usual field of application of the partial factor as used in numerical verifications.

(4) If the response of the structure or structural member or the resistance of the material depends on influences not sufficiently covered by the tests such as:

- вплив часу та тривалості,
  - вплив масштабу та розміру,
  - вплив різних умов навколишнього середовища, навантаження та граничних умов,
  - вплив показників опору,
- тоді розрахункова модель, відповідно до обставин повинна враховувати такі впливи.

(5) В особливих випадках, де використовується метод, наданий в D5(l)b), при визначенні розрахункових величин повинні бути взяті до уваги:

- відповідні граничні стани;
- рівень надійності, що вимагається;
- можливість порівняння з припущеннями, які мають відношення до сторони дій у формулі (C.8a);
- де прийнятно, проектний термін експлуатації, що вимагається;
- попередні знання та досвід при схожих випадках.

**ПРИМІТКА.** Іншу інформацію можна знайти в D6, D7 та D8.

### D6 Загальні принципи статистичних оцінок

(1) Коли оцінюються результати випробувань, поведінка випробувальних зразків та види руйнувань повинні бути порівняні з теоретичними передбаченнями. Коли має місце значне відхилення від передбачення, слід шукати пояснення: це може вимагати додаткових випробувань, можливо в інших умовах, або модифікації теоретичної моделі.

(2) Оцінки результатів випробувань повинні базуватися на статистичних методах з використанням наявної (статистичної) інформації стосовно типу розподілення, що використовується, та його відповідних параметрів. Методи, надані в цьому додатку, можуть використовуватись тільки тоді, коли виконані такі умови:

- статистичні дані (включно з попередньою інформацією) взяті з ідентифікованих вибірок, які необов'язково є однорідними та
- є в наявності значна кількість спостережень.

**ПРИМІТКА.** На рівні тлумачення результатів випробувань можуть бути виділеними три головні категорії:

- там, де виконується тільки одне випробування (або дуже мало випробувань), можливі класичні статистичні інтерпретації. Тільки використання значної кількості попередньої інформації, яка пов'язана з гіпотезами щодо відносного ступеня важливості цієї інформації та результатів випробувань, роблять можливим представити цю інтерпретацію або тлумачення як статистичне (Бейсовські процедури, див. ISO 12491);
- щоб оцінити параметр, виконується значна серія випробувань, і може бути можлива класична статистична інтерпретація. Приклади найбільш звичайних випадків надаються в D7. Ця інтерпретація все ще матиме потребу в використанні деякої кількості попередньої інформації про параметр; однак, як правило, це менше ніж зазначено вище;
- коли виконується серія випробувань, для того щоб калібрувати модель (як функцію) та один або більше пов'язаних параметрів, можлива класична статистична інтерпретація.

- time and duration effects,
  - scale and size effects,
  - different environmental, loading and boundary conditions,
  - resistance effects,
- then the calculation model should take such influences into account as appropriate.

(5) In special cases where the method given in D5(1)b) is used, the following should be taken into account when determining design values:

- the relevant limit states;
- the required level of reliability;
- compatibility with the assumptions relevant to the actions side in expression (C.8a);
- where appropriate, the required design working life;
- prior knowledge from similar cases.

**NOTE** Further information may be found in D6, D7 and D8.

### D6 General principles for statistical evaluations

(1) When evaluating test results, the behaviour of test specimens and failure modes should be compared with theoretical predictions. When significant deviations from a prediction occur, an explanation should be sought: this might involve additional testing, perhaps under different conditions, or modification of the theoretical model.

(2) The evaluation of test results should be based on statistical methods, with the use of available (statistical) information about the type of distribution to be used and its associated parameters. The methods given in this Annex may be used only when the following conditions are satisfied:

- the statistical data (including prior information) are taken from identified populations which are sufficiently homogeneous; and
- a sufficient number of observations is available.

**NOTE** At the level of interpretation of tests results, three main categories can be distinguished:

- where one test only (or very few tests) is (are) performed, no classical statistical interpretation is possible. Only the use of extensive prior information associated with hypotheses about the relative degrees of importance of this information and of the test results, make it possible to present an interpretation as statistical (Bayesian procedures, see ISO 12491);
- if a larger series of tests is performed to evaluate a parameter, a classical statistical interpretation might be possible. The commoner cases are treated, as examples, in D7. This interpretation will still need to use some prior information about the parameter; however, this will normally be less than above.
- when a series of tests is carried out in order to calibrate a model (as a function) and one or more associated parameters, a classical statistical interpretation is possible.

(3) Результат випробування слід розглядати дійсним тільки для специфікацій та характеристик навантаження, розглянутих у випробуваннях. Якщо ці результати екстраполюються, щоб охопити інші розрахункові параметри та параметри навантаження, слід використовувати додаткову інформацію з попередніх випробувань або з теоретичної бази.

## D7 Статистичне визначення окремої характеристики

### D7.1 Загальні положення

(1) Ця стаття надає робочі формули для визначення розрахункових величин з типів випробувань (а) та (б) D3(3) для окремої характеристики або властивості (наприклад, міцності) при використанні методів оцінки (а) та (б) D5(1).

**ПРИМІТКА.** Надані тут формули, котрі використовують Бейсовські процедури з "невизначеними" попередніми розподіленнями, призводять майже до подібних результатів, як класичні статистичні з рівнем значимості, що дорівнює 0,75.

(2) Окрема властивість  $X$  може представляти  
а) опір виробу,  
б) властивість, що впливає на опір виробу.

(3) У випадку а) процедури D7.2 та D7.3 можуть прямо використовуватись, щоб визначити характеристичні або розрахункові величини або частковий коефіцієнт.

(4) У випадку б) слід врахувати, що розрахункова величина опору також повинна включати:  
- впливи інших властивостей,  
- невизначеність моделі,  
- інші впливи (масштабування, об'єм тощо)

(5) Таблиці та формули в D7.2 та D7.3 базуються на таких припущеннях:  
- усі перемінні мають або нормальне, або логнормальне розподілення;  
- немає попередніх даних щодо середнього значення;  
- для випадку " $V_X$  невідомий" не існує попередніх даних щодо коефіцієнта варіації;  
- для випадку " $V_X$  відомий" існує повна інформація щодо коефіцієнта варіації.

**ПРИМІТКА.** Прийняття логнормального розподілення для деяких перемінних має перевагу в тому, що негативні величини є неможливими, як, наприклад, для геометричних перемінних та перемінних стосовно опору.

На практиці часто краще використовувати випадок " $V_X$  відомий" разом з верхньою консервативною оцінкою  $V_X$  ніж застосовувати правила для випадку " $V_X$  невідомий". Більш того, коли  $V_X$  невідомий, слід припускати його не меншим за 0,10.

### D7.2 Оцінка через характеристичну величину

(1) Розрахункова величина властивості  $X$  повинна бути знайдена, використовуючи:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\}, \quad (D.1)$$

(3) The result of a test evaluation should be considered valid only for the specifications and load characteristics considered in the tests. If the results are to be extrapolated to cover other design parameters and loading, additional information from previous tests or from theoretical bases should be used.

## D7 Statistical determination of a single property

### D7.1 General

(1) This clause gives working expressions for deriving design values from test types (a) and (b) of D3(3) for a single property (for example, a strength) when using evaluation methods (a) and (b) of D5(1).

**NOTE** The expressions presented here, which use Bayesian procedures with "vague" prior distributions, lead to almost the same results as classical statistics with confidence levels equal to 0,75.

(2) The single property  $X$  may represent  
a) a resistance of a product,  
b) a property contributing to the resistance of a product.

(3) In case a) the procedure D7.2 and D7.3 can be applied directly to determine characteristic or design or partial factor values.

(4) In case b) it should be considered that the design value of the resistance should also include:  
- the effects of other properties,  
- the model uncertainty,  
- other effects (scaling, volume, etc.)

(5) The tables and expressions in D7.2 and D7.3 are based on the following assumptions:  
- all variables follow either a Normal or a log-normal distribution;  
- there is no prior knowledge about the value of the mean;  
- for the case " $V_X$  unknown", there is no prior knowledge about the coefficient of variation;  
- for the case " $V_X$  known", there is full knowledge of the coefficient of variation.

**NOTE** Adopting a log-normal distribution for certain variables has the advantage that no negative values can occur as for example for geometrical and resistance variables.

In practice, it is often preferable to use the case " $V_X$  known" together with a conservative upper estimate of  $V_X$ , rather than to apply the rules given for the case " $V_X$  unknown". Moreover  $V_X$ , when unknown, should be assumed to be not smaller than 0,10.

### D7.2 Assessment via the characteristic value

(1) The design value of a property  $X$  should be found by using:

де:

$\eta_d$  - розрахункова величина переводного коефіцієнта.

where:

$\eta_d$  is the design value of the conversion factor.

**ПРИМІТКА.** Оцінка відповідного переводного коефіцієнта в значній мірі залежить від типу випробування та типу матеріалу.

**NOTE** The assessment of the relevant conversion factor is strongly dependent on the type of test and the type of material.

Величина  $k_n$  може бути знайдена з таблиці D1.

The value of  $k_n$  can be found from Table D1.

(2) Коли використовується таблиця D1, один або два приклади розглядатимуться як наступні.

(2) When using table D1, one of two cases should be considered as follows.

- Рядок " $V_X$  відомий" повинен використовуватися, якщо коефіцієнт варіації  $V_X$  або його верхня реалістична межа відома з попереднього досвіду.

- The row " $V_X$  known" should be used if the coefficient of variation,  $V_X$ , or a realistic upper bound of it, is known from prior knowledge.

**ПРИМІТКА.** Попередні знання та досвід можуть встановлюватися з оцінок попередніх випробувань у порівняльних ситуаціях. "Порівняльна" повинна визначатися завдяки інженерній оцінці (див. D7.1(3)).

**NOTE** Prior knowledge might come from the evaluation of previous tests in comparable situations. What is 'comparable' needs to be determined by engineering judgement (see D7.1(3)).

- Рядок " $V_X$  невідомий" повинен використовуватися, якщо коефіцієнт варіації  $V_X$  невідомий з попереднього досвіду і тому за потреби повинен визначатися зі вибірки, як:

- The row " $V_X$  unknown" should be used if the coefficient of variation  $V_X$  is not known from prior knowledge and so needs to be estimated from the sample as:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - m_x)^2 \quad (D.2)$$

$$V_X = s_x / m_x \quad (D.3)$$

(3) Частковий коефіцієнт  $\gamma_m$  повинен обиратися відповідно до області використання результатів випробування.

(3) The partial factor  $\gamma_m$  should be selected according to the field of application of the test results.

**Таблиця D1** - Величини  $k_n$  для 5 % характеристичного значення

**Table D1** -Values  $k_n$  for the 5 % characteristic value

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_X$ відомий known	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V_X$ невідомий unknown	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

**ПРИМІТКА 1.** Ця таблиця базується на нормальному розподіленні.

**NOTE 1** This table is based on the Normal distribution.

**ПРИМІТКА 2.** Для логнормального розподілення, формула (D.1) набуває вигляду:

**NOTE 2** With a log-normal distribution expression (D.1) becomes:

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp[m_y - k_n s_y]$$

де:

where:

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i)$$

Якщо  $V_X$  відомий з попереднього досвіду,

If  $V_X$  is known from prior knowledge,

$$s_y = \sqrt{\ln(V_X^2 + 1)} \approx V_X$$

Якщо  $V_X$  невідомий з попереднього досвіду,

If  $V_X$  is unknown from prior knowledge,

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}$$

**D7.3 Пряма оцінка розрахункової величини для граничних станів за несучою здатністю**

(1) Розрахункова величина  $X_d$  для  $X$  повинна бути знайдена, використовуючи:

$$X_d = \eta_d m_X \{1 - k_{d,n} V_X\} \tag{D.4}$$

У цьому випадку  $\eta_d$  повинна охоплювати усі невідомості, які не охоплені випробуваннями.

(2)  $k_{d,n}$  слід взяти з таблиці D2.

**Таблиця D2** - Величини  $k_{d,n}$  розрахункової величини граничного стану за несучою здатністю

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_X$ відомий known	4,36	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,04
$V_X$ невідомий unknown	-	-	-	11,40	7,85	6,36	5,07	4,51	3,64	3,44	3,04

**ПРИМІТКА 1.** Ця таблиця базується на припущенні, що розрахункова величина відповідає добутку  $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$  (див. додаток С) та що розподілення  $X$  є нормальним. Це надає можливість спостереження нижчої величини близько 0,1 %.

**ПРИМІТКА 2.** Для логнормального розподілення формула (D.4) стає:

$$X_d = \eta_d \exp[m_y - k_{d,n} s_y]$$

**D8 Статистичне визначення моделей опору**

**D8.1 Загальні положення**

(1) Ця стаття призначена, головним чином, щоб визначити процедури (методів) калібрування моделей опору та для отримання розрахункових величин з випробувань типу d) (див. D3(l)). Буде використана наявна попередня інформація (знання або припущення).

(2) Базуючись на спостереженнях за дійсною поведінкою під час випробувань та на теоретичних розрахунках, повинна бути розроблена "розрахункова модель", яка спрямована на отримання залежності опору. Дійсність цієї моделі повинна надалі перевірятись завдяки статистичній інтерпретації усіх наявних даних випробувань. Якщо необхідно, розрахункові моделі надалі коригуються до досягнення необхідної кореляції між теоретичними величинами та даними випробувань.

(3) Відхилення в передбаченнях, що отримані користуючись розрахунковою моделлю, також визначаються з випробувань. Це відхилення повинне бути поєднаним з відхиленнями інших перемінних у функції опору, для того щоб отримати загальний показник відхилення. Ці інші перемінні включатимуть:

- відхилення в опорі матеріалу та жорсткості;
- відхилення в геометричних параметрах.

(4) Характеристичний опір повинен бути визначений завдяки врахуванню відхилень усіх перемінних.

(5) В D5(l) надаються два різних методи. Ці методи надані в D8.2 та D8.3 відповідно. Додатково деякі можливі спрощення надані в D8.4.

**D7.3 Direct assessment of the design value for ULS verifications**

(1) The design value  $X_d$  for  $X$  should be found by using:

In this case,  $\eta_d$  should cover all uncertainties not covered by the tests.

(2)  $k_{d,n}$  should be obtained from table D2.

**Table D2** - Values of  $k_{d,n}$  for the ULS design value

**NOTE 1** This table is based on the assumption that the design value corresponds to a product  $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$  (see annex C) and that  $X$  is Normally distributed. This gives a probability of observing a lower value of about 0,1 %.

**NOTE 2** With a log-normal distribution, expression (D.4) becomes:

**D8 Statistical determination of resistance models**

**D8.1 General**

(1) This clause is mainly intended to define procedures (methods) for calibrating resistance models and for deriving design values from tests type d) (see D3(1)). Use will be made of available prior information (knowledge or assumptions).

(2) Based on the observation of actual behaviour in tests and on theoretical considerations, a "design model" should be developed, leading to the derivation of a resistance function. The validity of this model should be then checked by means of a statistical interpretation of all available test data. If necessary the design model is then adjusted until sufficient correlation is achieved between the theoretical values and the test data.

(3) Deviation in the predictions obtained by using the design model should also be determined from the tests. This deviation will need to be combined with the deviations of the other variables in the resistance function in order to obtain an overall indication of deviation. These other variables include:

- deviation in material strength and stiffness;
- deviation in geometrical properties.

(4) The characteristic resistance should be determined by taking account of the deviations of all the variables.

(5) In D5(1) two different methods are distinguished. These methods are given in D8.2 and D8.3 respectively. Additionally, some possible simplifications are given in D8.4.

Ці методи представлені як кількість дискретних кроків і деяких припущень стосовно генеральної сукупності випробувань, що зроблені і пояснені; ці припущення слід розглядати в якості не більш ніж рекомендацій, що охоплюють декілька найбільш загальних прикладів.

These methods are presented as a number of discrete steps and some assumptions regarding the test population are made and explained; these assumptions are to be considered to be no more than recommendations covering some of the commoner cases.

## D8.2 Стандартна процедура оцінки (Метод (а))

## D8.2 Standard evaluation procedure (Method (a))

### D8.2.1 Загальні положення

### D8.2.1 General

(1) Для стандартної процедури оцінки зроблені такі припущення:

(1) For the standard evaluation procedure the following assumptions are made:

a) функція опору - це функція декількох незалежних перемінних  $X$ ;

a) the resistance function is a function of a number of independent variables  $X$ ;

b) є в наявності значна кількість результатів випробувань;

b) a sufficient number of test results is available;

c) усі відповідні геометричні та матеріальні властивості є вимірними;

c) all relevant geometrical and material properties are measured;

d) відсутня кореляція (статистична залежність) між перемінними в функції опору;

d) there is no correlation (statistical dependence) between the variables in the resistance function;

e) усі перемінні мають або нормальне, або логнормальне розподілення.

e) all variables follow either a Normal or a log-normal distribution.

**ПРИМІТКА.** Прийняття логнормального розподілення для перемінної має перевагу у відсутності виникнення негативних величин.

**NOTE** Adopting a log-normal distribution for a variable has the advantage that no negative values can occur.

(2) Стандартна процедура для методу D5(1)а містить сім кроків, що надані в D8.2.2.1 - D8.2.2.7.

(2) The standard procedure for method D5(1)a comprises the seven steps given in D8.2.2.1 to D8.2.2.7.

### D8.2.2 Стандартна процедура

### D8.2.2 Standard procedure

#### D8.2.2.1 Крок 1: Створення розрахункової моделі

#### D8.2.2.1 Step 1: Develop a design model

(1) Створення розрахункової моделі для теоретичної величини опору  $r_t$  елемента конструкції або конструктивної деталі, що розглядається, представлена функцією опору:

(1) Develop a design model for the theoretical resistance  $r_t$  of the member or structural detail considered, represented by the resistance function:

$$r_t = g_{rt}(X) \quad (D.5)$$

(2) Функція опору повинна охоплювати всі базові перемінні  $X$ , що впливають на опір відповідного граничного стану.

(2) The resistance function should cover all relevant basic variables  $X$  that affect the resistance at the relevant limit state.

(3) Слід виміряти всі базові параметри для кожного зразка  $i$  (припущення (c) в D8.2.1) та вони повинні бути доступними для використання в оцінці.

(3) All basic parameters should be measured for each test specimen  $i$  (assumption (c) in D8.2.1) and should be available for use in the evaluation.

#### D8.2.2.2 Крок 2: Порівняння експериментальних та теоретичних величин

#### D8.2.2.2 Step 2: Compare experimental and theoretical values

(1) Замінити дійсно виміряні властивості в функції опору так, щоб отримати теоретичну величину  $r_{ti}$  для формування основи порівняння з експериментальними величинами  $r_{ei}$  з випробувань.

(1) Substitute the actual measured properties into the resistance function so as to obtain theoretical values  $r_{ti}$  to form the basis of a comparison with the experimental values  $r_{ei}$  from the tests.

(2) Крапки представляють пари відповідних величин ( $r_{ti}$ ,  $r_{ei}$ ) і повинні бути нанесені на схему, як вказано на рисунку D1.

(2) The points representing pairs of corresponding values ( $r_{ti}$ ,  $r_{ei}$ ) should be plotted on a diagram, as indicated in figure D1.



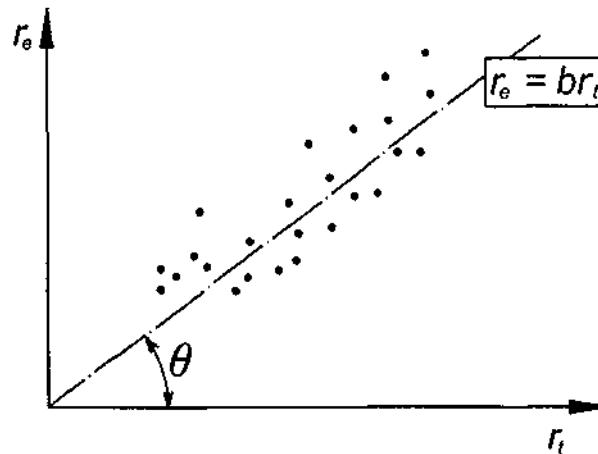


Рисунок D1 -  $r_e - r_t$  схема

Figure D1 -  $r_e - r_t$  diagram

(3) Якщо функція опору є точною та повною, тоді всі крапки лежатимуть на лінії  $\theta = \pi/4$ . На практиці ці крапки будуть розкидані, причини будь-яких систематичних відхилень від цієї лінії повинні бути дослідженими, щоб перевірити, чи свідчить ця ситуація про помилки в процедурах випробування або в функції опору.

(3) If the resistance function is exact and complete, then all of the points will lie on the line  $\theta = \pi/4$ . In practice the points will show some scatter, but the causes of any systematic deviation from that line should be investigated to check whether this indicates errors in the test procedures or in the resistance function.

**D8.2.2.3 Крок 3: Оцінка поправочного коефіцієнта середнього значення  $b$**

**D8.2.2.3 Step 3: Estimate the mean value correction factor  $b$**

(1) Представити імовірнісну модель міцності  $r$  в форматі:

(1) Represent the probabilistic model of the resistance  $r$  in the format:

$$r = b r_t \delta, \tag{D.6}$$

де:  
 $b$  - "найменше квадратичне", що забезпечує найкращу відповідність щодо розмаху, за формулою

where:  
 $b$  is the "Least Squares" best-fit to the slope, given by

$$b = \frac{\sum r_e r_t}{t_t^2}. \tag{D.7}$$

(2) Середнє значення функції теоретичного опору, підраховане з використанням середніх значень  $\underline{X}_m$  базових перемінних, можливо отримати з:

(2) The mean value of the theoretical resistance function, calculated using the mean values  $\underline{X}_m$  of the basic variables, can be obtained from :

$$r_m = b r_t (\underline{X}_m) \delta = b g_{rt} (\underline{X}_m) \delta. \tag{D.8}$$

**D8.2.2.4 Крок 4: Оцінити коефіцієнт варіативності помилок**

**D8.2.2.4 Step 4: Estimate the coefficient of variation of the errors**

(1) Вектор помилок  $\delta_i$  для кожної експериментальної величини  $r_{ei}$  повинен визначатися за формулою (D.9):

(1) The error term  $\delta_i$  for each experimental value  $r_{ei}$  should be determined from expression(D.9):

$$\delta = \frac{r_{ei}}{b r_{ti}}. \tag{D.9}$$

(2) З величини розрахункове значення  $\delta_i$  для  $V_\delta$  слід визначити за:

(2) From the values of  $\delta_i$  an estimated value for  $V_\delta$  should be determined by defining:

$$\Delta_j = \ln(\delta_j). \tag{D.10}$$

(3) Розрахункове значення  $\bar{\Delta}$  для  $E(\Delta)$  можна отримати за:

(3) The estimated value  $\bar{\Delta}$  for  $E(\Delta)$  should be obtained from:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i . \quad (D.11)$$

(4) Розрахункове значення  $s_{\Delta}^2$  для  $\sigma_{\Delta}^2$  слід отримати за:

(4) The estimated value  $s_{\Delta}^2$  for  $\sigma_{\Delta}^2$  should be obtained from:

$$s_{\Delta}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 . \quad (D.12)$$

(5) Формула:

(5) The expression:

$$V_{\delta} = \sqrt{\exp(s_{\Delta}^2) - 1} \quad (D.13)$$

може використовуватись як коефіцієнт варіації  $V_{\delta}$  векторів помилок  $\delta_1$ .

may be used as the coefficient of variation  $V_{\delta}$  of the  $\delta_1$  error terms.

#### D8.2.2.5 Крок 5: Аналіз сумісності

#### D8.2.2.5 Step 5: Analyse compatibility

(1) Повинна бути проаналізована сумісність генеральної сукупності результатів випробувань з припущеннями в функції опору.

(1) The compatibility of the test population with the assumptions made in the resistance function should be analysed.

(2) Розсіювання ( $r_{ei}$ ,  $r_{ti}$ ) величин є надто великим, щоб провести економічні розрахунки функції опору, та це розсіювання може бути зменшеним одним з наступних шляхів:

(2) If the scatter of the ( $r_{ei}$ ,  $r_{ti}$ ) values is too high to give economical design resistance functions, this scatter may be reduced in one of the following ways:

а) завдяки коригуванню розрахункової моделі, щоб взяти до уваги параметри, котрі раніше були проігноровані;

a) by correcting the design model to take into account parameters which had previously been ignored;

б) завдяки модифікації  $b$  та  $V_{\delta}$ , завдяки розділенню загальної генеральної сукупності результатів випробувань на відповідні підгрупи, для яких вплив таких додаткових параметрів можна розглядати як постійний.

b) by modifying  $b$  and  $V_{\delta}$  by dividing the total test population into appropriate sub-sets for which the influence of such additional parameters may be considered to be constant.

(3) Щоб виявити, які параметри мають найбільший вплив на розсіювання, результати випробування можуть бути розподілені по цих підгрупах відповідно до цих параметрів.

(3) To determine which parameters have most influence on the scatter, the test results may be split into subsets with respect to these parameters.

**ПРИМІТКА.** Мета - покращити функцію опору у підгрупі, аналізуючи кожну підгрупу з використанням стандартної процедури. Недоліками розподілення результатів випробування по підгрупах є те, що кількість результатів випробування у кожній підгрупі може бути дуже незначною.

**NOTE** The purpose is to improve the resistance function per sub-set by analysing each subset using the standard procedure. The disadvantage of splitting the test results into sub-sets is that the number of test results in each sub-set can become very small.

(4) Коли визначаються квантильні коефіцієнти  $k_n$  (див. крок 7), величина  $k_n$  для підгруп може визначатися на основі загальної кількості випробувань у вихідній серії.

(4) When determining the fractile factors  $k_n$  (see step 7), the  $k_n$  value for the sub-sets may be determined on the basis of the total number of the tests in the original series.

**ПРИМІТКА.** Звертає на себе увагу той факт, що розподілення частоти для опору може бути описаним краще шляхом використання бімодальної або багатомодальної функції. Можуть використовуватись спеціальні методи апроксимації для того, щоб перетворити ці функції в одномодальне розподілення.

**NOTE** Attention is drawn to the fact that the frequency distribution for resistance can be better described by a bi-modal or a multi-modal function. Special approximation techniques can be used to transform these functions into a uni-modal distribution.

#### D8.2.2.6 Крок 6: Визначення коефіцієнтів варіації $V_{Xi}$ базових перемінних

#### D8.2.2.6 Step 6: Determine the coefficients of variation $V_{Xi}$ of the basic variables

(1) Якщо можна показати, що випробувальна сукупність є повністю репрезентативною для дійсних варіацій, тоді ці коефіцієнти варіації  $V_{Xi}$  базових перемінних у функції опору можуть визначатись з випробувальних даних. Однак, оскільки загалом це не той

(1) If it can be shown that the test population is fully representative of the variation in reality, then the coefficients of variation  $V_{Xi}$  of the basic variables in the resistance function may be determined from the test data. However, since this is not generally the case, the

випадок, то коефіцієнти варіації  $V_{X_i}$ , як правило, необхідно визначати на основі попередніх відповідних знань.

coefficients of variation  $V_{X_i}$  will normally need to be determined on the basis of some prior knowledge.

**D8.2.2.7 Крок 7: Визначення характеристичної величини  $r_k$  опору**

**D8.2.2.7 Step 7: Determine the characteristic value  $r_k$  of the resistance**

(1) Якщо функція опору для  $j$  базових перемінних є функцією-добутком форми:

(1) If the resistance function for; basic variables is a product function of the form:

$$r = b r_t \delta = b \{X_1 \times X_2 \dots X_j\} \delta ,$$

середнє значення  $E(r)$  може бути отримане за:

the mean value  $E(r)$  may be obtained from:

$$E(r) = b \{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = b g_{rt}(\underline{X}_m) , \tag{D.14a}$$

а коефіцієнт варіації  $V_r$  може бути отриманий завдяки функції добутку:

and the coefficient of variation  $V_r$  may be obtained from the product function:

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[ \prod_{i=1}^j (V_{X_i}^2 + 1) \right] - 1 \tag{D.14b}$$

(2) Іншим чином, для малих величин  $V_\delta^2$  та  $V_{X_i}^2$  можуть використовуватись такі апроксимації для  $V_r$ :

(2) Alternatively, for small values of  $V_\delta^2$  and  $V_{X_i}^2$  the following approximation for  $V_r$  may be used:

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2 \tag{D.15a}$$

з:

with:

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{X_i}^2 . \tag{D.15b}$$

(3) Якщо функція опору є більш складною функцією за формою:

(3) If the resistance function is a more complex function of the form:

$$r = b r_t \delta = b g_{rt} \{X_1, \dots, X_j\} \delta ,$$

середнє значення  $E(r)$  може бути отримане за:

the mean value  $E(r)$  may be obtained from:

$$E(r) = b g_{rt} \{E(X_1), \dots, E(X_j)\} = b g_{rt}(\underline{X}_m) , \tag{D.16a}$$

а коефіцієнт варіації  $V_{rt}$  може бути отриманий за:

and the coefficient of variation  $V_{rt}$  may be obtained from:

$$V_{rt}^2 = \frac{\text{VAR}[g_{rt}(\underline{X})]}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \cong \frac{1}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \times \sum_{i=1}^j \left( \frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \sigma_i \right)^2 . \tag{D.16b}$$

(4) Якщо кількість випробувань обмежена (наприклад,  $n < 100$ ), слід взяти до уваги та внести поправку до розподілення  $\Delta$  для статистичних невизначеностей. Це розподілення слід розглядати як центральне  $t$ -розподілення з параметрами  $\bar{\Delta}$ ,  $V_\Delta$  та  $n$ .

(4) If the number of tests is limited (say  $n < 100$ ) allowance should be made in the distribution of  $\Delta$  for statistical uncertainties. The distribution should be considered as a central  $t$ -distribution with the parameters  $\bar{\Delta}$ ,  $V_\Delta$  and  $n$ .

(5) У цьому випадку характеристична міцність  $r_k$  повинна визначатися за:

(5) In this case the characteristic resistance  $r_k$  should be obtained from:

$$r_k = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5Q^2) , \tag{D.17}$$

де:

with:

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)} \quad (D.18a)$$

$$Q_{\delta} = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_{\delta}^2 + 1)} \quad (D.18b)$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)} \quad (D.18c)$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q} \quad (D.19a)$$

$$\alpha_{\delta} = \frac{Q_{\delta}}{Q}, \quad * (D.19b)$$

де:  
 $k_n$  - характеристичний квантильний коефіцієнт з таблиці D1 у випадку, коли параметр  $V_x$  невідомий;  
 $k_{\infty}$  - величина  $k_n$  для

where:  
 $k_n$  - is the characteristic fractile factor from table D1 for the case  $V_x$  unknown;  
 $k_{\infty}$  - is the value of  $k_n$  for

$$n \rightarrow \infty [k_{\infty} = 1,64];$$

$\alpha_{rt}$  - ваговий коефіцієнт для  $Q_{rt}$

$\alpha_{rt}$  - is the weighting factor for  $Q_{rt}$

$\alpha_{\delta}$  - ваговий коефіцієнт для  $Q_{\delta}$

$\alpha_{\delta}$  - is the weighting factor for  $Q_{\delta}$

**ПРИМІТКА.** Величина  $V_{\delta}$  повинна бути оцінена з тестової вибірки, що розглядається.

**NOTE** The value of  $V_{\delta}$  is to be estimated from the test sample under consideration.

(6) У випадку великої кількості випробувань ( $n \geq 100$ ) можливо отримати характеристичний опір  $r_k$  за:

(6) If a large number of tests ( $n \geq 100$ ) is available, the characteristic resistance  $r_k$  may be obtained from:

$$r_k = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{\infty} Q - 0,5Q^2). \quad (D.20)$$

### D8.3 Стандартна процедура оцінки (Метод (b))

### D8.3 Standard evaluation procedure (Method (b))

(1) У цьому випадку процедура така ж сама, як і в D8.2, за винятком того, що крок 7 є адаптованим завдяки заміні характеристичного квантильного коефіцієнта  $k_n$  на розрахунковий квантильний коефіцієнт  $k_{d,n}$ , який дорівнює добутку  $\alpha_R \beta$ , тобто  $0,8 \times 3,8 = 3,04$ , що широко використовується (див. додаток C), щоб отримати розрахункову величину  $r_d$  опору.

(1) In this case the procedure is the same as in D8.2, excepted that step 7 is adapted by replacing the characteristic fractile factor  $k_n$  by the design fractile factor  $k_{d,n}$  equal to the product  $\alpha_R \beta$  assessed at  $0,8 \times 3,8 = 3,04$  as commonly accepted (see Annex C) to obtain the design value  $r_d$  of the resistance.

(2) У випадку обмеженої кількості випробувань розрахункова величина  $r_d$  буде отримана з:

(2) For the case of a limited number of tests the design value  $r_d$  should be obtained from:

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_{\delta} Q_{\delta} - 0,5Q^2), \quad (D.21)$$

де:  
 $k_{d,n}$  - розрахунковий квантильний коефіцієнт з таблиці D2 у випадку, коли параметр " $V_x$  невідомий";

where:  
 $k_{d,n}$  - is the design fractile factor from table D2 for the case  $V_x$  unknown";

$k_{d,\infty}$  - величина  $k_{d,n}$  для

$k_{d,\infty}$  - is the value of  $k_{d,n}$  for

$$n \rightarrow \infty [k_{d,\infty} = 3,04].$$

**ПРИМІТКА.** Величина  $V_{\delta}$  повинна оцінюватись завдяки дослідному зразку, що розглядається.

**NOTE** The value of  $V_{\delta}$  is to be estimated from the test sample under consideration.

(2) У випадку великої кількості випробувань розрахункова величина  $r_d$  може бути отриманою за:

(2) For the case of a large number of tests the design value  $r_d$  may be obtained from :

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} Q - 0,5Q^2). \quad (D.22)$$

**D8.4 Використання додаткових попередніх знань**

(1) Якщо доведеність функції опору  $r_t$  та верхня межа (консервативна оцінка або оцінка з запасом) для коефіцієнта варіативності  $V_r$  вже відомі з великої кількості попередніх випробувань або тестів, наступні спрощені процедури можуть прийматись, коли виконуються подальші випробування.

(2) Якщо виконується тільки одне випробування, характеристичне значення  $r_k$  може визначатись з результату  $r_e$  цього випробування завдяки використанню:

**D8.4 Use of additional prior knowledge**

(1) If the validity of the resistance function  $r_t$  and an upper bound (conservative estimate) for the coefficient of variation  $V_r$  are already known from a significant number of previous tests, the following simplified procedure may be adopted when further tests are carried out.

(2) If only one further test is carried out, the characteristic value  $r_k$  may be determined from the result  $r_e$  of this test by applying:

$$r_k = \eta_k r_e, \quad (D.23)$$

де:

$\eta_k$  - коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку наявності попередніх знань, який можна отримати з:

where:

$\eta_k$  - is a reduction factor applicable in the case of prior knowledge that may be obtained from:

$$\eta_k = 0,9 \exp(-2,3V_r - 0,5V_r^2), \quad (D.24)$$

де:

$V_r$  - максимальний коефіцієнт варіації, що спостерігався в попередніх випробуваннях.

where:

$V_r$  - is the maximum coefficient of variation observed in previous tests.

(3) Якщо виконуються два або три подальших випробування, тоді характеристична величина  $r_k$  може визначатись з середнього значення  $r_{em}$  результатів випробувань завдяки використанню:

(3) If two or three further tests are carried out, the characteristic value  $r_k$  may be determined from the mean value  $r_{em}$  of the test results by applying:

$$r_k = \eta_k r_{em}, \quad (D.25)$$

де:

$\eta_k$  - коефіцієнт зменшення, що використовується у випадку наявності попередніх знань, який можна отримати з:

where:

$\eta_k$  - is a reduction factor applicable in the case of prior knowledge that may be obtained from:

$$\eta_k = \exp(-2,0V_r - 0,5V_r^2), \quad (D.26)$$

де:

$V_r$  - максимальний коефіцієнт варіації, що спостерігався в попередніх випробуваннях за умови, що кожне екстремальне (максимальне чи мінімальне) значення  $r_{ee}$  задовольняє умову:

where:

$V_r$  - is the maximum coefficient of variation observed in previous tests provided that each extreme (maximum or minimum) value  $r_{ee}$  satisfies the condition:

$$|r_{ee} - r_{em}| \leq 0,10 r_{em}. \quad (D.27)$$

(4) Величини коефіцієнта варіації  $V_r$ , надані в таблиці D3, можуть припускатись для типів руйнування, що визначатимуться (наприклад, у відповідних Єврокодах для проектування), що призведе до перелічених величин  $\eta_k$  у відповідності з формулами (D.24) та (D.26).

(4) The values of the coefficient of variation  $V_r$  given in table D3 may be assumed for the types of failure to be specified (e.g. in the relevant design Eurocode), leading to the listed values of  $\eta_k$  according to expressions (D.24) and (D.26).

**Таблиця D3** - Коефіцієнт зменшення  $\eta_k$

Коефіцієнт варіації $V_r$	Коефіцієнт зменшення $\eta_k$	
	Для 1 випробування	Для 2 або 3 випробувань
0,05	0,80	0,90
0,11	0,70	0,80
0,17	0,60	0,70

**Table D3** - Reduction factor  $\eta_k$

Coefficient of variation $V_r$	Reduction factor $\eta_k$	
	For 1 test	For 2 or 3 tests
0,05	0,80	0,90
0,11	0,70	0,80
0,17	0,60	0,70

**Бібліографічний довідник**

- ISO 2394 Загальні принципи надійності конструкцій
- ISO 2631:1997 Механічна вібрація та механічний удар - Оцінка впливу на організм людини вібрації всього тіла
- ISO 3898 Основа проектування конструкцій - Нотатки - Загальні умовні позначки
- ISO 6707-1 Будівництво та цивільне будівництво - Словник - Частина 1: Загальні терміни
- ISO 8930 Загальні принципи надійності конструкцій - Перелік еквівалентних термінів
- EN ISO 9001:2000 Системи керівництва якістю - Вимоги (ISO 9001:2000)
- ISO 10137 Основа проектування конструкцій - Експлуатаційна стійкість будівель та споруд проти вібрацій
- ISO 8402 Керування та гарантування якості - Словник

**Bibliography**

- ISO 2394 General principles on reliability for structures
- ISO 2631:1997 Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration
- ISO 3898 Basis for design of structures - Notations - General symbols
- ISO 6707-1 Building and civil engineering -Vocabulary - Part 1: General terms
- ISO 8930 General principles on reliability for structures - List of equivalent terms
- EN ISO 9001:2000 Quality management systems - Requirements (ISO 9001:2000)
- ISO 10137 Basis for design of structures - Serviceability of buildings against vibrations
- ISO 8402 Quality management and quality assurance - Vocabulary

Код УКНД 91.080.01

**Ключові слова:** проектування, конструкції, надійність, безпека, довговічність, навантаження та впливи, матеріали, граничні стани, розрахунок