



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

**ЄВРОКОД 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ**  
**Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби.**  
**Башти і щогли**  
**(EN 1993-3-1:2006, IDT)**

**ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1**

(Проект, перша редакція)



## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожним перекладом EN 1993-3-1:2006 "Eurocode 3: Design of steel structures – Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts" (Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли) з технічною поправкою EN 1993-3-1:2006/AC:2009.

EN 1993-3-1:2006 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріатом якого керує BSI.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 "Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли (EN 1993-3-1:2006, IDT)", викладена українською мовою.

Відповідно до ДБН А.1.1-1-2009 "Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні положення" цей стандарт відноситься до комплексу В.1.2 "Система надійності та безпеки в будівництві".

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

Науково-технічна організація, відповідальна за цей стандарт, – ТОВ "Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського".

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова "цей міжнародний стандарт" замінено на "цей стандарт";
- структурні елементи стандарту – "Обкладинку", "Передмову", "Національний вступ", "Визначення понять" та "Бібліографічні дані" – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- з "Передмови до 1993-3-1" у цей "Національний вступ" взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

- національний довідковий додаток наведено як настанову для користувачів.

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1993-3-1:2006, наведено у додатку НА.

Копії МС, не прийнятих як національні нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

Технічна поправка EN 1993-3-1:2006/AC:2009 до EN 1993-3-1:2006 подана в кінці ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 після додатка НА.

## ЗМІСТ

	С.
Вступ . . . . .	VII
Основи програми Єврокодів . . . . .	1
Статус та галузь застосування Єврокодів . . . . .	2
Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди . . . . .	4
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs and ETAs) для виробів . . . . .	4
Додаткова інформація щодо EN 1993-3-1 і EN 1993-3-2 . . . . .	5
Національний додаток до EN 1993-3-1 . . . .	6
<b>1 Загальні положення . . . . .</b>	<b>8</b>
1.1 Сфера застосування . . . . .	8
1.2 Нормативні посилання . . . . .	9
1.3 Допущення . . . . .	9
1.4 Відмінності між принципами і правилами застосування . . . . .	9
1.5 Терміни і визначення . . . . .	9
1.6 Познаки . . . . .	11
1.7 Умовні познаки осей елементів конструкцій . . . . .	13
<b>2 Основи проектування . . . . .</b>	<b>14</b>
2.1 Вимоги . . . . .	14
2.2 Принципи розрахунку за граничними станами . . . . .	14
2.3 Дії та впливи навколишнього середовища . . . . .	14
2.4 Перевірка граничних станів за несучою здатністю . . . . .	16
2.5 Проектування в комплексі з випробуваннями . . . . .	16
2.6 Довговічність . . . . .	16
<b>3 Матеріали . . . . .</b>	<b>17</b>
3.1 Конструкційна сталь . . . . .	17
3.2 З'єднання . . . . .	17
3.3 Відтяжки і арматура . . . . .	17
<b>4 Довговічність . . . . .</b>	<b>17</b>
4.1 Допуски на корозію . . . . .	17
4.2 Відтяжки . . . . .	17
<b>5 Конструкційний розрахунок . . . . .</b>	<b>18</b>

## CONTENTS

	Page
Foreword . . . . .	VII
Background of the Eurocode programme . . . .	1
Status and field of application of Eurocodes . . . . .	2
National Standards implementing Eurocodes . . . . .	4
Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products . . . . .	4
Additional information specific to EN 1993-3-1 and EN 1993-3-2 5. . . . .	5
National Annex for EN 1993-3-1 . . . . .	6
<b>1 General . . . . .</b>	<b>8</b>
1.1 Scope . . . . .	8
1.2 Normative references . . . . .	9
1.3 Assumptions . . . . .	9
1.4 Distinction between principles and application rules . . . . .	9
1.5 Terms and definitions . . . . .	9
1.6 Symbols . . . . .	11
1.7 Convention for cross section axes . . . . .	13
<b>2 Basis of design . . . . .</b>	<b>14</b>
2.1 Requirements . . . . .	14
2.2 Principles of limit state design . . . .	14
2.3 Actions and environmental influences . . . . .	14
2.4 Ultimate limit state verifications . . . . .	16
2.5 Design assisted by testing . . . . .	16
2.6 Durability . . . . .	16
<b>3 Materials . . . . .</b>	<b>17</b>
3.1 Structural steel . . . . .	17
3.2 Connections . . . . .	17
3.3 Guys and fittings . . . . .	17
<b>4 Durability . . . . .</b>	<b>17</b>
4.1 Allowance for corrosion . . . . .	17
4.2 Guys . . . . .	17
<b>5 Structural analysis . . . . .</b>	<b>18</b>

5.1	Моделювання з метою визначення наслідків дій . . . . .	18	5.1	Modelling for determining action effects . . . . .	18
5.2	Моделювання з'єднань . . . . .	18	5.2	Modelling of connections . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Граничні стани за несучою здатністю . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>Ultimate limit states . . . . .</b>	<b>19</b>
6.1	Загальні положення . . . . .	19	6.1	General . . . . .	19
6.2	Опір перерізів . . . . .	20	6.2	Resistance of cross sections . . . . .	20
6.3	Опір елементів . . . . .	20	6.3	Resistance of members . . . . .	20
6.4	З'єднання . . . . .	21	6.4	Connections . . . . .	21
6.5	Спеціальні з'єднання для щогл. . . . .	23	6.5	Special connections for masts . . . . .	23
<b>7</b>	<b>Граничні стани експлуатаційної придатності . . . . .</b>	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>Serviceability limit states . . . . .</b>	<b>25</b>
7.1	Основні положення . . . . .	25	7.1	Basis . . . . .	25
7.2	Прогини і повороти . . . . .	25	7.2	Deflections and rotations . . . . .	25
7.3	Вібрації . . . . .	26	7.3	Vibrations . . . . .	26
<b>8</b>	<b>Проектування в комплексі з випробуваннями . . . . .</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>Design assisted by testing . . . . .</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>Втома . . . . .</b>	<b>27</b>	<b>9</b>	<b>Fatigue . . . . .</b>	<b>27</b>
9.1	Загальні положення . . . . .	27	9.1	General. . . . .	27
9.2	Втомне вантаження . . . . .	27	9.2	Fatigue loading. . . . .	27
9.3	Втомна міцність . . . . .	28	9.3	Fatigue resistance . . . . .	28
9.4	Оцінка безпеки . . . . .	28	9.4	Safety assessment. . . . .	28
9.5	Часткові коефіцієнти втомної міцності . . . . .	29	9.5	Partial factors for fatigue . . . . .	29
9.6	Втома відтяжок . . . . .	29	9.6	Fatigue of guys. . . . .	29
<b>Додаток А (обов'язковий)</b>			<b>Annex A (normative)</b>		
	Ранжування за надійністю і часткові коефіцієнти для дій . . . . .	30		Reliability differentiation and partial factors for actions . . . . .	30
A.1	Ранжування за надійністю щогл і башт . . . . .	30	A.1	Reliability differentiation for masts and towers . . . . .	30
A.2	Часткові коефіцієнти для дій . . . . .	30	A.2	Partial factors for actions . . . . .	30
<b>Додаток В (довідковий)</b>			<b>Annex B (informative)</b>		
	Моделювання атмосферних впливів. . . . .	32		Modelling of meteorological actions. . . . .	32
B.1	Загальні положення . . . . .	32	B.1	General . . . . .	32
B.2	Вітрове навантаження . . . . .	33	B.2	Wind force . . . . .	33
B.3	Реакція ґратчастих башт . . . . .	49	B.3	Response of lattice towers. . . . .	49
B.4	Реакція щогл з відтяжками . . . . .	55	B.4	Response of guyed masts . . . . .	55
<b>Додаток С (довідковий)</b>			<b>Annex C (informative)</b>		
	Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром . . . . .	66		Ice loading and combinations of ice with wind . . . . .	66
C.1	Загальні положення . . . . .	66	C.1	General . . . . .	66
C.2	Навантаження від ожеледі . . . . .	67	C.2	Ice loading . . . . .	67
C.3	Вага льоду . . . . .	67	C.3	Ice weight . . . . .	67

C.4 Вітер та ожеледь . . . . .	68	C.4 Wind and ice . . . . .	68
C.5 Асиметричне навантаження від обмерзання . . . . .	68	C.5 Asymmetric ice load . . . . .	68
C.6 Сполучення ожеледі і вітру . . .	69	C.6 Combinations of ice and wind . .	69
<b>Додаток D (обов'язковий)</b>		<b>Annex D (normative)</b>	
Відтяжки, гасії коливальні, ізолятори, службові та інші елементи . . . . .	70	Guys, dampers, insulators, ancillaries and other items. . . . .	70
D.1 Відтяжки . . . . .	70	D.1 Guys . . . . .	70
D.2 Гасії коливальні . . . . .	70	D.2 Dampers . . . . .	70
D.3 Ізолятори . . . . .	71	D.3 Insulators . . . . .	71
D.4 Службові та інші елементи. . . .	72	D.4 Ancillaries and other items. . . .	72
<b>Додаток E (довідковий)</b>		<b>Annex E (informative)</b>	
Розрив відтяжки . . . . .	74	Guy rupture . . . . .	74
E.1 Вступ . . . . .	74	E.1 Introduction . . . . .	74
E.2 Спрощена розрахункова схема. .	74	E.2 Simplified analytical model. . . .	74
E.3 Консервативний метод (розрахунок із запасом) . . . . .	76	E.3 Conservative procedure . . . . .	76
E.4 Аналіз після розриву відтяжки . .	76	E.4 Analysis after a guy rupture . . .	77
<b>Додаток F (довідковий)</b>		<b>Annex F (informative)</b>	
Виготовлення . . . . .	77	Execution . . . . .	77
F.1 Загальні положення . . . . .	77	F.1 General . . . . .	77
F.2 Болтові з'єднання . . . . .	77	F.2 Bolted connections. . . . .	77
F.3 Зварні з'єднання . . . . .	77	F.3 Welded connections . . . . .	77
F.4 Допуски . . . . .	77	F.4 Tolerances . . . . .	77
F.5 Попередній розтяг відтяжок . . .	78	F.5 Prestretching of guys . . . . .	78
<b>Додаток G (довідковий)</b>		<b>Annex G (informative)</b>	
Втрата стійкості елементів щогл і башт . . . . .	80	Buckling of components of masts and towers . . . . .	80
G.1 Опір втраті стійкості стиснутих елементів . . . . .	80	G.1 Buckling resistance of compression members . . . . .	80
G.2 Ефективний коефіцієнт гнучкості . . . . .	81	G.2 Effective slenderness factor . . .	81
<b>Додаток H (довідковий)</b>		<b>Annex H (informative)</b>	
Розрахункова довжина і гнучкість елементів . . . . .	86	Buckling length and slenderness of members . . . . .	86
H.1 Загальні положення . . . . .	86	H.1 General . . . . .	86
H.2 Пояси . . . . .	86	H.2 Leg members . . . . .	86
H.3 В'язеві елементи . . . . .	87	H.3 Bracing members . . . . .	87
H.4 Допоміжні в'язеві елементи . . .	97	H.4 Secondary bracing members . . .	97
H.5 Оболонкові конструкції . . . . .	98	H.5 Shell structures . . . . .	98
Бібліографія . . . . .	99	Bibliography . . . . .	99
<b>Додаток HA (довідковий)</b>	100	<b>Technical amendment</b>	102
Технічна поправка . . . . .	102		

## ВСТУП

Цей європейський стандарт EN 1993-3-1, Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли, підготовлений Технічним комітетом CEN/TC250 "Будівельні Єврокоди", секретаріат якого підтримує BSI. CEN/TC250, відповідальний за всі будівельні Єврокоди.

Цьому Європейському стандарту буде наданий статус національного з публікацією ідентичного тексту або схваленням до квітня 2007 року, і альтернативні національні стандарти повинні бути відмінені до березня 2010 року.

Цей Єврокод замінює ENV 1993-3-1.

У відповідності з внутрішніми постановами CEN/CENELEC національні органи зі стандартизації наступних країн зобов'язані прийняти цей європейський стандарт: Австрія, Бельгія, Велика Британія, Греція, Данія, Естонія, Ірландія, Ісландія, Іспанія, Італія, Кіпр, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Словенія, Угорщина, Фінляндія, Франція, Чеська Республіка, Швеція, Швейцарія.

## FOREWORD

This European Standard EN 1993-3-1, Eurocode 3: Design of steel structures: Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts, has been prepared by Technical Committee CEN/TC250 "Structural Eurocodes", the Secretariat of which is held by BSI. CEN/TC250 is responsible for all Structural Eurocodes.

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

This Eurocode supersedes ENV 1993-3-1.

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

## **ОСНОВИ ПРОГРАМИ ЄВРОКОДІВ**

У 1975 році Комісія Європейської спільноти вирішила розпочати програму дій у галузі будівництва на підставі статті 95 договору. Метою програми було усунення технічних перешкод для торгівлі та узгодження технічних умов.

У рамках цієї програми дій Комісія взяла на себе ініціативу встановити систему узгоджених технічних правил для проектування будівель 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 організаційного комітету, до складу якого входили представники держав-членів, вела розробку програми Єврокодів, яка привела до публікації комплекту першого покоління Європейських кодів у 80-х роках.

У 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 надало б Єврокодам у майбутньому статусу Європейського стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями

---

<sup>1</sup> Угода між Комісією європейської спільноти 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

---

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



директив Ради і рішень Комісії щодо Європейських стандартів (тобто директиви Ради 89/106/ЄЕС щодо будівельних виробів – CPD – та Директив Ради 93/37/ЄЕС, 92/50/ЄЕС та 89/440/ЄЕС відносно громадських робіт та послуг і еквівалентних директив EFTA, започаткованих, щоб допомогти заснуванню внутрішнього ринку).

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

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

EN 1991 Єврокод 1: Дії на конструкції

EN 1992 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій

EN 1993 Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій

EN 1994 Єврокод 4: Проектування сталезалізобетонних конструкцій

EN 1995 Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1996 Єврокод 6: Проектування кам'яних конструкцій

EN 1997 Єврокод 7: Геотехнічне проектування

EN 1998 Єврокод 8: Проектування сейсмостійких конструкцій

EN 1999 Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій

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

### **СТАТУС ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЄВРОКОДІВ**

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

- як засіб доведення відповідності будівель і споруд основним вимогам директиви Ради 89/106/ЄЕС, зокрема основній вимозі №1 – Механічна стійкість та стабільність і основній вимозі №2 – Пожежна безпека;

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

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;

- 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 вироби<sup>3</sup>. 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 практичного використання всіх конструкцій та їх компонентів як традиційного, так і інноваційного характеру. Унікальні форми конструкції або умови проектування не охоплюються, і в таких випадках проектувальнику потрібен додатковий експертний розгляд.

---

2 Відповідно до ст. 3.3 документа CPD основні вимоги (ER) отримують конкретну форму у тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між основними вимогами та мандатами на гармонізовані EN і ETAGs/ETAs.

3 Відповідно до ст. 12 CPD тлумачні документи мають:

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

b) вказати методи встановлення співвідношення між цими класами або рівнями вимог з технічними вимогами, наприклад, методи розрахунку і перевірки, технічні правила проектування тощо;

c) слугувати як рекомендація для встановлення узгоджених стандартів і настанов для Європейського технічного ухвалення.

Єврокоди фактично відіграють подібну роль у сфері ER 1 і частині ER 2.

- 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>. 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 Eurocodes.

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

---

2 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.

3 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.

## **НАЦІОНАЛЬНІ СТАНДАРТИ, ЩО ВПРОВАДЖУЮТЬ ЄВРОКОДИ**

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

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

- значення для часткових коефіцієнтів і/або класи, де в Єврокодi даються альтернативи;
- значення, які слід використовувати, коли в Єврокодi надається тільки позначка;
- географічні і кліматичні специфічні дані країни, наприклад, карта снігу;
- процедура, яка використовується у випадку, коли альтернативні процедури обумовлені в Єврокодi;
- посилання на додаткову інформацію, яка не суперечить нормативним вимогам і допомагає при користуванні Єврокодами.

## **ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ЄВРОКОДАМИ ТА ГАРМОНІЗОВАНИМИ ТЕХНІЧНИМИ СПЕЦИФІКАЦІЯМИ (ENs та 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 CE-маркування будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, повинна чітко зазначати, які національно визначені параметри були взяті до уваги.

## **NATIONAL STANDARDS IMPLEMENTING EUROCODES**

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

The National annex (informative) may only contain information on those parameters which are left open in the Eurocode for national choice, known as Nationally Determined Parameters, to be used for the design of buildings and civil engineering works to be constructed in the country concerned, i.e.:

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

## **LINKS BETWEEN EUROCODES AND 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 should clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

<sup>4</sup> Див. ст. 3.3 і ст. 12 CPD, а також 4.2, 4.3.1, 4.3.2 та 5.2 ID 1.

<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 1993-3-1 ТА EN 1993-3-2

EN 1993-3 – це третя частина із шести частин EN 1993 – Проектування сталевих конструкцій – і описує принципи і правила застосування для безпеки довговічності і експлуатаційної придатності сталевих конструкцій, зокрема башт, щогл і димових труб. Башти і щогли детальніше в частині 3-1; димові труби – в частині 3-2.

У EN 1993-3 наведено вимоги до розрахунків, що доповнюють загальні вимоги, наведені у EN 1993-1.

EN 1993 призначений для використання з EN 1990 – Основи проектування, EN 1991 – Дії на конструкції і частини 1 документів від EN 1992 до EN 1998, де мова йде про сталеві конструкції або сталеві компоненти для башт, щогл і димових труб.

Вимоги, які вже наведені в тих документах, не повторюються.

EN 1993-3 використовується для наступного:

- ескізного проекту комісії приймального контролю для виробів та стандартів виконання;
- клієнтів (наприклад, для формулювання їх специфічних вимог);
- проектувальників та конструкторів;
- компетентних органів.

У EN 1993-3 числові значення для часткових коефіцієнтів та інших параметрів надійності рекомендуються як основні значення, що забезпечують прийнятний рівень надійності. Вони відібрані за умови забезпечення відповідного рівня кваліфікації та контролю якості.

Додаток В EN 1993-3-1 розроблено задля доповнення умов, викладених у EN 1991-1-4, для врахування вітрових дій на ґратчасті башти, щогли та димові труби з відтяжками.

Оскільки опори для повітряних ліній розглядаються як працюючі під вітровим навантаженням в сполученні з навантаженням від ожеледі, вимоги безпеки та спеціальні вимоги (як, наприклад, для провідників, ізоляцій та ізоляційних проміжків тощо) повністю викладені у CENELEC Code EN 50341, на який можна посилатися при виконанні розрахунків для подібних конструкцій.

Вимоги щодо міцності сталевих елементів, наведені у даному розділі, можна розглядати як правила, обов'язкові до виконання щодо

## ADDITIONAL INFORMATION SPECIFIC TO EN 1993-3-1 AND EN 1993-3-2

EN 1993-3 is the third part of six parts of EN 1993 – Design of Steel Structures – and describes the principles and application rules for the safety and serviceability and durability of steel structures for towers and masts and chimneys. Towers and masts are dealt with in Part 3-1; chimneys are treated in Part 3-2.

EN 1993-3 gives design rules in supplement to the generic rules in EN 1993-1.

EN 1993-3 is intended to be used with Eurocodes EN 1990 – Basis of design, EN 1991 – Actions on structures and the parts 1 of EN 1992 to EN 1998 when steel structures or steel components for towers and masts and chimneys are referred to.

Matters that are already covered in those documents are not repeated.

EN 1993-3 is intended for use by

- committees drafting design related product, testing and execution standards;
- clients (e.g. for the formulation of their specific requirements);
- designers and constructors;
- relevant authorities.

Numerical values for partial factors and other reliability parameters in EN 1993-3 are recommended as basic values that provide an acceptable level of reliability. They have been selected assuming that an appropriate level of workmanship and quality management applies.

Annex B of EN 1993-3-1 has been prepared to supplement the provisions of EN 1991-1-4 in respect of wind actions on lattice towers and guyed masts or guyed chimneys.

As far as overhead line towers are concerned all matters related to wind and ice loading, loading combinations, safety matters and special requirements (such as for conductors, insulators, clearance, etc.) are covered by the CENELEC Code EN 50341, that can be referred to for the design of such structures.

The strength requirements for steel members given in this Part may be considered as 'deemed to satisfy', rules to meet the requirements of

відповідності вимогам EN 50341 для опор повітряних ліній, і використовувати як альтернативний критерій до правил, наведених у даному стандарті.

Частина 3.2 підготована у співпраці з технічним комітетом CEN/TC 297: Димові труби, що вільностоять.

Було включено умови, що дозволяють використання різних часткових коефіцієнтів опору у випадку розрахунку конструкцій чи елементів за результатами експериментів.

### **НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДО EN 1993-3-1**

Цей стандарт надає альтернативні процедури, значення і рекомендації для класів із примітками, які можуть вказувати місце, де необхідно зробити національний вибір. Таким чином, національний стандарт, який впроваджує EN 1993-3-1, повинен мати Національний додаток, який включав би усі національно визначені параметри, які використовуються при проектуванні будівель та цивільних споруд, що будуть побудовані у відповідній країні.

Національним вибором дозволено ввійти до EN 1993-3-1 за допомогою пунктів:

- 2.1.1(3)P
- 2.3.1(1)
- 2.3.2(1)
- 2.3.6(2)
- 2.3.7(1)
- 2.3.7(4)
- 2.5(1)
- 2.6(1)
- 4.1(1)
- 4.2(1)
- 5.1(6)
- 5.2.4(1)
- 6.1(1)
- 6.3.1(1)
- 6.4.1(1)
- 6.4.2(2)
- 6.5.1(1)
- 7.1(1)
- 9.5(1)
- A.1(1)P
- A.2(1)P (2 місця)
- B.1.1(1)
- B.2.1.1(5)
- B.2.3(1)

EN 50341 for overhead line towers, and may be used as alternative criteria to the rules given in that Standard.

Part 3.2 has been prepared in collaboration with Technical Committee CEN/TC 297: Free standing chimneys.

Provisions have been included to allow for the possible use of a different partial factor for resistance in the case of those structures or elements the design of which has been the subject of an agreed type testing programme.

### **NATIONAL ANNEX FOR EN 1993-3-1**

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 1993-3-1 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 1993-3-1 through paragraphs:

- 2.1.1(3)P
- 2.3.1(1)
- 2.3.2(1)
- 2.3.6(2)
- 2.3.7(1)
- 2.3.7(4)
- 2.5(1)
- 2.6(1)
- 4.1(1)
- 4.2(1)
- 5.1(6)
- 5.2.4(1)
- 6.1(1)
- 6.3.1(1)
- 6.4.1(1)
- 6.4.2(2)
- 6.5.1(1)
- 7.1(1)
- 9.5(1)
- A.1(1)P
- A.2(1)P (2 places)
- B.1.1(1)
- B.2.1.1(5)
- B.2.3(1)

- B.2.3(3)
  - B.3.2.2.6(4)
  - B.3.3(1)
  - B.3.3(2)
  - B.4.3.2.2(2)
  - B.4.3.2.3(1)
  - B.4.3.2.8.1(4)
  - C.2(1)
  - C.6.(1)
  - D.1.1(1)
  - D.1.2(2)
  - D.3(6) (2 місця)
  - D.4.1(1)
  - D.4.2(3)
  - D.4.3(1)
  - D.4.4(1)
  - F.4.2.1(1)
  - F.4.2.2(2)
  - G.1(3)
  - H.2(5)
  - H.2(7).
- B.2.3(3)
  - B.3.2.2.6(4)
  - B.3.3(1)
  - B.3.3(2)
  - B.4.3.2.2(2)
  - B.4.3.2.3(1)
  - B.4.3.2.8.1(4)
  - C.2(1)
  - C.6.(1)
  - D.1.1(1)
  - D.1.2(2)
  - D.3(6) (2 places)
  - D.4.1(1)
  - D.4.2(3)
  - D.4.3(1)
  - D.4.4(1)
  - F.4.2.1(1)
  - F.4.2.2(2)
  - G.1(3)
  - H.2(5)
  - H.2(7).

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 1.1 Сфера застосування

#### 1.1.1 Сфера застосування Єврокоду 3

Див. 1.1.1 EN 1993-1-1.

#### 1.1.2 Галузь застосування частини 3-1 Єврокоду 3

(1) Дана частина 3.1 EN 1993 застосовується при проектуванні конструкцій ґратчастих башт і щогл з відтяжками, а також при проектуванні несучих конструкцій даного типу призматичних, циліндричних або інших, елементи яких створюють значний опір вітру. Умови щодо циліндричних опор, вільно стоячих та з відтяжками димових труб наведені в частині 3.2 EN 1993. Умови щодо відтяжок і конструкцій з відтяжками, включаючи димові труби з відтяжками, наведені в EN 1993-1-11, а також в даній частині.

(2) Положення даної частини EN 1993 доповнюють положення, наведені в частині 1.

(3) Якщо використання положення обмежено, пояснюється галузь його застосування і вказуються обмеження застосування з метою практичного використання і спрощення.

(4) У даній частині не розглядається проектування полігональних і циліндричних освітлювальних стовпів, які розглядаються в EN 40. Ґратчасті полігональні башти також не розглядаються в цій частині. Навантаження полігональних, посиленних листами опор може розраховуватися із застосуванням даної частини. Див. інформацію про міцність таких опор в EN 40.

(5) У даній частині не розглядаються спеціальні умови сейсмічного розрахунку, наведені в EN 1998-3.

(6) У даній частині не розглядаються спеціальні заходи, які можуть знадобитися для обмеження наслідків нещасних випадків. Щодо пожежної безпеки необхідно посилатися на EN 1993-1-2.

(7) Відносно виготовлення сталевих башт і щогл необхідно посилатися на EN 1090.

**Примітка.** Виготовлення розглядається в ступені, необхідному для визначення якості використаних конструкційних матеріалів, а також стандарту якості робіт на будівельному майданчику, який повинен відповідати припущенням правил проектування.

## 1 GENERAL

### 1.1 Scope

#### 1.1.1 Scope of Eurocode 3

See 1.1.1 of EN 1993-1-1.

#### 1.1.2 Scope of Part 3.1 of Eurocode 3

(1) This Part 3.1 of EN 1993 applies to the structural design of lattice towers and guyed masts and to the structural design of this type of structures supporting prismatic, cylindrical or other bluff elements. Provisions for self-supporting and guyed cylindrical towers and chimneys are given in Part 3.2 of EN 1993. Provisions for the guys of guyed structures, including guyed chimneys, are given in EN 1993-1-11 and supplemented in this Part.

(2) The provisions in this Part of EN 1993 supplement those given in Part 1.

(3) Where the applicability of a provision is limited, for practical reasons or due to simplifications, its use is explained and the limits of applicability are stated.

(4) This Part does not cover the design of polygonal and circular lighting columns, which is covered in EN 40. Lattice polygonal towers are not covered in this Part. Polygonal plated columns (monopoles) may be designed using this Part for their loading. Information on the strength of such columns may be obtained from EN 40.

(5) This Part does not cover special provisions for seismic design, which are given in EN 1998-3.

(6) Special measures that might be necessary to limit the consequences of accidents are not covered in this Part. For resistance to fire, reference should be made to EN 1993-1-2.

(7) For the execution of steel towers and masts, reference should be made to EN 1090.

**NOTE:** Execution is covered to the extent that is necessary to indicate the quality of the construction materials and products that should be used and the standard of workmanship on site needed to comply with the assumptions of the design rules.

## 1.2 Нормативні посилання

Нормативні документи, які наведені нижче, містять положення, які за допомогою посилань в тексті складають умови використання даного європейського стандарту. Якщо наведено датоване посилання на документ, то пізніші зміни або перегляди цього документа не використовуються. Проте заохочується, щоб сторони, які підписали угоди на основі даного європейського стандарту, вивчали можливість застосування найостанніших редакцій вказаних нижче нормативних документів. Якщо посилання недатоване, то застосовується останнє видання документа.

EN 40 Освітлювальні стовпи.

EN 365 Засоби індивідуального захисту від падіння з висоти. Загальні вимоги до інструкцій щодо застосування і обслуговування, періодичної перевірки, ремонту, маркування і упаковки.

EN 795 Захист від падіння з висоти. Пристрої анкерного кріплення. Вимоги і випробування.

EN 1090 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій.

EN ISO 1461 Гаряче цинкування сталевих і металевих виробів. Специфікації і методи випробувань.

EN ISO 14713 Захист від корозії заліза і сталі в конструкціях. Цинкові і алюмінієві покриття. Настанова.

ISO 12494 Обмерзання будівельних конструкцій внаслідок атмосферного впливу.

EN ISO 12944 Корозійний захист сталевих конструкцій за допомогою захисних лакофарбних систем.

## 1.3 Допущення

(1) Див. 1.3 EN 1993-1-1.

## 1.4 Відмінності між принципами і правилами застосування

(1) Див. 1.4 EN 1993-1-1.

## 1.5 Терміни і визначення

(1) У даній частині 3.1 EN 1993 застосовуються терміни і визначення, наведені в 1.5 стандарту EN 1990 для загального використання в Єврокодах.

## 1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this European Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this European Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies.

EN 40 Lighting columns.

EN 365 Personal protective equipment against falls from a height. General requirements for instructions for use, maintenance, periodic examination, repair, marking and packaging.

EN 795 Protection against falls from a height. Anchor devices. Requirements and testing.

EN 1090 Execution of steel structures and aluminium structures.

EN ISO 1461 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles. Specifications and test methods.

EN ISO 14713 Protection against corrosion of iron and steel in structures. Zinc and aluminium coatings. Guidelines.

ISO 12494 Atmospheric icing of structures.

EN ISO 12944 Corrosion protection of steel structures by protective paint systems.

## 1.3 Assumptions

(1) See 1.3 of EN 1993-1-1.

## 1.4 Distinction between principles and application rules

(1) See 1.4 of EN 1993-1-1.

## 1.5 Terms and definitions

(1) The terms and definitions that are defined in EN 1990 clause 1.5 for common use in the Structural Eurocodes apply to this Part 3.1 of EN 1993.



(2) Додатково до частини 1 EN 1993 в даній частині 3.1 використовуються наступні визначення

#### **1.5.1 загальний розрахунок**

Визначення набору внутрішніх зусиль і моментів у конструкції, які знаходяться у стані рівноваги з конкретним набором дій на конструкцію

#### **1.5.2 башта**

Вільно стояча консольна сталева ґратчаста конструкція трикутної, квадратної або прямокутної форми у плані, або круглі та полігональні стовпи

#### **1.5.3 щогла з відтяжками**

Сталева ґратчаста конструкція трикутної, квадратної або прямокутної форми у плані, або циліндрична сталева конструкція, розчленована з певним інтервалом по висоті за допомогою відтяжок, прикріплених до ґрунту або до капітальної споруди

#### **1.5.4 стовбур**

Вертикальна сталева конструкція щогли

#### **1.5.5 пояси**

Сталеві елементи, що формують основні несучі компоненти конструкції

#### **1.5.6 основні в'язеві елементи**

Елементи, крім поясів, які сприймають зусилля, що виникають в результаті навантажень, які діють на конструкцію

#### **1.5.7 допоміжні в'язеві елементи**

Елементи, що використовуються для зменшення розрахункової довжини інших елементів

#### **1.5.8 кутиковий профіль зігнутий**

Модифікований 90° рівнобічний гарячекатаний кутик, кожна полиця якого зігнута під кутом 15° таким чином, що кут між зовнішньою частиною кожної полиці і віссю симетрії складає 30° (див. рисунок 1.1)

#### **1.5.9 аеродинамічний опір**

Опір потоку повітря елементів башти або щогли з відтяжками і будь-яких допоміжних опорних пристроїв, розрахований на основі коефіцієнта опору і розрахункової площі елементів, з урахуванням ожеледі за необхідності

#### **1.5.10 лінійний службовий елемент**

Будь-які неконструкційні елементи, розташовані на декількох панелях, такі, як хвилеводи, фідери, сходи і трубопроводи.

(2) Supplementary to Part 1 of EN 1993, for the purposes of this Part 3.1, the following definition apply:

#### **1.5.1 global analysis**

the determination of a consistent set of internal forces and moments in a structure, that are in equilibrium with a particular set of actions on the structure.

#### **1.5.2 tower**

a self-supporting cantilevered steel lattice structure of triangular, square or rectangular plan form, or circular and polygonal monopoles.

#### **1.5.3 guyed mast**

a steel lattice structure of triangular, square or rectangular plan form, or a cylindrical steel structure, stabilized at discrete intervals in its height by guys that are anchored to the ground or to a permanent structure.

#### **1.5.4 shaft**

the vertical steel structure of a mast.

#### **1.5.5 leg members**

steel members forming the main load-bearing components of the structure.

#### **1.5.6 primary bracing members**

members other than legs, carrying forces due to the loads imposed on the structure.

#### **1.5.7 secondary bracing members**

members used to reduce the buckling lengths of other members.

#### **1.5.8 schifflerized angles**

modified 90° equal-leg hot rolled angles, each leg of which has been bent to incorporate a 15° bend such that there is an angle of 30° between the outer part of each leg and the axis of symmetry (see Figure 1.1).

#### **1.5.9 wind drag**

the resistance to the flow of wind offered by the elements of a tower or guyed mast and any ancillary items that it supports, given by the product of the drag coefficient and a reference projected area, including ice where relevant.

#### **1.5.10 linear ancillary item**

any non-structural components that extend over several panels, such as waveguides, feeders, ladders and pipework.

#### **1.5.11 окремий службовий елемент**

Будь-які неконструкційні елементи, зібрані з декількох панелей, такі як тарілкові відбивачі, антени, системи освітлення, платформи, поручні, ізолятори і інші вироби.

#### **1.5.12 проєкційна площа**

Тіньова площа даного елемента, спроектована на площину, паралельну грані конструкції, нормальній до напрямку вітру, включаючи ожеледь за необхідності. Якщо напрям вітру не є нормальним до однієї з граней конструкції, проєкційна площа обраховується з використанням розглядуваної грані конструкції (див. додаток А і додаток В)

#### **1.5.13 панель (башти або щогли)**

Будь-яка відповідна частина башти або щогли, виділена по вертикалі з метою визначення розрахункової площі та аеродинамічного опору. Панелі зазвичай, але необов'язково, розташовані між точками перетину поясів і основних в'язевих елементів

#### **1.5.14 секція (башти або щогли)**

Будь-яка частина башти або щогли, що складається з декількох схожих або однакових панелей, яка використовується для визначення аеродинамічного опору

#### **1.5.15 відтяжка**

Елемент, що працює тільки на розтяг, приєднаний кожним із своїх кінців до кінцевих пристроїв, з метою створити систему відтяжок, яка забезпечує горизонтальному підтримку щогли на окремих рівнях. Нижній кінець відтяжки закріплюється до ґрунту або конструкції і включає, як правило, пристрій для регулювання натягу відтяжки

**Примітка 1.** Хоча терміни "відтяжка" і "розпірка" зазвичай взаємозамінні, в даному документі використовується слово "відтяжка".

**Примітка 2.** Спеціальні визначення відтяжок, їх структура і арматура наведені в додатку D.

#### **1.5.16 гасій коливаль**

Пристрій, що збільшує конструкційне демпфування, обмежуючи таким чином реакцію конструкції або відтяжки

### **1.6 Позначки**

(1) В доповнення до термінів, наведених в стандарті EN 1993-1-1, застосовуються наступні позначки.

#### **1.5.11 discrete ancillary item**

any non-structural component that is concentrated within a few panels, such as dish reflectors, aerials, lighting, platforms, handrails, insulators and other items.

#### **1.5.12 projected area**

the shadow area of the element considered, when projected on to an area parallel to the face of the structure normal to the wind direction considered, including ice where relevant. For wind blowing other than normal to one face of the structure, a reference face is used for the projected area. (See Annex A and Annex B.)

#### **1.5.13 panel (of a tower or mast)**

any convenient portion of a tower or mast that is subdivided vertically for the purpose of determining projected areas and wind drag. Panels are typically, but not necessarily, taken between inter-sections of legs and primary bracings.

#### **1.5.14 section (of a tower or mast)**

any convenient portion of a tower or mast comprising several panels that are nearly or exactly similar, used for the purpose of determining wind drag.

#### **1.5.15 guy**

a tension-only member, connected at each end to terminations to form a guy assembly that provides horizontal support to the mast at discrete levels. The lower end of the guy assembly is anchored to the ground or on a structure and generally incorporates a means of adjusting the tension in the guy.

NOTE 1: Although the terms "stay" and "guy" are generally interchangeable, the word "guy" has been used throughout this document.

NOTE 2: Specific definitions of guys, their make-up and fittings, are provided in Annex D.

#### **1.5.16 damper**

a device that increases the structural damping and thus limits the response of a structure or of a guy.

### **1.6 Symbols**

(1) In addition to those given in EN 1993-1-1, the following main symbols are used:

### **Латинські великі літери**

$D_b$  діаметр кола (через центр болтового отвору)

$D_i$  діаметр опорного пояса

$G$  коефіцієнт вітрового тиску, який враховує пульсації

$M$  згинальний момент

$N$  розтягувальна сила, кількість циклів

$N_i$  кількість циклів

$N_b$  осьова сила

$T$  проектний строк експлуатації конструкції в роках

### **Латинські малі літери**

$b$  ширина полиці кутика

$c_e(z)$  коефіцієнт пульсацій

$c_s c_d$  конструкційний коефіцієнт

$e$  ексцентриситет

$h$  ширина полиці кутика

$k_p$  коефіцієнт ефекту важеля

$k_\sigma$  коефіцієнт втрати стійкості

$m$  нахил кривої S-N

$n$  кількість болтів

$r_1$  радіус випуклої частини опори

$r_2$  радіус увігнутої частини опори

$t$  товщина

### **Грецькі великі літери**

$\phi$  нахил осі щогли в основі

$\Delta\sigma_E$  діапазон напружень

### **Грецькі малі літери**

$\beta_A$  коефіцієнт ефективної площі

$\gamma_M$  частковий коефіцієнт

$\delta_s$  логарифмічний декремент конструкційного демпфування

$\varepsilon$  коефіцієнт, залежний від  $f_y$

$\bar{\lambda}$  параметр безрозмірної гнучкості, коефіцієнт еквівалентності

$\bar{\lambda}_p$  безрозмірна гнучкість при втраті стійкості листа

$\bar{\lambda}_{p,1}$  параметр безрозмірної гнучкості при втраті стійкості пояса 1-го кутика

### **Latin upper case letters**

$D_b$  diameter of the circle through the centre of the bolt hole

$D_i$  diameter of the leg member

$G$  gust response factor

$M$  bending moment

$N$  tension force, number of cycles

$N_i$  number of cycles

$N_b$  axial force

$T$  design life of the structure in years

### **Latin lower case letters**

$b$  width of a leg of an angle

$c_e(z)$  exposure factor

$c_s c_d$  structural factor

$e$  eccentricities

$h$  width of a leg of an angle

$k_p$  prying effect factor

$k_\sigma$  buckling coefficient

$m$  slope of the S-N curve

$n$  number of bolts

$r_1$  radius of the convex part of the bearing

$r_2$  radius of the concave part of the bearing

$t$  thickness

### **Greek upper case letters**

$\phi$  is the inclination of the mast axis at its base

$\Delta\sigma_E$  stress range

### **Greek lower case letters**

$\beta_A$  factor for effective area

$\gamma_M$  partial factor

$\delta_s$  logarithmic decrement of structural damping

$\varepsilon$  coefficient depending on  $f_y$

$\bar{\lambda}$  non-dimensional slenderness parameter, equivalence factor

$\bar{\lambda}_p$  non-dimensional slenderness for plate buckling

$\bar{\lambda}_{p,1}$  non-dimensional slenderness parameter for plate buckling of leg 1 of angle

$\bar{\lambda}_{p,2}$  параметр безрозмірної гнучкості при втраті стійкості пояса 2-го кутика

$\rho$  понижувальний коефіцієнт

(2) Визначення додаткових використовуваних познач наводиться за їх першою появи.

### 1.7 Умовні позначки осей елементів конструкцій

(1) Умовні позначення осей кутових профілів, які прийняті в даній частині EN 1993, відповідають наведеним на рисунку 1.1.

**Примітка.** Це усуває плутанину при затвердженні різних умовних позначок гарячекатаних і холодногнутих кутиків.

(2) Умовні позначки осей наведені на рисунку 6.9 EN 1993-1-1.

$\bar{\lambda}_{p,2}$  non-dimensional slenderness parameter for plate buckling of leg 2 of angle

$\rho$  reduction factor

(2) Further symbols are defined where they first occur.

### 1.7 Convention for cross section axes

(1) The convention for axes of angle sections adopted in this Part of EN 1993 is as shown in Figure 1.1.

**NOTE:** This avoids the confusion inherent in adopting different conventions for hot rolled angles and cold formed angles.

(2) For built-up members the convention for axes is that of Figure 6.9 of EN 1993-1-1.

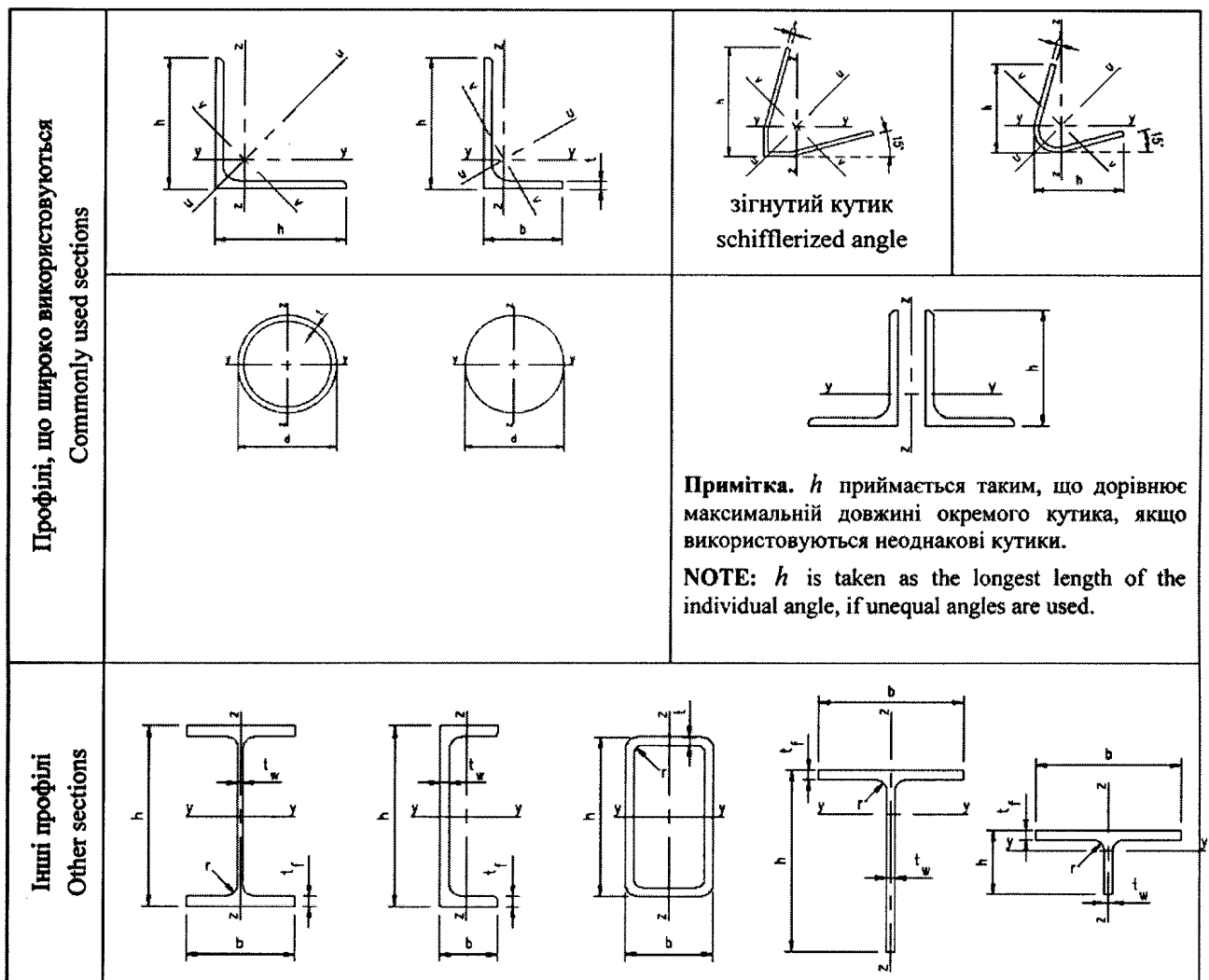


Рисунок 1.1 – Розміри та осі перерізів

Figure 1.1 – Dimensions and axes of sections

## 2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Вимоги

#### 2.1.1 Основні вимоги

(1)Р Проектування сталевих башт і щогл з відтяжками повинне відповідати загальним правилам, наведеним в EN 1990.

(2) Також необхідно застосовувати додаткові умови проектування сталевих конструкцій, наведені в EN 1993-1-1.

(3)Р Крім того, щогли з відтяжками для підвищення їх надійності (згідно з визначенням в 2.1.2) необхідно проектувати так, щоб можна було уникнути втрати стійкості при розриві однієї відтяжки.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена інформація про розрив відтяжки. Рекомендується використовувати настанову, наведену в додатку E.

#### 2.1.2 Забезпечення надійності

(1) Можуть бути прийняті різні рівні надійності при перевірці граничного стану за несучою здатністю башт і щогл залежно від можливих економічних і соціальних наслідків їх руйнування.

**Примітка.** Визначення різних рівнів надійності див. в додатку A.

### 2.2 Принципи розрахунку за граничними станами

(1) Див. 2.2 EN 1993-1-1.

### 2.3 Дії та впливи навколишнього середовища

#### 2.3.1 Вітрові дії

(1) Вітрові дії див. в EN 1991-1-4.

**Примітка.** В Національному додатку може бути вказано, яким чином можна доповнити EN 1991-1-4 інформацією про башти і щогли. Рекомендується використовувати додаткові правила, викладені в додатку B.

#### 2.3.2 Навантаження від ожеледі

(1) Дії від ожеледі необхідно розглядати щодо їх впливу як на центр ваги, так і на вітрові дії.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені дані про навантаження від ожеледі, відповідної товщини льоду, щільності і розподілу, а також відповідні сполучення, коефіцієнти сполучення дій на башти і щогли. Рекомендується використовувати додаток C.

## 2 BASIS OF DESIGN

### 2.1 Requirements

#### 2.1.1 Basic requirements

(1)P The design of steel towers and guyed masts shall be in accordance with the general rules given in EN 1990.

(2) The provisions for steel structures given in EN 1993-1-1 should also be applied.

(3)P In addition, guyed masts of high reliability (as defined in 2.1.2) shall be designed to withstand the rupture of one guy without collapsing.

NOTE: The National Annex may give information on guy rupture. It is recommended to use the guidance given in Annex E.

#### 2.1.2 Reliability management

(1) Different levels of reliability may be adopted for the ultimate limit state verifications of towers and masts, depending on the possible economic and social consequences of their collapse.

NOTE: For the definition of different levels of reliability see Annex A.

### 2.2 Principles of limit state design

(1) See 2.2 of EN 1993-1-1.

### 2.3 Actions and environmental influences

#### 2.3.1 Wind actions

(1) Wind actions should be taken from EN 1991-1-4.

NOTE: The National Annex may give information on how EN 1991-1-4 could be supplemented for masts and towers. The use of the additional rules given in Annex B is recommended.

#### 2.3.2 Ice loads

(1) Actions from ice should be considered both by their gravity effects and their effect on wind actions.

NOTE: The National Annex may give information on ice loading, the appropriate ice thicknesses, densities and distributions and appropriate combinations, and combination factors for actions on towers and masts. The use of Annex C is recommended.

### 2.3.3 Теплові дії

(1) Теплові дії визначаються відповідно до EN 1991-1-5 на основі температур навколишнього середовища.

### 2.3.4 Власна вага

(1) Власна вага визначається відповідно до EN 1991-1-1.

(2) Власна вага відтяжок визначається відповідно до EN 1993-1-11.

### 2.3.5 Початкові натяги відтяжок

(1) Початкові натяги відтяжок повинні розглядатися як постійно діючі сили у відтяжках за відсутності дії метеорологічних чинників, див. EN 1993-1-11.

(2) Необхідно забезпечити регулювання початкових натягів відтяжок. За відсутності регулювання при проектуванні необхідно передбачити належні допуски для всього можливого діапазону початкових натягів, див. EN 1993-1-11.

### 2.3.6 Тимчасові навантаження

(1) Елементи, розташовані під кутом  $30^\circ$  до горизонталі, повинні проектуватися так, щоб вони витримували вагу людини, яка приймається як зосереджене вертикальне навантаження  $1 \text{ kN}$ .

(2) Необхідно враховувати тимчасові навантаження на платформи і огорожі.

**Примітка 1.** В Національному додатку можуть бути наведені дані про тимчасові навантаження на платформи і огорожі. Рекомендуються наступні характеристики тимчасових навантажень:

– тимчасове навантаження на платформи:  
 $2,0 \text{ kN/m}^2$  (2.1a)

– горизонтальне навантаження на огорожі:  
 $0,5 \text{ kN/m}$  (2.1b)

**Примітка 2.** Допускається, що ці навантаження діють за відсутності інших кліматичних навантажень.

### 2.3.7 Інші дії

(1) Аварійні й ударні дії див. в EN 1991-1-7.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені дані про вибір аварійних дій.

(2) Дії при виготовленні повинні розглядатися з урахуванням конструкційної схеми. Належні сполучення навантажень і понижувальні коефіцієнти див. в EN 1991-1-6.

**Примітка.** Може бути розглянутий обмежений час для перехідних розрахункових ситуацій.

### 2.3.3 Thermal actions

(1) Thermal actions should be determined from EN 1991-1-5 for environmental temperatures.

### 2.3.4 Selfweight

(1) Selfweight should be determined in accordance with EN 1991-1-1.

(2) Selfweight of guys should be determined in accordance with EN 1993-1-11.

### 2.3.5 Initial guy tensions

(1) The initial guy tensions should be considered as permanent forces, existing in the guys in the absence of meteorological actions, see EN 1993-1-11.

(2) Adjustment for initial guy tensions should be provided. If not, due allowance should be taken in design for the range of initial tensions that might arise, see EN 1993-1-11.

### 2.3.6 Imposed loads

(1) Members that are within  $[30^\circ]$  to the horizontal should be designed to carry the weight of a workman which for this purpose may be taken as a concentrated vertical load of  $1 \text{ kN}$ .

(2) Imposed loads on platforms and railing should be taken into account.

**NOTE 1:** The National Annex may give information on imposed loads on platforms and railings. The following characteristic imposed loads are recommended:

– Imposed loads on platforms:  $2,0 \text{ kN/m}^2$  (2.1a)

– Horizontal loads on railings:  $0,5 \text{ kN/m}$  (2.1b)

**NOTE 2:** These loads may be assumed to act in the absence of other climatic loads.

### 2.3.7 Other actions

(1) For accidental and collision actions see EN 1991-1-7.

**NOTE:** The National Annex may give information on the choice of accidental actions.

(2) Actions during execution should be considered taking due account of the construction scheme. The appropriate load combinations and reduction factors may be obtained from EN 1991-1-6.

**NOTE:** The limited time for transient design situations may be considered.

(3) Необхідно провести оцінку осідання фундаменту у випадку, коли це необхідно. Може знадобитися особливий розгляд ґратчастих башт на пальових основах, а також нерівномірного осідання фундаментів щогли і відтяжок.

(4) Дії в результаті кріплення і анкерування устаткування для оцінки безпеки можна визначити відповідно до EN 795. Якщо запропонований безпечний метод роботи вимагає застосування системи робочого позиціонування або мобільних систем захисту від падіння з висоти, точки їх кріплення повинні бути належними, див. EN 365.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

### **2.3.8 Розподіл дій**

(1) Необхідно враховувати навантаження по довжині елемента, включаючи вітрові або власну вагу конструкції, включаючи постійні навантаження на інші закріплені до нього елементи.

## **2.4 Перевірка граничних станів за несучою здатністю**

(1) Розрахункові значення дій і коефіцієнти сполучення навантажень див. в EN 1990.

**Примітка.** Часткові коефіцієнти дій в граничному стані за несучою здатністю див. в додатку А.

(2) Часткові коефіцієнти навантаження від власної ваги і початкового натягу відтяжок повинні відповідати наведеним в EN 1993-1-11.

## **2.5 Проектування в комплексі з випробуваннями**

(1) Необхідно виконувати загальні вимоги, визначені в EN 1990, а також особливі вимоги, викладені в розділі 8 даної частини 3.1 EN 1993.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація відносно конструкцій або елементів, що підлягають випробуванням за узгодженою повномасштабною програмою, див. 6.1.

## **2.6 Довговічність**

(1) Довговічність повинна враховувати втому (див. розділ 9) і відповідний антикорозійний захист (див. розділ 4).

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація щодо проектного строку експлуатації конструкції. Рекомендований експлуатаційний строк служби 30 років.

(3) Where considered necessary, actions from settlement of foundations should be assessed. Special considerations may be required for lattice towers founded on individual leg foundations and for differential settlement between the mast base and any guy foundations.

(4) Actions arising from the fitting and anchoring of safety access equipment may be determined with reference to EN 795. Where the proposed safe method of working requires the use of Work Positioning Systems or mobile fall arrest systems points of attachment should be adequate, see EN 365.

NOTE: The National Annex may give further information.

### **2.3.8 Distribution of actions**

(1) The loads along the member length including wind or dead loading on other members framing into the member should be considered.

## **2.4 Ultimate limit state verifications**

(1) For design values of actions and combination factors see EN 1990.

NOTE: For partial factors for actions in the ultimate limit state see Annex A.

(2) The partial factors for gravity loads and initial tensions in guys should be taken as specified in EN 1993-1-11.

## **2.5 Design assisted by testing**

(1) The general requirements specified in EN 1990 should be satisfied, in association with the specific requirements given in Section 8 of this Part 3.1 of EN 1993.

NOTE: The National Annex may give further information for structures or elements that are subject to an agreed full-scale testing programme, see 6.1.

## **2.6 Durability**

(1) Durability should be satisfied by complying with the fatigue assessment (see section 9) and appropriate corrosion protection (see section 4).

NOTE: The National Annex may give information on the design service life of the structure. A service life of 30 years is recommended.

### 3 МАТЕРІАЛИ

#### 3.1 Конструкційна сталь

(1) Вимоги до конструкційної сталі та її характеристики див. в EN 1993-1-1 і EN 1993-1-3.

(2) Вимоги до в'язкості див. в EN 1993-1-10.

#### 3.2 З'єднання

(1) Вимоги до болтів і витратних матеріалів для зварювання, а також їх характеристики див. в EN 1993-1-8.

#### 3.3 Відтяжки і арматура

(1) Вимоги до тросів, кабелів, дроту і арматури, а також їх характеристики див. в EN 1993-1-11.

**Примітка.** Див. також додаток D.

### 4 ДОВГОВІЧНІСТЬ

#### 4.1 Допуски на корозію

(1) Необхідно забезпечити належний антикорозійний захист залежно від розташування конструкції, проектного строку її експлуатації і режиму техобслуговування.

**Примітка 1.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

**Примітка 2.** Див. також:

- EN ISO 1461 – для цинкування,
- EN ISO 14713 – для напилення металу,
- EN ISO 12944 – для корозійного захисту за допомогою фарбування.

#### 4.2 Відтяжки

(1) Настанову з корозійного захисту відтяжок див. в EN 1993-1-11.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація. Рекомендуються наступні способи захисту:

**Залежно від умов навколишнього середовища троси відтяжок виготовляються з оцинкованих сталевих дротів, на яких необхідно наносити ще один захисний шар (мастило або фарба). Особливу увагу необхідно звернути на забезпечення сумісності такого захисного шару із змащувальними матеріалами, використаними при виробництві тросів.**

**Як альтернативний захисний засіб для оцинкованих сталевих канатів діаметром до 20 мм можна застосовувати поліпропіленове просочення. В цьому випадку додаткового захисту не вимагається, якщо при зведенні і експлуатації не пошкоджена оболонка. Необхідно при проектуванні звернути увагу на кінцеві з'єднання з метою забезпечення належного корозійного захисту. Неімпрегновані троси в оболонці не застосовувати через ризик невчасного виявлення корозії.**

### 3 MATERIALS

#### 3.1 Structural steel

(1) For requirements and properties for structural steel, see EN 1993-1-1 and EN 1993-1-3.

(2) For toughness requirements see EN 1993-1-10.

#### 3.2 Connections

(1) For requirements and properties for bolts and welding consumables, see EN 1993-1-8.

#### 3.3 Guys and fittings

(1) For requirements and properties of ropes, strands, wires and fittings see EN 1993-1-11.

NOTE: See also Annex D.

### 4 DURABILITY

#### 4.1 Allowance for corrosion

(1) Suitable corrosion protection, appropriate to the location of the structure, its design life and maintenance regime, should be provided.

NOTE 1: The National Annex may give further information.

NOTE 2: See also:

- EN ISO 1461 for galvanising,
- EN ISO 14713 for metal spraying and
- EN ISO 12944 for corrosion protection by painting.

#### 4.2 Guys

(1) For guidance on the corrosion protection of guys see EN 1993-1-11.

NOTE: The National Annex may give further information. The following measures are recommended:

Dependent on the environmental conditions guy ropes made from galvanized steel wires should be given a further layer of protection, such as grease or paint. Care should be taken to ensure that this protective layer is compatible with the lubricant used in the manufacture of the guy ropes.

As an alternate means of protection galvanised steel ropes of diameter up to 20 mm may be protected by polypropylene impregnation in which case they do not need further protection unless the sheath is damaged during erection and use. Care needs to be taken in designing the terminations to ensure adequate corrosion protection. Non-impregnated sheathed ropes should not be used because of the risk of corrosion taking place undetected.



Поліпропіленове покриття може бути пошкоджене блискавкою.

## 5 КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК

### 5.1 Моделювання з метою визначення наслідків дій

(1) Внутрішні сили і моменти необхідно визначати, використовуючи загальний пружний розрахунок.

(2) Загальний пружний розрахунок див. в EN 1993-1-1.

(3) У розрахунку можна використовувати характеристики перерізів бруто.

(4) Необхідно враховувати характеристики деформації основ при проектуванні конструкції.

(5) Якщо деформація має істотні наслідки (наприклад, в баштах з великим навантаженням вершини), необхідно застосовувати теорію другого порядку, див. EN 1993-1-1.

**Примітка 1.** На початковій стадії ґратчасті опори можна розраховувати, використовуючи початкові геометричні дані (теорія першого порядку).

**Примітка 2.** Розрахунок щогл і димових труб з відтяжками проводиться з урахуванням наслідків деформацій (теорія другого порядку).

**Примітка 3.** Загальну втрату стійкості симетричних щогл див. в B.4.3.2.6.

(6) Загальний розрахунок щогл і димових труб з відтяжками проводиться з урахуванням нелінійних характеристик відтяжок, див. EN 1993-1-11.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

### 5.2 Моделювання з'єднань

#### 5.2.1 Основні положення

(1) В загальному і локальному розрахунках конструкції необхідно враховувати характеристики з'єднань.

**Примітка.** Порядок розрахунку з'єднань наведений в EN 1993-1-8.

#### 5.2.2 Повністю триангульовані конструкції (ферми з трикутними ґратками)

(1) Можна припустити, що у фермах з трикутними ґратками з'єднання елементів не сприймають моменти. У загальному розрахунку можна припустити, що елементи ефективно закріплені болтовим (шарнірним) з'єднанням.

Lightning may locally damage the polypropylene coating.

## 5 STRUCTURAL ANALYSIS

### 5.1 Modelling for determining action effects

(1) The internal forces and moments should be determined using elastic global analysis.

(2) For elastic global analysis see EN 1993-1-1.

(3) Gross cross-sectional properties may be used in the analysis.

(4) Account should be taken of the deformation characteristics of the foundations in the design of the structure.

(5) If deformations have a significant effect (for example towers with large head-loads) second order theory should be used, see EN 1993-1-1.

NOTE 1: Lattice towers may initially be analysed using the initial geometry (first order theory).

NOTE 2: Masts and guyed chimneys should be analysed taking into account the effect of deformations on the equilibrium conditions (second order theory).

NOTE 3: For the overall buckling of symmetric masts see B.4.3.2.6.

(6) The global analysis of a mast or guyed chimneys should take into account the non-linear behaviour of the guys, see EN 1993-1-11.

NOTE: The National Annex may give further information.

### 5.2 Modelling of connections

#### 5.2.1 Basis

(1) The behaviour of the connections should be considered in the global and local analysis of the structure.

NOTE: The procedure for the analysis of connections is given in EN 1993-1-8.

#### 5.2.2 Fully triangulated structures (Simple framing)

(1) In simple framing the connections between the members may be assumed not to develop moments. In the global analysis, members may be assumed to be effectively pin connected.

- (2) З'єднання повинні відповідати вимогам до номінальних болтових (шарнірних) з'єднань – як вказано в 5.2.2.2 EN 1993-1-8; – або як вказано в 5.2.3.2 EN 1993-1-8.

### 5.2.3 Нетріангульовані конструкції (нерозрізні ґратки)

- (1) Пружний розрахунок повинен ґрунтуватися на допущенні повної нерозрізності жорстких з'єднань відповідно до вимог 5.2.2.3 EN 1993-1-8.

### 5.2.4 Триангульовані конструкції з урахуванням нерозрізності (нерозрізні або напіврозрізні ґратки)

- (1) Пружний розрахунок повинен ґрунтуватися на точно передбачених розрахункових характеристиках "момент-поворот" або "сила-зсув" для використовуваних з'єднань.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

## 6 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ

### 6.1 Загальні положення

- (1) Застосовуються наступні частинні коефіцієнти  $\gamma_M$ :

- опір елемента текучості:  $\gamma_{M0}$
- опір елемента стійкості:  $\gamma_{M1}$
- опір перерізу нетто у болтових отворах:  $\gamma_{M2}$
- опір з'єднань: див. розділ 6.4
- опір відтяжок та їх кріплень:  $\gamma_{Mg}$ , див. EN 1993-1-11
- опір ізоляційних матеріалів:  $\gamma_{Mi}$

**Примітка 1.** В Національному додатку можуть бути визначені частинні коефіцієнти  $\gamma_M$ . Рекомендуються наступні числові значення:

$$\begin{aligned}\gamma_{M0} &= 1,00, \\ \gamma_{M1} &= 1,00, \\ \gamma_{M2} &= 1,25, \\ \gamma_{Mg} &= 2,00, \\ \gamma_{Mi} &= 2,50.\end{aligned}$$

**Примітка 2.** Коефіцієнт  $\gamma_{Mg}$  застосовується щодо відтяжки і сполучної муфти (або іншого кріплення). Відповідні сталеві штирі, з'єднання і плити проектується з урахуванням сумісності з відтяжкою і муфтою, тому може знадобитися збільшене значення  $\gamma_{Mg}$ . Докладні дані див. в EN 1993-1-11.

**Примітка 3.** Щодо конструкцій або елементів, що підлягають типовим випробуванням, або аналогічних конфігурацій, які пройшли попередні випробування, коефіцієнт  $\gamma_M$  можна зменшити залежно від результатів випробувань.

- (2) The connections should satisfy the requirements for nominally pinned connections, either: – as given in 5.2.2.2 of EN 1993-1-8; or – as given in 5.2.3.2 of EN 1993-1-8.

### 5.2.3 Non-triangulated structures (Continuous framing)

- (1) Elastic analysis should be based on the assumption of full continuity, with rigid connections which satisfy the requirements given in 5.2.2.3 of EN 1993-1-8.

### 5.2.4 Triangulated structures where continuity is taken into account (continuous or semi-continuous framing)

- (1) Elastic analysis should be based on reliably predicted design moment-rotation or force-displacement characteristics for the connections used.

NOTE: The National Annex may give further information.

## 6 ULTIMATE LIMIT STATES

### 6.1 General

- (1) The following partial factors  $\gamma_M$  apply:

- resistance of member to yielding:  $\gamma_{M0}$
- resistance of member buckling:  $\gamma_{M1}$
- resistance of net section at bolt holes:  $\gamma_{M2}$
- resistance of connections: See Section 6.4
- resistance of guys and their terminations:  $\gamma_{Mg}$ , see EN 1993-1-11
- resistance of insulating material:  $\gamma_{Mi}$

NOTE 1: The National Annex may give information on partial factors  $\gamma_M$ . The following values are recommended:

$$\begin{aligned}\gamma_{M0} &= 1,00, \\ \gamma_{M1} &= 1,00, \\ \gamma_{M2} &= 1,25, \\ \gamma_{Mg} &= 2,00, \\ \gamma_{Mi} &= 2,50.\end{aligned}$$

NOTE 2: The factor  $\gamma_{Mg}$  applies to the guy and its socket (or other termination). The associated steel pins, linkages and plates are designed for compatibility with the guy and its socket and may require an enhanced value of  $\gamma_{Mg}$ . For details see EN 1993-1-11.

NOTE 3: For structures or elements that are to be type tested, or where similar configurations have previously been type tested the partial factors,  $\gamma_M$ , may be reduced, subject to the outcome of the testing programme.

## 6.2 Опір перерізів

### 6.2.1 Класифікація перерізів

(1) Щодо щогл і башт застосовується класифікація перерізів, як наведено в 5.5.2 EN 1993-1-1.

**Примітка.** Максимальне співвідношення "ширина-товщина"  $c/t$  для кутиків, вказане в таблиці 5.2 EN 1993-1-1, може бути визначено співвідношенням  $(h - 2t)/t$  замість  $h/t$ .

### 6.2.2 Елементи ґратчастих башт і щогл

(1) Спеціальні умови щодо кутиків, з'єднаних однією полицею, наведені в 3.10.3 EN 1993-1-8 (болтове з'єднання) або 4.13 (зварне з'єднання).

### 6.2.3 Відтяжки та арматура

(1) Міцність відтяжок та арматури див. в EN 1993-1-11 і в додатку D.

## 6.3 Опір елементів

### 6.3.1 Стиснуті елементи

(1) Проектування стиснутих елементів ґратчастих башт і щогл проводиться з використанням одного з двох наступних способів:

а) метод відповідно до умов додатка G і додатка H;

б) метод, наведений в EN 1993-1-1, з урахуванням ексцентриситетів.

**Примітка 1.** Метод, наведений в EN 1993-1-1, В.1.2(2)В додатка В, може давати консервативні (із запасом) результати опору втраті стійкості елементів ґратчастих башт і щогл.

**Примітка 2.** В Національному додатку може бути зроблений вибір методу.

(2) Характеристики ефективного перерізу елементів необхідно розраховувати згідно з 4.3 EN 1993-1-5.

**Примітка 1.** Коефіцієнт зменшення  $\rho$  для кутика можна визначити на основі гнучкості  $\bar{\lambda}_\rho$  з урахуванням належної ширини  $\bar{b}$  стиснутої полиці таким чином:

а) рівнобічний кутик:

$$\bar{\lambda}_\rho = \frac{\bar{b} / t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{(h - 2t) / t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}};$$

б) нерівнобічний кутик

$$\bar{\lambda}_{\rho,1} = \frac{\bar{b} / t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{(h - 2t) / t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}}; \text{ та (and)}$$

## 6.2 Resistance of cross sections

### 6.2.1 Classification of cross sections

(1) For towers and masts, classification of cross-sections as given in 5.5.2 of EN 1993-1-1 should be used.

**NOTE:** The maximum width to thickness ratio  $c/t$  for angles defined in table 5.2 of EN 1993-1-1 may be determined with the ratio  $(h - 2t)/t$  instead of  $h/t$ .

### 6.2.2 Members in lattice towers and masts

(1) For angles connected by one leg, special provisions are given in 3.10.3 of EN 1993-1-8 (if bolted) or 4.13 (if welded).

### 6.2.3 Guys and fittings

(1) For the strength of guys and fittings see EN 1993-1-11 and Annex D.

## 6.3 Resistance of members

### 6.3.1 Compression members

(1) Compression members in lattice towers and masts should be designed using one of the following two procedures:

a) the method according to the provisions of Annex G and Annex H;

b) the method given in EN 1993-1-1 taking account of eccentricities.

**NOTE 1:** The method given in EN 1993-1-1, Annex B, B.1.2(2)B may give conservative results for the buckling resistance of members in lattice towers and masts.

**NOTE 2:** The choice of the procedure may be made in the National Annex.

(2) The effective cross section properties of members should be calculated according to 4.3 of EN 1993-1-5.

**NOTE 1:** For angles the reduction factor  $\rho$  may be determined with the slenderness  $\bar{\lambda}_\rho$  taking into account the appropriate width  $\bar{b}$  of the compression leg as follows:

a) for equal leg angles:

b) for unequal leg angles:

$$\bar{\lambda}_{p,2} = \frac{\bar{b} / t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{(b - 2t) / t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_{\sigma}}}$$

**Примітка 2.** У випадку кутиків, сполучених однією полицею, коефіцієнт зменшення  $\rho$  застосовується тільки відносно приєднаної полиці.

**Примітка 3.**  $k_{\sigma}$  див. в EN 1993-1-5. Для полиці стиснутого кутика  $k_{\sigma} = 0,43$ .

(3) Кручення і/або крутильно-згинальна втрата стійкості підлягають перевірці наступним способом:

a) на крутильну втрату стійкості рівнобічних кутиків розповсюджується перевірка втрати стійкості пластинки, див. (2);

b) дані про рівнобічні кутики та інші перерізи наведені в 6.3.1.4 EN 1993-1-1 і EN 1993-1-3.

(4) Дані про холодногнуті тонкостінні елементи див. в EN 1993-1-3.

## 6.4 З'єднання

### 6.4.1 Загальні положення

(1) Стосовно з'єднань див. EN 1993-1-8.

**Примітка.** Часткові коефіцієнти для з'єднань в щоглах і баштах можуть бути наведені в Національному додатку. Рекомендовані числові значення наведені в таблиці 2.1 EN 1993-1-8.

(2) Всі болти повинні бути захищені від розкручування.

### 6.4.2 Стяжні болти в анкерних плитах (фланцеві з'єднання)

(1) Якщо є можливість розтягу фланцевого з'єднання, необхідно використовувати болти з попереднім напруженням.

(2) Мінімальний діаметр болта повинен складати 12 мм.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені додаткові дані про фланцеві з'єднання круглих порожнистих профілів і циліндричних оболонок. Для круглих порожнистих профілів рекомендується використовувати наступний спрощений метод для розтягнутих елементів без згину, див. рисунок 6.1.

При визначенні товщини фланця важливо визначити наступні значення:

a) опір зсуву фланця по периметру кругового перерізу;

b) опір комбінованому зсуву і згину фланця по колу болтового отвору. Згинальний момент  $M$  може бути прийнятий:

NOTE 2: In the case of angles connected by one leg, the reduction factor,  $\rho$ , only applies to the connected leg.

NOTE 3: For  $k_{\sigma}$  see EN 1993-1-5. For a leg of an angle in compression,  $k_{\sigma} = 0,43$ .

(3) The torsional and/or flexural-torsional mode should also be checked as follows:

a) Torsional buckling of equal legged angles is covered by the plate buckling verification, see (2).

b) For unequal legged angles and all other cross sections, see 6.3.1.4 of EN 1993-1-1 and EN 1993-1-3.

(4) For cold formed thin gauge members see EN 1993-1-3.

## 6.4 Connections

### 6.4.1 General

(1) For connections see EN 1993-1-8.

NOTE: The partial factors for connections in masts and towers may be given in the National Annex. The numerical values given in Table 2.1 of EN 1993-1-8 are recommended.

(2) All bolts should be secured against loosening.

### 6.4.2 Tension bolts in end plates (flanged connections)

(1) Where there is a possibility of tension across the flange connection preloaded bolts should be used.

(2) The minimum bolt diameter should be 12 mm.

NOTE: The National Annex may give further information on flange connections of circular hollow sections and cylindrical shells. For circular hollow sections the following simplified method for members in tension without bending is recommended, see figure 6.1.

In determining the flange thickness the following is relevant:

a) the shear resistance of the flange along the perimeter of the connected circular leg section;

b) the resistance to combined bending and shear of the flange along the circle through the bolt holes. The bending moment ( $M$ ) may be taken as:

$$M = N(D_b - D_i) / 2,$$

де:  
 $N$  – сила розтягу в поясі;  
 $D_b$  – діаметр кола (через центр болтового отвору);  
 $D_i$  – діаметр пояса.  
 При визначенні сил, діючих на болти, осьова сила

where:  
 $N$  is the tension force in the leg member;  
 $D_b$  is the diameter of the circle through the centre of the bolt holes;  
 $D_i$  is the diameter of the leg member.  
 In determining the forces in the bolts, the axial force

$$N_b = \frac{Nk_p}{n},$$

де:  
 $n$  – кількість болтів;  
 $k_p$  – коефіцієнт ефекту важеля, прийнятий, як:  
 $k_p = 1,2$  для болтів з попереднім напруженням;  
 $k_p = 1,8$  для болтів без попереднього напруження.  
 Всі болти повинні бути з попереднім напруженням з урахуванням втоми, див. EN 1993-1-8.

where:  
 $n$  is the number of bolts  
 $k_p$  is a prying effect factor taken as  
 $k_p = 1,2$  for pre-loaded bolts  
 $k_p = 1,8$  for non-preloaded bolts  
 All bolts should be preloaded for fatigue, see EN 1993-1-8

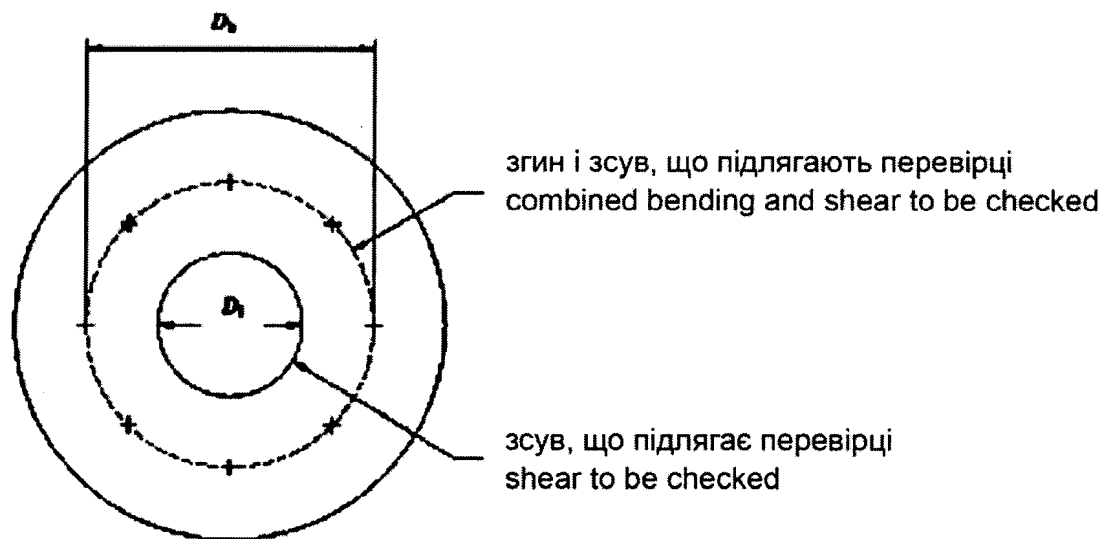


Рисунок 6.1 – Болтове фланцеве з'єднання

Figure 6.1 – Bolted flanged connections

#### 6.4.3 Анкерні болти

(1) Якщо повинна враховуватися втома, необхідне попереднє напруження анкерних болтів. У таких випадках повинні застосовуватися належні марки сталі, див. EN 1993-1-8.

**Примітка.** З вибору попереднього напруження див. також правила ексцентриситету сили важеля, рівні напруженості наведені в EN 1993-1-8.

#### 6.4.4 Зварні з'єднання

(1) Див. EN 1993-1-8.

**Примітка.** Виготовлення див. в EN 1090.

#### 6.4.3 Anchor bolts

(1) Where fatigue needs to be considered anchor bolts should be preloaded. In such cases appropriate steel materials should be used, see EN 1993-1-8.

**NOTE:** For the choice of the preload see also rules for prying force eccentricity, stress levels etc. in EN 1993-1-8.

#### 6.4.4 Welded connections

(1) See EN 1993-1-8.

**NOTE:** For execution see EN 1090.

## 6.5 Спеціальні з'єднання для щогл

### 6.5.1 З'єднання бази щогли

(1) Розрахункове напруження зминання сферичного шарнірного з'єднання повинно ґрунтуватися на нормах проектування шарнірних опор, див. EN 1337-6.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені додаткові дані з ексцентриситетів і граничних значень тиску Герца.

Для перевірки відповідності площі зони стиску граней опорних деталей, враховуючи дійсне значення кута повороту секції бази щогли (див. рисунок 6.2) і визначення згинальних моментів, викликаних результуючими ексцентриситетами, при проектуванні бази і нижньої секції щогли рекомендується застосовувати наступні норми проектування при визначенні ексцентриситетів:

якщо база щогли встановлена на шаровій опорі, необхідно допустити, що точка контакту переміщується у напрямі будь-якого нахилу осі щогли, повертаючись по опорній поверхні.

Ексцентриситети  $e_u$  і  $e_o$  (див. рисунок 6.2) визначаються таким чином:

$$e_u = r_1 \times \sin \psi_1, \quad (6.12a)$$

$$e_o = r_2 (\sin \psi_1 - \sin \phi), \quad (6.12b)$$

де:

$r_1$  – радіус випуклої частини опори;

$r_2$  – радіус увігнутої частини опори;

і  $r_2 > r_1$

$\phi$  нахил осі щогли в основі;

при

## 6.5 Special connections for masts

### 6.5.1 Mast base joint

(1) The design bearing stress on the spherical pinned connection should be based on the design rules for rocker bearings, see EN 1337-6.

**NOTE:** The National Annex may give information on eccentricities and limit values for the Hertz pressure.

To verify that the area of the compression zone is within the boundaries of the bearing parts taking due account of the true rotation angle of the mast base section (see Figure 6.2) and to determine the bending moments caused by the resulting eccentricities for designing the bearing and the bottom section of the mast the following rules for determining eccentricities are recommended:

If the mast base rests on a spherical bearing the point of contact should be assumed to move in the direction of any inclination of the mast axis by rolling over the bearing surface.

The eccentricities  $e_u$  and  $e_o$  (see Figure 6.2) should be determined as follows:

where:

$r_1$  is the radius of the convex part of the bearing;

$r_2$  is the radius of the concave part of the bearing;

and  $r_2 > r_1$

$\phi$  is the inclination of the mast axis at its base;

with:

$$\psi_1 = \frac{r_2 \phi}{r_2 - r_1}, \quad (6.13a)$$

$$\psi_2 = \psi_1 - \phi. \quad (6.13b)$$

Якщо радіус  $r_2$  нескінченний, то це площинна поверхня, тоді значення  $e_o$  приймається  $e_o = r_1 \phi \cos \phi$ .

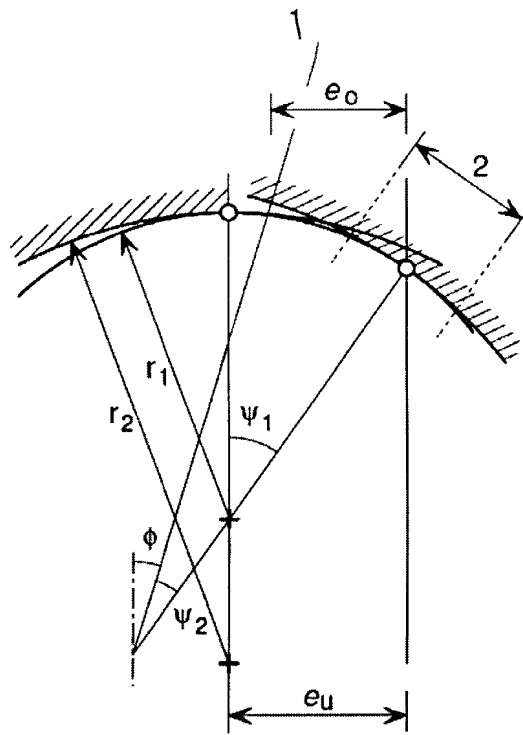
(2) Розрахунок системи запобігання скручуванню шарнірного з'єднання основи щогли повинен забезпечувати поворот секції основи щогли відносно горизонтальної осі.

(3) При проектуванні щогли необхідно врахувати можливе осідання фундаменту стовбура і фундаментів відтяжок у випадку щогл з жорстко закріпленим фундаментом.

If  $r_2$  is infinite, that is a flat surface, then  $e_o$  should be taken as  $e_o = r_1 \phi \cos \phi$ .

(2) The system for suppressing twisting of a pinned mast base joint should be designed to permit rotation of the mast base section around the horizontal axes.

(3) For a fixed mast base possible settlements of the shaft foundation and of the guy foundations should be considered in the mast design.



1 – вісь щогли  
2 – площа зони стиску

1 mast axis  
2 area of compression zone

**Рисунок 6.2** – Ексцентриситети, викликані нахилом основи щогли

**Figure 6.2** – Eccentricities due to the inclination of the mast base

### 6.5.2 З'єднання відтяжок

(1) Всі з'єднання відтяжок до щогли або фундаментів повинні забезпечувати вільний поворот відтяжок в горизонтальному і вертикальному напрямках, див. EN 1993-1-11.

При проектуванні і конструюванні з'єднань необхідно враховувати схильність конструкцій з відтяжками до скручування під впливом розтягувального навантаження.

**Примітка.** Як правило, належна міра свободи горизонтального повороту шарнірних з'єднань може бути досягнута застосуванням "сферичної" форми отвору під стрижень шарніра в п'яті. Шарові опори можуть використовуватися у виняткових обставинах.

(2) Всі стрижні повинні бути належним чином закріплені, щоб уникнути бічного переміщення. Для цього можна використати, наприклад, гайку із шплінтом.

(3) Планку для кріплення відтяжки на щоглі, а також сталеву анкерну плиту фундаменту кріплення відтяжки необхідно проектувати з урахуванням поперечного вітрового навантаження, нормального до площини відтяжки.

### 6.5.2 Guy connections

(1) All connections of the guys to the mast or to guy foundations should allow the guy to rotate freely in both vertical and horizontal directions, see EN 1993-1-11.

Account should be taken in the design and detailing connections of the tendency for guy constructions to twist under tensile loading.

**NOTE:** Generally for connections with pins the freedom for horizontal rotations can be obtained by a "spherical" form of the hole in the centre plate for the pin. Spherical bearings may be used in exceptional circumstances.

(2) All pins should be adequately secured against lateral movement by the use, for example, of a nut combined with a split pin.

(3) The guy attachment plate in the mast and the steel anchor plate projecting from the guy foundation should both be designed for the lateral force from the guy due to the wind loading component normal to the plane of the guy.

(4) Там, де це можливо, необхідно конструювати з'єднання, що забезпечують проведення візуального неруйнівного контролю при експлуатації.

## 7 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ

### 7.1 Основні положення

(1) При проектуванні велике значення мають наступні граничні стани експлуатаційної придатності:

- відхилення і повороти, що негативно впливають на ефективну експлуатацію конструкції, включаючи належне функціонування антен або обслуговування;
- вібрація, коливання, що викликають втрату сигналу, що передається;
- деформація, відхилення, вібрація, коливання, що викликають пошкодження неконструкційних елементів.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені дані про граничні і асоціативні значення  $\gamma_M$ . Рекомендоване значення  $\gamma_M = 1,0$ .

### 7.2 Прогини і повороти

#### 7.2.1 Вимоги

(1) Максимальні прогини і повороти необхідно визначати, використовуючи сполучення характеристичних дій на конструкцію і допоміжні пристрої.

(2) Прогини і повороти для щогл і димових труб необхідно розраховувати з урахуванням впливів другого порядку, див. EN 1993-1-1, і динамічних впливів.

#### 7.2.2 Визначення граничних значень

(1) Визначення граничних значень проводиться для даного розрахункового випадку.

**Примітка.** Щогли з відтяжками див. в додатку В.

(2) Щодо передавальних і освітлювальних конструкцій за дані граничні значення беруться значення горизонтального переміщення і повороту верхньої частини конструкції. Граничні значення для направлених антен приймаються в точці кріплення направленої антени.

### 7.3 Вібрації

(1) Башти і щогли необхідно перевіряти на визначення:

(4) Wherever practicable welded connections should be detailed to enable visual and non-destructive inspections to be undertaken in service.

## 7 SERVICEABILITY LIMIT STATES

### 7.1 Basis

(1) The following serviceability limit states may be relevant for design:

- deflections or rotations that adversely affect the effective use of the structure, including the proper functioning of aerials or services;
- vibration, oscillation or sway that causes loss of transmitted signals;
- deformations, deflections, vibration, oscillation or sway that causes damage to non-structural elements.

NOTE: The National Annex may give information on limits and associated  $\gamma_M$ -values. The value  $\gamma_M = 1.0$  is recommended.

### 7.2 Deflections and rotations

#### 7.2.1 Requirements

(1) The maximum deflections and rotations should be determined using the combination of characteristic actions on the structure and its ancillaries.

(2) The deflections and rotations for masts and guyed chimneys should be calculated making due allowance for any second order effects, see EN 1993-1-1, and any dynamic effects.

#### 7.2.2 Definition of limiting values

(1) Limiting values should be specified together with the load case considered.

NOTE: For guyed masts see Annex B.

(2) For broadcasting and floodlighting structures, the limiting values to be considered should be taken as those for horizontal displacement and rotation at the top of the structure. For directional antennae the limiting values should be taken at the point of the attachment of the directional antenna.

### 7.3 Vibrations

(1) Towers and masts should be examined for:



- вібрацій, викликаних поривами вітру (вібрації у напрямі вітру);
- вібрацій, викликаних вихровими потоками, в щоглах або баштах з призматичними, циліндровими або розкісними елементами, а також оболонках (вібрації перпендикулярно до напрямку вітру);
- галопування відтяжок;
- вібрацій, викликаних дією вітру і дощу.

**Примітка 1.** Динамічні впливи див. в EN 1991-1-1 і в додатку В, а також в додатку В EN 1993-3-2.

**Примітка 2.** Вібрації можуть викликати швидкий розвиток втомних пошкоджень, див. розділ 9.

(2) Якщо прогнозується, що ґратчасті опори і щогли або димові труби з відтяжками піддаватимуться вібраціям, викликаних вітром (якщо при проектуванні не буде вжито заходів для їх зниження), за необхідності необхідно передбачити встановлення віброгасіїв, виходячи з досвіду.

**Примітка.** Див. додаток В EN 1993-3-2.

## 8 ПРОЕКТУВАННЯ В КОМПЛЕКСІ З ВИПРОБУВАННЯМИ

(1) Необхідно виконувати умови проектування в комплексі з випробуваннями, наведені в EN 1990.

(2) Якщо значення логарифмічного декременту конструкційного демпфування  $\delta_s$ , наведені в EN 1991-1-4, вважаються невідповідними для ґратчастих башт і щогл із циліндричними елементами, можна провести випробування для визначення таких значень.

**Примітка.** Настанова за визначенням наведена в додатку С EN 1993-3-2.

(3) Форми коливань порядку, вищого ніж основні, можуть мати важливе значення, зокрема для щогл з відтяжками. Це необхідно враховувати при визначенні належного логарифмічного декременту конструкційного демпфування.

(4) Необхідно також враховувати той факт, що частота коливань може змінюватися відповідно до умов навантажень, що розглядаються, наприклад, за відсутністю вітру або при навантаженні від ожеледі.

- gust induced vibrations (causing vibrations in the direction of the wind);
- vortex induced vibrations for towers or masts containing prismatic cylindrical or bluff elements or shrouds (causing vibrations perpendicular to the direction of the wind);
- galloping instability (causing vibrations of the guys);
- rain-wind induced vibrations.

NOTE 1: For dynamic effects see EN 1991-1-4 and Annex B and also Annex B of EN 1993-3-2.

NOTE 2: Vibrations can cause rapid development of fatigue damage, see section 9.

(2) If lattice towers and masts or guyed chimneys are predicted to be subject to wind vibrations, unless other measures are taken to reduce these in the design, provisions should be made for the installation of damping devices if found necessary in the light of experience.

NOTE: See Annex B of EN 1993-3-2.

## 8 DESIGN ASSISTED BY TESTING

(1) The provisions for design assisted by testing given in EN 1990 should be followed.

(2) Where the values of the logarithmic decrement of structural damping  $\delta_s$ , given in EN 1991-1-4 are considered inappropriate for lattice towers and masts consisting of, supporting or containing cylindrical elements, testing may be undertaken to determine these values.

NOTE: Guidance for the determination of is given in Annex C to EN 1993-3-2.

(3) Higher modes than the fundamental might be significant, particularly for guyed masts, so due account of this should be taken in determining the appropriate logarithmic decrement of structural damping.

(4) Account should be taken of the fact that the frequencies of vibration vary according to the loading condition considered for instance in still air, under wind, or under ice loading.

## 9 ВТОМА

### 9.1 Загальні положення

(1) При перевірці втоми застосовуються положення EN 1993-1-9.

(2) Необхідно розглянути ефекти наявності вторинних моментів в ґратчастих опорах і щоглах на втомну міцність, якщо вони ще не враховані.

### 9.2 Втомне навантаження

#### 9.2.1 Коливання вздовж вітру

(1) Немає необхідності у визначенні втомного навантаження ґратчастих башт і щогл з відтяжками через лінійні коливання (без урахування коливань, викликаних бічним вітром) в результаті впливу поривчастого вітру за умови, що категорія деталей елементів конструкції перевищує 71 Н/мм<sup>2</sup>.

**Примітка.** Можливе допущення, що втомна довговічність конструкцій, схильних до коливань вздовж вітру (без урахування коливань, викликаних бічним вітром) в результаті впливу поривчастого вітру, не перевищує 50 років.

(2) У інших випадках необхідно звернути особливу увагу на деталі, які використані в конструкції, і виконану перевірку на втому.

**Примітка.** Перевірку на втому при коливаннях вздовж вітру див. в EN 1991-1-4. Можна використовувати наступний спрощений метод:

а) оцінка історії втомного навантаження, викликаного поривчастим вітром, проводиться шляхом визначення щорічної тривалості впливу середньої швидкості вітру різних напрямів на основі метеорологічних звітів в районі будівельного майданчика. Потім передбачається, що коливання середньої швидкості мають статистично нормальний розподіл із стандартним відхиленням напружень, що відповідають напруженням, викликаним вітром середньої швидкості. Належний поправочний коефіцієнт вітрового тиску можна визначити таким чином:

$$G = c_e(z) c_s c_d - 1,$$

де:

$c_e(z)$  – коефіцієнт пульсацій, див. EN 1991-4;

$c_s c_d$  – конструкційний коефіцієнт, див. EN 1991-4, прийнятий відповідно до додатка В;

б) допускається, що діапазон напружень  $\Delta\sigma_{Si}$  може бути в 1,1 раза більше різниці напружень в результаті включення поправочного коефіцієнта вітрового натиску  $G$  і напружень в результаті впливу вітру середньої швидкості при 10-хвилинному осередненні. Еквівалентну кількість циклів  $N_i$  можна розрахувати за формулою:

## 9 FATIGUE

### 9.1 General

(1) For fatigue verifications the provisions of EN 1993-1-9 should be applied.

(2) Consideration should be given to the effects on fatigue resistance of the possible existence of secondary moments in lattice towers and masts that are not already allowed for.

### 9.2 Fatigue loading

#### 9.2.1 In-line vibrations

(1) Fatigue loading of lattice towers and guyed masts due to in-line vibrations (without cross-wind vibrations) induced by gusty wind need not be determined provided that the detail category of the structural details are greater than 71 N/mm<sup>2</sup>.

**NOTE:** The fatigue life of structures subject to in-line vibrations only (without cross-wind vibrations) induced by gusty wind may be assumed to be greater than 50 years.

(2) In all other cases due account should be taken of the details adopted, and fatigue verification undertaken.

**NOTE:** For the fatigue verification due to in-line vibrations see EN 1991-1-4. The following simplified method may be used:

a) The fatigue stress history due to wind gusts is evaluated by determining the annual durations of different mean wind speeds from different directions from meteorological records for the site. The fluctuations about the mean values may then be assumed to have a statistically normal distribution with a standard deviation in stress corresponding to times the stress due to the mean wind speed. The appropriate gust response factor is defined as

where:

$c_e(z)$  is the exposure factor, see EN 1991-4;

$c_s c_d$  is the structural factor, see EN 1991-4 derived in accordance with Annex B.

b) The stress range,  $\Delta\sigma_{Si}$ , may be assumed to be 1,1 times the difference between the stress arising from that incorporating the gust response factor  $G$  and that due to the ten minute mean wind speed. An equivalent number of cycles  $N_i$  may then be obtained from:

$$N_i = 10^5 T / 50, \quad (9.1)$$

де:

$T$  – проектний строк експлуатації конструкції в роках.

### 9.2.2 Вібрації, викликані вихороутворенням

(1) Втомне навантаження башт і щогл з відтяжками, складених з призматичних, циліндричних або розкісних елементів, визначається на основі максимальної амплітуди при відповідному виді коливань і кількості циклів навантаження  $N$ .

**Примітка.** Втомне навантаження див. в додатку E EN 1991-1-4.

### 9.2.3 Реакція окремих елементів

(1) Необхідно виконати оцінку впливу вітру на окремі гнучкі елементи.

**Примітка.** Втомне навантаження див. в додатку E EN 1991-1-4. Обмеження гнучкості, наведені в додатку H H.2(1) і H.3.1(3), як правило, достатні для запобігання такому впливу. Збільшення демпфування коливань (тертя, додаткові гасії коливань) є практичним засобом послаблення таких коливань у випадку їх виникнення.

## 9.3 Втомна міцність

(1) Див. стандарт EN 1993-1-9, в який включена втомна міцність типових елементів башт, димових труб і щогл з відтяжками.

## 9.4 Оцінка безпеки

(1) Оцінка безпеки втоми повинна бути проведена згідно з 8(2) EN 1993-1-9 з використанням формули:

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \Delta\sigma_E, \quad (9.2)$$

де:

$\lambda$  – коефіцієнт еквівалентності для визначення  $\Delta\sigma_E$  на базі  $N_c = 2 \cdot 10^6$  циклів;

$\Delta\sigma_E$  діапазон напружень, пов'язаний з  $N$  циклів (див. 9.2), з урахуванням коефіцієнта концентрації напружень за необхідності.

(2) Коефіцієнт еквівалентності  $\lambda$  можна визначити таким чином:

$$\lambda = \left( \frac{N}{2 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (9.3)$$

де:

$m$  – нахил кривої  $S-N$ .

where:

$T$  is the design life of the structure in years.

### 9.2.2 Cross-wind vortex vibrations

(1) The fatigue loading of towers and guyed masts consisting of, supporting or containing prismatic, cylindrical or other bluff elements should be determined from the maximum amplitude for the relevant vibration mode and the number of stress cycles  $N$ .

NOTE: For the fatigue actions see EN 1991-1-4, Annex E.

### 9.2.3 Individual member response

(1) Slender individual members of structures should be assessed for cross-wind excitation.

NOTE: For the fatigue actions see EN 1991-1-4, Annex E. The limitations on slenderness given in Annex H H.2(1) and H.3.1(3) will generally be sufficient to prevent such excitation. An increase of damping (friction, additional dampers) is a practical means of suppressing such vibrations if they occur in practice.

## 9.3 Fatigue resistance

(1) Reference should be made to EN 1993-1-9 which includes resistances of details typical for towers, chimneys and guyed masts.

## 9.4 Safety assessment

(1) The safety assessment for fatigue should be carried out in accordance with 8(2) of EN 1993-1-9, using:

where:

$\lambda$  is the equivalence factor to transfer  $\Delta\sigma_E$  to  $N_c = 2 \cdot 10^6$  cycles;

$\Delta\sigma_E$  is the stress range associated to  $N$  cycles (see 9.2) allowing for stress concentration factors where appropriate.

(2) The equivalence factor  $\lambda$  may be determined from:

where:

$m$  is the slope of the  $S-N$  curve.

**9.5 Часткові коефіцієнти втомної міцності**

(1) Часткові коефіцієнти втомної міцності повинні відповідати вказаним в 3(6) і (7), а також 6.2(1) EN 1993-1-9.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені числові значення  $\gamma_{Ff}$  і  $\gamma_{Mf}$ . Рекомендоване значення  $\gamma_{Ff} = 1,00$ . Значення  $\gamma_{Mf}$  див. в таблиці 3.1 EN 1993-1-9.

**9.6 Втома відтяжок**

(1) Перевірка втомної поведінки відтяжок проводиться за вказівками, наведеними в EN 1993-1-11.

**9.5 Partial factors for fatigue**

(1) The partial factors for fatigue should be taken as specified in 3(6) and (7) and 6.2(1) of EN 1993-1-9.

NOTE: The National Annex may give numerical values for  $\gamma_{Ff}$  and  $\gamma_{Mf}$ . For the value  $\gamma_{Ff} = 1,00$  is recommended. For  $\gamma_{Mf}$  values see Table 3.1 in EN 1993-1-9.

**9.6 Fatigue of guys**

(1) The fatigue performance of guys should be verified using the procedures given in EN 1993-1-11.

## РАНЖУВАННЯ ЗА НАДІЙНІСТЮ І ЧАСТКОВІ КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ ДІЙ

**Примітка.** В даному додатку розглядається ранжування за надійністю і часткові коефіцієнти дій для башт і щогл, передбачається включення цих даних в додаток А EN 1990 на пізнішому етапі.

### A.1 Ранжування за надійністю щогл і башт

(1) Ранжування за надійністю можна застосувати щодо щогл і башт шляхом використання класів надійності.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені класи надійності на основі аналізу наслідків руйнування конструкцій. Рекомендується застосовувати класи, наведені в таблиці А.1.

**Таблиця А.1** – Ранжування за надійністю щогл і башт

**Table A.1** – Reliability differentiation for towers and masts

Клас надійності Reliability Class	
3	Башти і щогли, зведені в населених пунктах або в місцях, де їх руйнування може викликати травмування або загибель людей; башти і щогли, використовувані для життєво важливого телекомунікаційного устаткування; інші конструкції, наслідки руйнування яких можуть бути значними towers and masts erected in urban locations, or where their failure is likely to cause injury or loss of life; towers and masts used for vital telecommunication facilities; other major structures where the consequences of failure would be likely to be very high
2	Всі щогли і башти, які не можна віднести до класів 1 або 3 all towers and masts that cannot be defined as class 1 or 3
1	Щогли і башти, зведені в нежитлових районах на відкритій місцевості towers and masts built on unmanned sites in open countryside; towers and masts, the failure of which would not be likely to cause injury to people

### A.2 Часткові коефіцієнти для дій

(1)Р Часткові коефіцієнти для дій повинні залежати від класу надійності башти або щогли.

**Примітка 1.** При виборі часткових коефіцієнтів постійних дій  $\gamma_G$  і змінних дій  $\gamma_Q$  для розрахунку можна взяти до уваги перевагу дії вітру.

**Примітка 2.** В Національному додатку можуть бути наведені числові значення  $\gamma_G$  і  $\gamma_Q$ . При використанні класів надійності, наведених в таблиці А.1, рекомендується застосовувати числові значення  $\gamma_G$  і  $\gamma_Q$ , вказані в таблиці А.2.

## RELIABILITY DIFFERENTIATION AND PARTIAL FACTORS FOR ACTIONS

NOTE: As this Annex deals with reliability differentiation and partial factors for actions for masts and towers, it is expected that it will be transferred to Annex A to EN 1990 in a later stage.

### A.1 Reliability differentiation for masts and towers

(1) Reliability differentiation may be applied to masts and towers by the application of reliability classes.

NOTE: The National Annex may give relevant reliability classes related to the consequences of structural failure. The classes in Table A.1 are recommended.

### A.2 Partial factors for actions

(1)Р Partial factors for actions shall be dependant on the reliability class of the tower or mast.

NOTE 1: In the choice of partial factors for permanent actions  $\gamma_G$  and  $\gamma_Q$  for variable actions the dominance of wind actions for the design may be taken into account.

NOTE 2: The National Annex may give numerical values of  $\gamma_G$  and  $\gamma_Q$ . Where the reliability classes recommended in A.1 are used the numerical values in Table A.2 for  $\gamma_G$  and  $\gamma_Q$  are recommended.

**Таблиця А.2** – Часткові коефіцієнти постійних і змінних дій

**Table A.2** – Partial factors for permanent and variable actions

Тип наслідків Type of Effect	Клас надійності, див. примітку до 2.1.2 Reliability Class, see NOTE to 2.1.2	Постійні дії Permanent Actions	Змінні дії ( $Q_s$ ) Variable Actions ( $Q_s$ )
Несприятливі unfavourable	3	1,2	1,6
	2	1,1	1,4
	1	1,0	1,2
Сприятливі favourable	Всі класи All Classes	1,0	0,0
Аварійні ситуації Accidental situations		1,0	1,0

**Примітка 3.** В Національному додатку може бути також наведена інформація про використання розрахунку динамічних характеристик щодо вітрових дій, див. додаток В.

**NOTE 3:** The National Annex may also give information on the use of dynamic response analysis for wind actions, see Annex B.

## МОДЕЛЮВАННЯ АТМОСФЕРНИХ ВПЛИВІВ

**Примітка.** В даному додатку розглядаються додаткові нормативи вітрових дій на ґратчасті башти, щогли з відтяжками і димові труби з відтяжками та їх характеристики. Передбачається включення цих даних в EN 1991-1-4 на пізнішому етапі.

### В.1 Загальні положення

#### В.1.1 Область застосування даного додатка

(1) У даному додатку наведена наступна додаткова інформація про вітрові дії на башти і щогли з відтяжками:

- вітрове навантаження, див. В.2;
- реакція ґратчастих башт, див. В.3; і
- реакція щогл з відтяжками, див. В.4.

**Примітка.** В даному додатку наведено посилання на ISO 12494 щодо навантаження від ожеледі. У Національному додатку може бути також наведена додаткова інформація.

#### В.1.2 Позначки

(1) В доповнення до позначок, наведених в EN 1993-1-1 і EN 1991-1-4, в даному додатку можуть використовуватися наступні:

- $i$  схема місцевого розподіленого навантаження
- $K$  коефіцієнт
- $L$  довжина проєкції, довжина пояса ферми
- $N$  кількість
- $Q$  параметр
- $S$  ефект навантаження на елемент (наприклад, сили зсуву або згину)
- $T$  крутильний момент
- $\alpha$  кут нахилу відтяжки до горизонталі
- $\beta$  параметр
- $\eta$  коефіцієнт екранування
- $\theta$  кут між напрямком вітру і нормаллю до площини, нахил
- $\tau$  константа
- $\psi$  кут між напрямком вітру і повздовжньою віссю
- $\omega$  просторове співвідношення
- $k_s$  коефіцієнт масштабування

## MODELLING OF METEOROLOGICAL ACTIONS

NOTE: As this Annex deals with supplementary rules for wind actions on lattice towers, guyed masts and guyed chimneys, and on their response, it is expected that it will be transferred to EN 1991-1-4 in a later stage.

### B.1 General

#### B.1.1 Scope of this Annex

(1) This Annex contains supplementary information about wind actions on towers and guyed masts as follows:

- wind force, see B.2;
- response of lattice towers, see B.3; and
- response of guyed masts, see B.4.

NOTE: This Annex refers to ISO 12494 for ice loading. The National Annex may give further information.

#### B.1.2 Symbols

(1) In addition to those given in EN 1993-1-1 and EN 1991-1-4, the following main symbols have been used in this Annex:

- $i$  patch load pattern
- $K$  factor
- $L$  projected length, chord length
- $N$  number
- $Q$  parameter
- $S$  load effect in a member (e.g. force, shear or bending moment)
- $T$  torque
- $\alpha$  slope of guy to horizontal
- $\beta$  parameter
- $\eta$  shielding factor
- $\theta$  angle of wind incidence to the normal in plane; slope
- $\tau$  constant
- $\psi$  angle of wind incidence to the longitudinal axis
- $\omega$  spacing ratio
- $k_s$  scaling factor

(2) В доповнення до підрядкових знаків, наведених в EN 1993-1-1, в даному додатку використовуються наступні:

A допоміжний елемент

C консоль

c елементи з круглим поперечним перерізом

e ефект

F грань

f площинні елементи

G відтяжка

H висота щогли

L довжина

M основа щогли або щогла

m щогла, середній

n одиночна рама

PL місцеве розподілене навантаження

p локальна частина

q зсув

S конструкція

sup надкритичний

T башта, загальний

W в напрямку вітру

w під впливом вітру

x в напрямку поперек вітру

Z у вертикальному напрямку

z висота над рівнем землі

$\theta$  кут впливу вітру

## **B.2 Вітрове навантаження**

### **B.2.1 Загальні положення**

#### **B.2.1.1 Основні принципи**

(1) З метою розрахунку впливу вітру конструкція повинна бути розділена на секції, що складаються з декількох ідентичних або практично ідентичних панелей, див. рисунок B.2.1. Проекції в'язевих елементів на гранях, паралельних напрямку вітру, в плані і діагональних в'язей жорсткості не потрібно брати до уваги при визначенні проекційної площі конструкції.

(2) Конструкцію необхідно розділити на достатню кількість секцій для належного моделювання вітрового навантаження з метою загального розрахунку.

(2) In addition to those given in EN 1993-1-1 the following subscripts have been used in this Annex:

A ancillary item

C cantilever

c circular-section members

e effective

F face

f flat-sided members

G guy

H mast height

L length

M base mast or mast only

m mast; mean

n single frame

PL patch load

p patch

q shear

S structure

sup super-critical

T tower, total

W in the direction of the wind

w with wind

x in the crosswind direction

Z in the vertical direction

z height z above ground level

$\theta$  angle of wind incidence

## **B.2 Wind force**

### **B.2.1 General**

#### **B.2.1.1 Outline**

(1) For the purposes of calculating the wind force, the structure should be divided into a series of sections, where a section comprises several identical or nearly identical panels, see Figure B.2.1. Projections of bracing members in faces parallel to the wind direction, and in plan and hip bracing, should be omitted in the determination of the projected area of the structure.

(2) The structure should generally be divided into a sufficient number of sections to enable the wind loading to be adequately modelled for the global analysis.



(3) Вплив вітру, діючого на секцію або елемент, необхідно визначати згідно з 5.3(2) EN 1991-1-4.

(4) При визначенні вітрового навантаження в умовах ожеледі проєкційні площі конструкційних елементів і допоміжних пристроїв повинні бути збільшені з урахуванням поправки на товщину льоду, якщо необхідно.

(5) При використанні методу, наведеного в даному додатку, в межах кута  $\pm 30^\circ$  до розрахункового напрямку вітру необхідно використовувати максимальне значення вітрового тиску для отримання максимального навантаження у напрямі вітру.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені дані про випробування в аеродинамічній трубі.

#### **B.2.1.2 Метод**

(1) Метод, наведений в B.2.1.3, необхідно використовувати для визначення вітрового навантаження на ґратчасті конструкції чотиригранного або трикутного (рівностороннього) контура.

**Примітка 1.** Порядок, наведений в B.2.7, застосовується тільки:

- a) як настанова щодо конструкцій прямокутного перерізу або
- b) для оцінки існуючих конструкцій, відносно яких відомі точні дані про розташування допоміжних пристроїв і антен.

**Примітка 2.** Порядок, наведений в B.2.7, може представляти мінімальні значення аеродинамічного опору у порівнянні з методом, наведеним в B.2.1.3, якщо  $K_A$  приймається 1,0 в B.2.3 і B.2.4.

#### **B.2.1.3 Коефіцієнт загального вітрового навантаження**

(1) Коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_f$  у напрямі вітру на секцію конструкції приймається:

$$c_f = c_{f,S} + c_{f,A}, \quad (\text{B.1})$$

де:

$c_{f,S}$  – коефіцієнт вітрового навантаження на секцію конструкції без пристроїв, визначений згідно з B.2.2 на основі коефіцієнта суцільності  $\phi$ , який приймається для відкритої конструкції без допоміжних пристроїв і

$c_{f,A}$  – коефіцієнт вітрового навантаження на службові елементи, визначений у відповідності до B.2.3 або B.2.4, за необхідності.

(3) The wind force acting on a section or component should be determined according to 5.3 (2) of EN 1991-1-4.

(4) In determining the wind force under iced conditions, the projected areas of structural elements and ancillaries should be increased to take due account of the thickness of ice as relevant.

(5) In applying the method given in this Annex, the maximum force within an angle of  $\pm 30^\circ$  to the nominal wind direction should be used to obtain the maximum loading in the wind direction.

**NOTE:** The National Annex may give information of wind tunnel tests.

#### **B.2.1.2 Method**

(1) The method given in B.2.1.3 should be used to determine the wind force on square or equilateral triangular lattice structures.

**NOTE 1:** The procedure given in B.2.7 only applies for either:

- a) as guidance for structures of rectangular cross section; or
- b) the assessment of existing structures for which the disposition of ancillaries and aeriels is accurately known.

**NOTE 2:** The procedure given in B.2.7 may provide lower values of drag than the method given in B.2.1.3 when  $K_A$  is taken as 1,0 in B.2.3 and B.2.4.

#### **B.2.1.3 Total wind force coefficient**

(1) The total wind force coefficient  $c_f$  in the direction of the wind over a section of the structure should be taken as:

where:

$c_{f,S}$  is the wind force coefficient of the bare structure section, determined in accordance with B.2.2 using the solidity ratio,  $\phi$ , appropriate to the bare structure; and

$c_{f,A}$  is the wind force coefficient of the ancillaries, determined in accordance with B.2.3 and B.2.4, as appropriate.

(2) Якщо проєкційні площі службових елементів на кожній грані знаходяться в межах 10 % одна від одної, їх можна розглядати як належні конструкційні елементи, і загальний аеродинамічний опір розраховується згідно з В.2.2.

### **В.2.2 Коефіцієнт вітрового навантаження на конструкційні елементи**

#### **В.2.2.1 Загальні положення**

(1) Відносно ґратчастих або трикутних конструкцій з рівними площами кожної грані коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_f$  секції у напрямі вітру:

$$C_{f,S} = K_{\theta} c_{f,S,0} , \quad (\text{B.2})$$

де:

$c_{f,S,0}$  – загальний нормальний коефіцієнт лобового опору секції  $j$  без урахування кінцевих ефектів, визначений у відповідності з В.2.2.2;

$K_{\theta}$  – коефіцієнт кута впливу вітру.

(2) Where the projected areas of ancillaries on each face are within 10% of each other, then they may be treated as appropriate structural members and the total wind drag calculated in accordance with B.2.2.

### **B.2.2 Wind force coefficient of structural components**

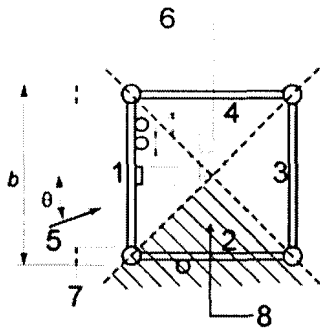
#### **B.2.2.1 General**

(1) For a lattice structure of square or equilateral triangular plan form, having equal areas on each face, the total wind force coefficient  $c_f$  of a section in the direction of the wind:

where:

$c_{f,S,0}$  is the overall normal drag (pressure) coefficient of a section  $j$  without end-effects, determined in accordance with B.2.2.2;

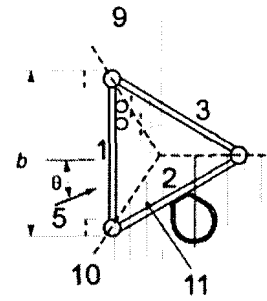
$K_{\theta}$  is the wind incidence factor.



Примітка. Грань 1 повинна бути навітряною:  
 $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

Примітка. Грань 1 повинна бути навітряною:  
 $-60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ . Зовнішні сходи розглядаються як окре-  
 мий елемент.

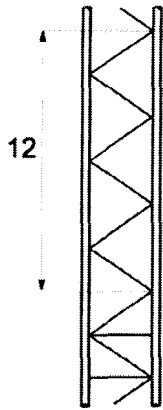
a – план конструкції прямокутного перерізу  
 (a) Plan on square structure



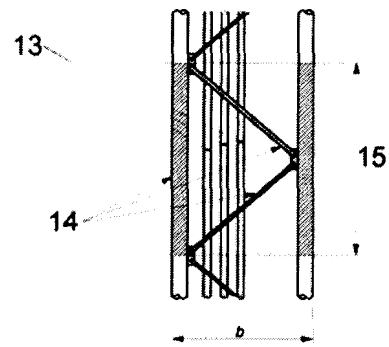
NOTE: Face 1 should be taken as windward such that  
 $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

NOTE: Face 1 should be taken as windward such that  $-60^\circ \leq$   
 $\leq \theta \leq 60^\circ$ . External ladder should be treated as individual item.

b – план конструкції трикутного перетину  
 (b) Plan on triangular structure



c – секція щогли  
 (c) Mast section



d – конструкційний елемент  
 (d) Structural panel

- 1 – грань 1;
- 2 – грань 2;
- 3 – грань 3;
- 4 – грань 4;
- 5 – напрям вітру;
- 6 – службові елементи, спроектовані перпендику-  
 лярно до грані 1;
- 7 – пояс, спроектований перпендикулярно до грані;
- 8 – службові елементи на даній ділянці, розподілені  
 на грані 2;
- 9 – службові елементи, спроектовані перпендику-  
 лярно до грані (включаючи сходи, захис-  
 ну кільцеву арматуру тощо);
- 10 – пояс, спроектований перпендикулярно до грані;
- 11 – службові елементи на даній ділянці, розпо-  
 ділені на грані 2;
- 12 – секція щогли;
- 13 – службові елементи, проєкційна площа AA;
- 14 – конструкційні елементи, проєкційна площа AS;
- 15 – висота панелі (h).

- 1 Face 1
- 2 Face 2
- 3 Face 3
- 4 Face 4
- 5 Wind
- 6 Ancillary components projected normal to face 1
- 7 Leg projected normal to face
- 8 Ancillary components in this area allocated to face 2
- 9 Ancillary components projected normal to face  
 (inclusive of ladder rungs, hoops etc.)
- 10 Leg projected normal to face
- 11 Ancillary components in this area allocated to face 2
- 12 Mast section
- 13 Ancillary components of projected area AA
- 14 Structural components of projected area AS
- 15 Panel height (h)

**Рисунок В.2.1** – Проекційна площа панелі, що використовується при розрахунку коефіцієнта суцільності  $\phi$   
**Figure B.2.1** – Projected panel area used to calculate solidity ratio,  $\phi$

(2) Коефіцієнт кута впливу  $K_\theta$  вітру можна розрахувати за формулами:

– для конструкцій квадратного перерізу

$$K_\theta = 1,0 + K_1 K_2 \sin^2 2\theta ; \quad (\text{B.3a})$$

– для конструкцій трикутного перерізу

$$K_\theta = \frac{A_c + A_{c,\text{sup}}}{A_s} + \frac{A_f}{A_s} (1 - 0,1 \sin^2 1,5\theta) , \quad (\text{B.3b})$$

при:

with:

$$K_1 = \frac{0,55 A_f}{A_s} + \frac{0,8 (A_c + A_{c,\text{sup}})}{A_s} , \quad (\text{B.3c})$$

$$K_2 = 0,2 \text{ для (for) } 0 \leq \varphi \leq 0,2 \text{ та (and) } 0,8 \leq \varphi \leq 1,0 , \quad (\text{B.3d})$$

$$K_2 = \varphi \text{ для (for) } 0,2 < \varphi \leq 0,5 , \quad (\text{B.3e})$$

$$K_2 = 1 - \varphi \text{ для (for) } 0,5 < \varphi < 0,8 , \quad (\text{B.3f})$$

в яких:

in which:

$\theta$  кут впливу вітру до нормалі грані 1 в плані;

$\theta$  is the angle of incidence of the wind to the normal of face 1, in plan;

$\varphi$  коефіцієнт суцільності, див. 7.11 EN 1991-1-4;

$\varphi$  is the solidity ratio see 7.11 (2) of EN 1991-1-4;

$A_f$  – загальна проекційна площа при розгляді перпендикулярно до поверхні елементів площинного перерізу в грані;

$A_f$  is the total projected area when viewed normal to the face of the flat-sided section members in the face;

$A_c$  – загальна проекційна площа при розгляді перпендикулярно до поверхні елементів круглого перерізу в грані в докритичних режимах;

$A_c$  is the total projected area when viewed normal to the face of the circular-section members in the face in sub critical regimes;

$A_{c,\text{sup}}$  – загальна проекційна площа при розгляді перпендикулярно до поверхні елементів круглого перерізу в грані в надкритичних режимах;

$A_{c,\text{sup}}$  is the total projected area when viewed normal to the face, of the circular-section members in the face in supercritical regimes;

$h$  – висота даної секції;

$h$  is the section height under consideration;

$b$  – загальна ширина секції, як показано на рисунку В.2.2.

$b$  is the overall section width, as shown in Figure B.2.1

**Примітка.**  $A_s = A_f + A_c + A_{c,\text{sup}}$ .

NOTE:  $A_s = A_f + A_c + A_{c,\text{sup}}$ .

(3) Значення  $K_\theta$  при значеннях  $\theta$ , що звичайно використовуються, див. на рисунку В.2.2.

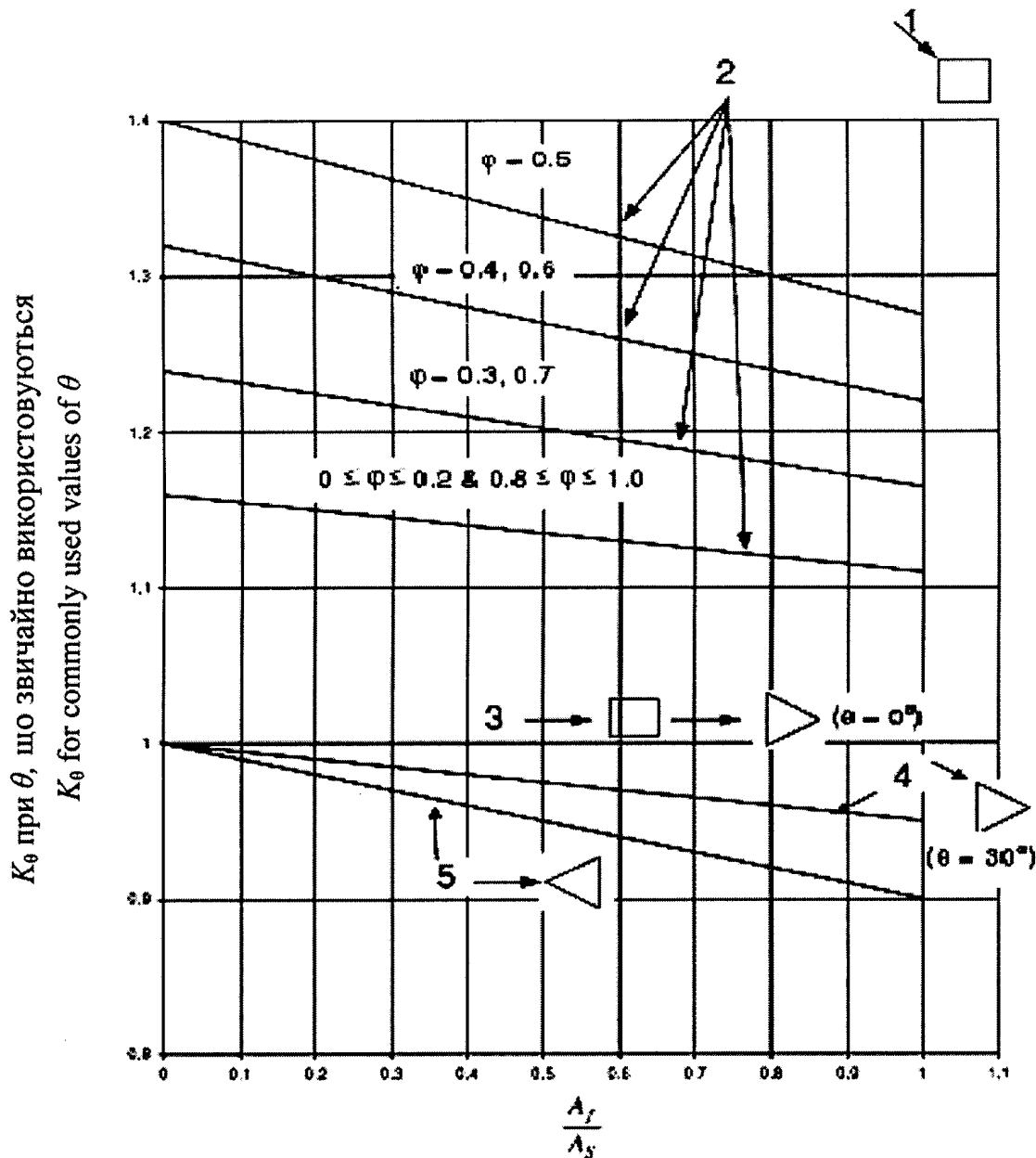
(3) Values of  $K_\theta$  for commonly used values of  $\theta$  may be obtained from Figure B.2.2.

(4) Допускається, що елементи круглого перерізу, якщо вони вільні від льоду, знаходяться в докритичному режимі при числі Рейнольдса  $R_e \leq 4 \cdot 10^5$  і в надкритичному режимі – при вищих значеннях числа Рейнольдса.

(4) Circular-section members should be assumed to be in a sub critical regime when the effective Reynold's number  $R_e \leq 4 \cdot 10^5$  and may be assumed to be in a supercritical regime for higher values of  $R_e$  only when they are ice free.

(5) Значення  $R_e$  див. в 7.9.1(1) EN 1991-1-4.

(5) The value of  $R_e$  should be obtained from 7.9.1(1) of EN 1991-1-4.



1 – напрям вітру; 2 – башти квадратного контуру, напрям вітру ( $\theta = 45^\circ$ ); 3 – грань башт квадратного і трикутного контуру проти вітру; 4 – башти трикутного контуру, вітер паралельно грані; 5 – башти трикутного контуру, вітер під кутом ( $\theta = 180^\circ$ )

1 Wind; 2 Square towers, diagonal wind ( $\theta = 45^\circ$ ); 3 Square and triangular towers face on wind; 4 Triangular towers, wind parallel to face; 5 Triangular towers, wind on corner ( $\theta = 180^\circ$ )

Позначки: Позначки див. в В.2.2.1.

Key: For symbols see В.2.2.1.

Рисунок В.2.2 – Коефіцієнт кута дії вітру  $K_\theta$

Figure B.2.2 – Wind incidence factor  $K_\theta$

(6) Якщо відносно одного або всіх елементів допускається надкритичний режим, необхідно перевірити, щоб вище навантаження не виникло при пониженій швидкості вітру відповідно до  $R_e < 4 \cdot 10^5$ .

#### **B.2.2.2 Коефіцієнти загальної нормальної сили**

(1) Значення коефіцієнтів загальної нормальної сили  $c_{f,S,0}$ , використані щодо стрижневої конструкції квадратного або трикутного перерізу  $j$ , яка складається з елементів з площинним і круглим перерізом, приймаються:

$$c_{f,S,0,j} = c_{f,0,f} \frac{A_f}{A_S} + c_{f,0,c} \frac{A_c}{A_S} + c_{f,0,c,sup} \frac{A_{c,sup}}{A_S}, \quad (B.4)$$

де:

$c_{f,0,f}$ ,  $c_{f,0,c}$  та  $c_{f,0,c,sup}$  коефіцієнти сили для секцій, що складаються з елементів площинного, докритичного круглого і надкритичного круглого перерізів відповідно, представлені формулами:

$$c_{f,0,f} = 1,76C_1 [1 - C_2\phi + \phi^2], \quad (B.5a)$$

$$c_{f,0,c} = C_1(1 - C_2\phi) + (C_1 + 0,875)\phi^2 \quad (B.5b)$$

$$c_{f,0,c,sup} = 1,9 - \sqrt{\{(1 - \phi)(2,8 - 1,14C_1 + \phi)\}}, \quad (B.5c)$$

при:

$C_1 = 2,25$  для конструкції квадратного контуру;

1,9 для конструкції трикутного контуру.

$C_2 = 1,5$  для конструкції квадратного контуру;

1,4 для конструкції трикутного контуру.

Де  $\phi$ ,  $A_S$ ,  $A_f$ ,  $A_c$ ,  $A_{c,sup}$  визначені в B.2.2.1.

(2) При розрахунку сил відносно елементів круглого перерізу в надкритичних режимах можна консервативно (із запасом) допустити, що ці елементи знаходяться в докритичних режимах.

(3) Значення цих коефіцієнтів сили див. на рисунку B.2.3.

(6) Where supercritical flow is assumed for any or all members, it should be checked that greater loading does not result under a reduced wind speed corresponding to  $R_e < 4 \cdot 10^5$ .

#### **B.2.2.2 Overall normal force coefficients**

(1) Values of overall normal force coefficients  $c_{f,S,0}$  that are applicable to the structural framework of a square or equilateral triangular section  $j$  composed of both flat-sided and circular-section members, should be taken as:

where:

$c_{f,0,f}$ ,  $c_{f,0,c}$  and  $c_{f,0,c,sup}$  are the force coefficients for sections composed of flat-sided, sub critical circular and supercritical circular-section members, respectively, given by:

with:

$C_1$  equal to: 2,25 for square structures;

1,9 for triangular structures.

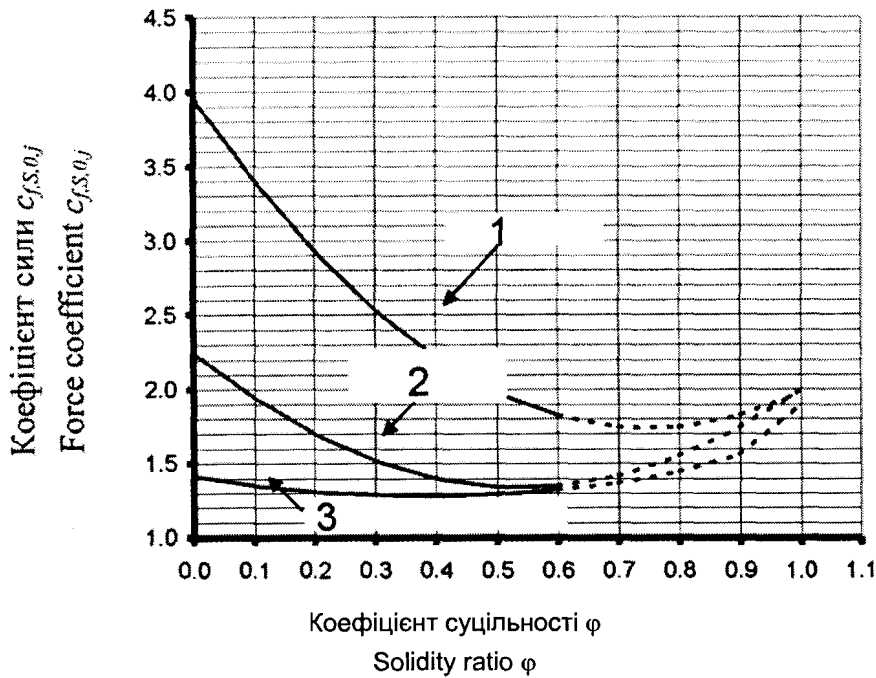
$C_2$  equal to: 1,5 for square structures;

1,4 for triangular structures.

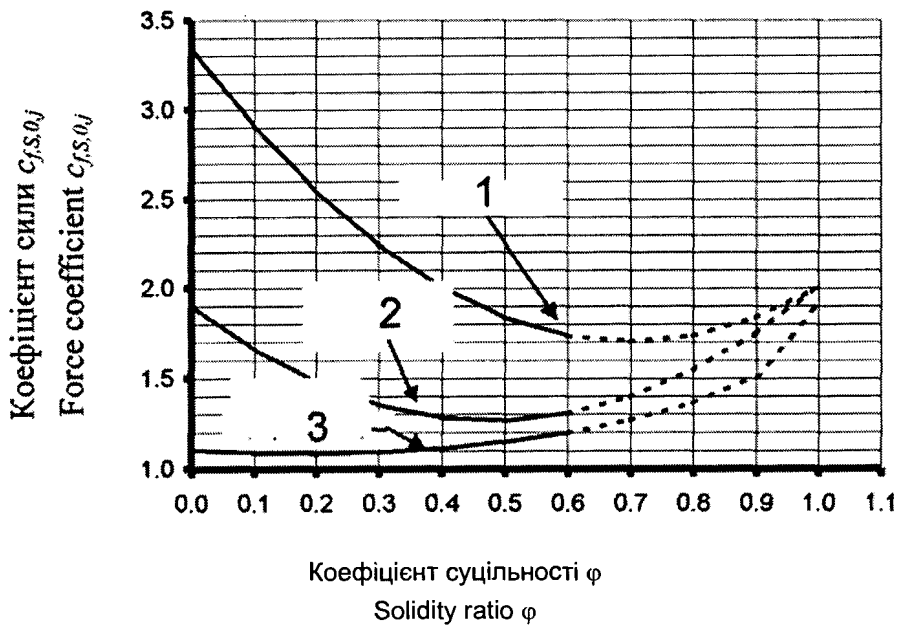
where:  $\phi$ ,  $A_S$ ,  $A_f$ ,  $A_c$ ,  $A_{c,sup}$  are defined in B.2.2.1

(2) For force calculations circular section members in supercritical regimes may conservatively be assumed to be in sub critical regimes.

(3) Approximate values of these force coefficients may be obtained from Figure B.2.3.



а – конструкції квадратного контуру  
(a) Square structures



б – конструкції трикутного контуру  
(b) Triangular structures

**Позначки:**

- 1 – площинний;
- 2 – круглий (надкритичний);
- 3 – круглий (закритичний).

**Примітка.** В конструкціях з  $\phi > 0,6$  необхідно звернути увагу на можливість реакції на коливання впоперек напрямку вітру, див. EN 1991-1-4.

**Key:**

- 1 Flat-sided
- 2 Circular (sub critical)
- 3 Circular (supercritical)

**NOTE:** For structures with  $\phi > 0,6$  consideration should be given to the possibility of cross-wind response due to vortex excitation, see EN 1991-1-4.

**Рисунок В.2.3** – Коефіцієнти загальної нормальної сили для конструкцій квадратного або трикутного перерізу  $c_{f,S,0,j}$

**Figure B.2.3** – Overall normal force coefficients for square and triangular structures  $c_{f,S,0,j}$

### B.2.3 Коефіцієнт вітрового навантаження для лінійних службових елементів

(1) Коефіцієнт вітрового навантаження  $c_{f,A}$  при напрямі вітру на який-небудь лінійний службовий елемент в межах висоти панелі приймається:

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} K_A \sin^2 \psi , \quad (\text{B.6})$$

де:

$c_{f,A,0}$  – коефіцієнт загального аеродинамічного опору елемента і його число Рейнольдса, значення якого наведені в таблиці B.2.1 для окремих ізольованих елементів, і яке можна визначити у відповідності з B.2.7.2 для частин, що складаються з одиночних рам;

$K_A$  – понижувальний коефіцієнт для врахування екранування елемента самою конструкцією, поправка робиться тільки в тому випадку, якщо хоча б одна із граней конструкції ефективно екранує елемент (або навпаки);  $K_A$  наведений в таблиці B.2.2, окрім коефіцієнтів для секцій круглого перерізу в надкритичному потоці, а також допоміжних пристроїв, якщо для них не виконуються обмеження B.2.3(2), в цьому випадку  $K_A = 1,0$ ;

**Примітка.** Якщо  $A_A > A_S$ , то понижувальний коефіцієнт застосовується частіше відносно  $c_{f,S,0}$ , ніж  $c_{f,A}$ . Таким чином, в цих випадках:

$$c_{f,S} = K_{\theta} c_{f,S,0} K_A ,$$

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} \sin^2 \psi ,$$

$\psi$  – кут між вітром і віссю лінійного елемента.

(2)  $K_A$  приймається 1,0 для службових елементів, які не відповідають якому-небудь з нижче наведених обмежень:

а) загальна проекційна площа допоміжних пристроїв, прилеглих до даної грані, менше проекційної площі конструкційних елементів цієї грані (див. рисунок B.2.1);

б) загальна проекційна площа, перпендикулярна до якої-небудь поверхні конструкції якогось-небудь окремого внутрішнього або зовнішнього службового елемента, менше половини загальної площі поверхні панелі (див. рисунок B.2.1);

### B.2.3 Wind force coefficients of linear ancillaries

(1) The wind force coefficient  $c_{f,A}$  in the direction of the wind of any linear ancillary part (including waveguides, feeders, etc.) within a panel height should be taken as:

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} K_A \sin^2 \psi , \quad (\text{B.6})$$

where:

$c_{f,A,0}$  is the overall normal drag coefficient appropriate to the item and its effective Reynold's number, values of which are given in table B.2.1 for common isolated individual members and may be determined in accordance with B.2.7.2 for parts composed of single frames;

$K_A$  is a reduction factor to take account of the shielding of the component by the structure itself and may only be taken into account when at least one face of the structure is effectively shielding the component (or vice versa);  $K_A$  is given in table B.2.2 except for circular sections in supercritical flow and for ancillaries not complying with the constraints of B.2.3 (2) in which case ;

NOTE: Where  $A_A$  is greater than  $A_S$  the reduction factor should be applied to  $c_{f,S,0}$  rather than  $c_{f,A}$ . Thus in such cases:

$$c_{f,S} = K_{\theta} c_{f,S,0} K_A ,$$

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} \sin^2 \psi ,$$

$\psi$  is the angle of wind incidence to the longitudinal axis of any linear member.

(2)  $K_A$  should be taken as 1,0 for ancillary items that do not conform to any of the following restraints:

a) the total projected area of those ancillary parts adjacent to the face under consideration is less than the projected area of the structural members in that face (see Figure B.2.1);

b) the total projected area normal to any face on the structure of any single internal or external ancillary is less than half the gross area of the face of the panel (see figure B.2.1);



с) який-небудь службовий елемент не виступає більш ніж на 10 % за загальну ширину грані конструкції на цьому рівні.

c) any ancillary does not extend more than 10% beyond the total face width of the structure at that level.

**Таблиця В.2.1** – Типові коефіцієнти сили  $c_{f,A,0}$  і  $c_{f,G}$ , для окремих елементів

**Table B.2.1** – Typical force coefficients  $c_{f,A,0}$  and  $c_{f,G}$  for individual components

Тип елемента Member type	Число Рейнольдса $R_e$ (див. EN 1991-1-4) (див. примітку 1) Effective Reynold's number $R_e$ (see EN 1991-1-4) (see NOTE 1)	Коефіцієнт лобового опору $c_{f,A,0}$ або $c_{f,G}$ Drag (pressure) coefficient $c_{f,A,0}$ or $c_{f,G}$	
		Без льоду Ice-free	З ожеледдю Iced
а Площинні листи і прокат (a) Flat-sided sections and plates	Всі значення All values	2,0	2,0
б прокат круглого перерізу і гладкий дріт (b) Circular sections and smooth wire	$\leq 2 \times 10^5$ $4 \times 10^5$ $> 10 \times 10^5$	1,2 0,6 0,7	1,2 1,0 1,0
с багатожильний провід, наприклад, алюмінієвий дріт круглого перерізу, закритий дротяний канат, сталевий спіральний кабель більше ніж із 7 дротів (c) Fine stranded cable, e.g. steel core aluminium round conductor, locked coil ropes, spiral steel strand with more than seven wires	Без льоду Ice free: $\leq 6 \times 10^4$ $\geq 10^5$	1,2 0,9	
	З ожеледдю Iced: $\leq 1 \times 10^5$ $\geq 2 \times 10^5$		1,25 1,0
д скручений багатожильний кабель великого перерізу, канат із пасмами круглого перерізу, спіральний сталевий трос із 7 дротів (1x7) (d) Thick stranded cable, e.g. small wire ropes, round strand ropes, spiral steel strand with seven wires only (1x7)	Без льоду Ice free: $\leq 4 \times 10^4$ $> 4 \times 10^4$	1,3 1,1	
	З ожеледдю Iced: $\leq 1 \times 10^5$ $\geq 2 \times 10^5$		1,25 1,0
е циліндровий елемент із спіральним жолобом глибиною до 0,12 D (Див. примітку 2) (e) Cylinders with helical strakes of depth up to 0.12D (see NOTE 2)	Всі значення All values	1,2	1,2
<p><b>Примітка 1.</b> Значення <math>c_{f,A,0}</math>, відповідні проміжним значенням <math>R_e</math>, можна отримати шляхом лінійної інтерполяції. NOTE 1: For intermediate values of <math>R_e</math>, <math>c_{f,A,0}</math> should be obtained by linear interpolation.</p> <p><b>Примітка 2.</b> Ці значення засновані на загальній ширині, включаючи подвійну глибину жолобка. NOTE 2: These values are based on the overall width, including twice the strake depth.</p> <p><b>Примітка 3.</b> Значення для обмерзлих елементів приймаються при ожеледі; необхідно звернути особливу увагу, якщо вони використовуються відносно паморозевих відкладень (див. ISO 12494). NOTE 3: The values for iced components are relevant for glazed ice; care should be exercised if they are used for rime ice (see ISO 12494).</p> <p><b>Примітка 4.</b> В Національному додатку ці значення можуть бути змінені. NOTE 4: These values may be changed in the National Annex.</p>			

(3) Де необхідно, відповідну крутильну силу потрібно розраховувати, використовуючи належний коефіцієнт, отриманий при випробуванні в аеродинамічній трубі з відповідним масштабним коефіцієнтом при такому крученні.

(3) Where relevant, the corresponding torsional force TAW should be calculated using the appropriate coefficient obtained from wind tunnel tests with the relevant moment arm for such torsion.

**Таблиця В.2.2** – Понижувальний коефіцієнт  $K_A$  для службових елементів

**Table B.2.2** – Table Reduction factor  $K_A$  for ancillary items

Положення службових елементів Position of ancillaries	Понижувальний коефіцієнт $K_A$ Reduction factor, $K_A$	
	Квадратна або трикутна форма в плані Square or rectangular plan form	Трикутна форма в плані Triangular plan form
Усередині секції Internal to the section	0,8	0,8
Ззовні секції External to the section	0,8	0,8

**Примітка.** В Національному додатку ці значення можуть бути змінені.  
NOTE: These values may be changed in the National Annex.

#### **В.2.4 Коефіцієнти вітрового навантаження для окремих службових елементів**

(1) Для окремого службового елемента, такого як рефлектор, коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_{f,A}$  у напрямі вітру приймається:

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} K_A, \quad (B.7)$$

де:

$c_{f,A,0}$  – коефіцієнт навантаження окремого виробу відповідно до напрямку і швидкості вітру визначається при випробуваннях в аеродинамічній трубі, зазвичай надається виробником.

$K_A$  – відповідно до визначення в В.2.3.

(2) Відповідні коефіцієнти бічного вітрового навантаження  $c_{f,A,x}$  і коефіцієнт підйомної сили  $c_{l,A,z}$  необхідно розраховувати як для  $c_{f,A}$ , приймаючи початковий напрям в плані як нормальний до напрямку середнього вітру, а  $c_{f,A,0}$  як відповідний коефіцієнт для бічного вітру і підйомної сили.

(3) Відповідний коефіцієнт зусилля кручення  $T_{AW}$  необхідно розраховувати, використовуючи належний коефіцієнт, отриманий в результаті випробувань в аеродинамічній трубі, у сполученні з масштабним фактором такого кручення.

#### **В.2.4 Wind force coefficients of discrete ancillaries**

(1) For any discrete ancillary item such as a dish reflector, the total wind force coefficient  $c_{f,A}$  in the direction of the wind, should be taken as:

where:

$c_{f,A,0}$  is the force coefficient for the item appropriate to the wind direction and wind speed and should be obtained from wind tunnel tests generally provided by the manufacturer;

$K_A$  is as defined in B.2.3.

(2) The corresponding crosswind force coefficients  $c_{f,A,x}$  and lift coefficient  $c_{l,A,z}$  should be calculated as for  $c_{f,A}$  taking the reference direction in plan as normal to the mean wind direction, and  $c_{f,A,0}$  as the appropriate coefficient for crosswind and lift.

(3) The corresponding torsional force coefficient  $T_{AW}$  should be calculated using the appropriate coefficient, obtained from wind tunnel tests in association with the relevant moment arm for such torsion.

### **V.2.5 Коефіцієнти вітрового навантаження для відтяжок**

(1) Коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_{f,G}$  в напрямку, перпендикулярному до площини, в якому розташована відтяжка і напрям вітру, приймається:

$$c_{f,G} = c_{f,G,0} \sin^2 \psi, \quad (\text{B.8})$$

де:

$c_{f,G}$  – загальноприйнятий коефіцієнт лобового опору, відповідний числу Рейнольдса, значення якого наведені в таблиці B.2.1 для випадків без ожеледі і з ожеледдю;

$\psi$  кут між напрямом вітру і поясом.

**Примітка.** Де необхідно, повинні бути враховані вітрові навантаження на ізолятори відтяжок або шляхом використання належних коефіцієнтів вітрового навантаження на окремі елементи, розташовані по довжині відтяжки, або враховуючи ефект в  $c_{f,G}$ .

### **V.2.6 Коефіцієнти вітрового навантаження в умовах ожеледі**

(1) При визначенні аеродинамічного опору конструкції і службових елементів в умовах ожеледі кожен елемент конструкції, службові елементи і відтяжки необхідно приймати, як покриті льодом з усіх боків завтовшки згідно з додатком С.

(2) Якщо зазори між елементами за відсутності ожеледі не перевищують 75 мм, то допускається, що вони повністю заповнені льодом в умовах ожеледі.

(3) Коефіцієнти навантаження на окремі елементи див. в таблиці B.2.1.

(4) Необхідно розглядати асиметричне обмерзання, коли деякі відтяжки покриті льодом, а деякі вільні від ожеледі (див. додаток С).

### **V.2.7 Настанова для особливих випадків**

#### **V.2.7.1 Коефіцієнт загального вітрового навантаження**

(1) Коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_f$  у напрямі вітру на висоті грані конструкції трикутного або квадратного перерізу, або конструкції з прямокутним перерізом можна визначити у відповідності з (2).

**Примітка.** При розрахунку конструкцій трикутного або квадратного перерізу необхідно використовувати метод, наведений в B.2.1.3.

### **B.2.5 Wind force coefficients of guys**

(1) The wind force coefficient  $c_{f,G}$  normal to the guys in the plane containing the guy and the wind should be taken as:

where:

$c_{f,G}$  is the overall normal drag coefficient appropriate to the effective Reynold's number, the values of which are given in table B.2.1 for both ice-free and iced conditions;

$\psi$  is the angle of wind incidence to the chord.

**NOTE:** The wind force on guy insulators, where relevant, should be accounted for, either by using their appropriate wind force coefficients as individual elements along the guy, or by smearing their effect into  $c_{f,G}$ .

### **B.2.6 Wind force coefficients under iced conditions**

(1) In determining the wind resistance of a structure and ancillaries under iced conditions, each element of the structure, ancillary parts and guys should be taken as coated on all sides by ice, with a thickness equal to that given in Annex C.

(2) Where the gap between components when not iced, is less than 75 mm, this should be assumed to be completely filled by ice under icing conditions.

(3) Force coefficients of individual members should be obtained from table B.2.1.

(4) Consideration should be given to asymmetric ice in which some guys are iced and some are ice-free (see Annex C).

### **B.2.7 Guidance for special cases**

#### **B.2.7.1 Total wind force coefficient**

(1) The total wind force coefficient  $c_f$  in the direction of the wind over a panel height of a square or triangular structure or of a structure of rectangular unequal sided cross-section may be determined from (2) below.

**NOTE:** For the design of square or equilateral triangular structures the method given in B.2.1.3 should be used.

(2) Коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_f$  у напрямі вітру на висоті грані можна визначити таким чином:

– для конструкції прямокутного або квадратного перерізу:

$$c_f = c_{1e} \cos^2 \theta_1 + c_{2e} \sin^2 \theta_1; \quad (\text{B.9})$$

– для конструкції трикутного перерізу:

$$c_f = c_{1e} \cos^2 \left( \frac{3\theta_1}{4} \right) + c_{2e} \sin^2 \left( \frac{3\theta_1}{4} \right), \quad (\text{B.10})$$

де:

$c_{1e}$  – коефіцієнт ефективного вітрового навантаження, визначений таким чином:

– для конструкції прямокутного або квадратного перерізу:

$$c_{1e} = (c_1 + \eta_1 c_3) K_{\theta 1};$$

– для конструкції трикутного перерізу:

$$c_{1e} = \left\{ c_1 + \frac{\eta_1}{2} (c_2 + c_3) \right\} K_{\theta 1},$$

$c_{2e}$  – коефіцієнт ефективного вітрового навантаження, визначений таким чином:

– для конструкції прямокутного або квадратного перерізу:

$$c_{2e} = (c_2 + \eta_2 c_4) K_{\theta 2};$$

– для конструкції трикутного перерізу:

$$c_{2e} = \left\{ c_2 + \frac{\eta_2}{2} (c_1 + c_3) \right\} K_{\theta 2}$$

$c_1 - c_4$  – коефіцієнти вітрового навантаження, представлені формулами:

$$c_1 = c_{f,S1} A_{S1} / \sum A + c_{f,A1} A_{A1} / \sum A;$$

$$c_2 = c_{f,S2} A_{S2} / \sum A + c_{f,A2} A_{A2} / \sum A;$$

$$c_3 = c_{f,S3} A_{S3} / \sum A + c_{f,A3} A_{A3} / \sum A;$$

$$c_4 = c_{f,S4} A_{S4} / \sum A + c_{f,A4} A_{A4} / \sum A;$$

$A_{S1} - A_{S4}$  – площі, спроектовані перпендикулярно до граней 1, 2, 3 і 4 відповідно розглянутих компонентів як конструкційні елементи в межах однієї висоти панелі граней 1, 2, 3 і 4, включаючи ожеледь, де необхідно (див. рисунок В.2.1);

$A_{A1} - A_{A4}$  – площі, спроектовані перпендикулярно до граней 1, 2, 3 і 4 відповідно службових

(2) The total wind force coefficient,  $c_f$ , in the direction of the wind over a panel height may be determined as follows:

– for square and rectangular structures:

$$c_f = c_{1e} \cos^2 \theta_1 + c_{2e} \sin^2 \theta_1; \quad (\text{B.9})$$

– for triangular structures:

$$c_f = c_{1e} \cos^2 \left( \frac{3\theta_1}{4} \right) + c_{2e} \sin^2 \left( \frac{3\theta_1}{4} \right), \quad (\text{B.10})$$

where:

$c_{1e}$  is an effective wind force coefficient given by the following:

– for square and rectangular structures:

$$c_{1e} = (c_1 + \eta_1 c_3) K_{\theta 1};$$

– for triangular structures:

$$c_{1e} = \left\{ c_1 + \frac{\eta_1}{2} (c_2 + c_3) \right\} K_{\theta 1},$$

$c_{2e}$  is an effective wind force coefficient given by the following:

– for square and rectangular structures:

$$c_{2e} = (c_2 + \eta_2 c_4) K_{\theta 2};$$

– for triangular structures:

$$c_{2e} = \left\{ c_2 + \frac{\eta_2}{2} (c_1 + c_3) \right\} K_{\theta 2}$$

$c_1 - c_4$  to are wind force coefficients given by:

$$c_1 = c_{f,S1} A_{S1} / \sum A + c_{f,A1} A_{A1} / \sum A;$$

$$c_2 = c_{f,S2} A_{S2} / \sum A + c_{f,A2} A_{A2} / \sum A;$$

$$c_3 = c_{f,S3} A_{S3} / \sum A + c_{f,A3} A_{A3} / \sum A;$$

$$c_4 = c_{f,S4} A_{S4} / \sum A + c_{f,A4} A_{A4} / \sum A;$$

$A_{S1} - A_{S4}$  to are the areas projected normal to faces 1, 2, 3 and 4, respectively, of the components treated as structural members within the same panel height of faces 1, 2, 3 and 4 including icing, where appropriate (see Figure B.2.1);

$A_{A1} - A_{A4}$  to are the areas projected normal to the faces 1, 2, 3 and 4 respectively of the ancillary

елементів в межах однієї висоти панелі граней 1, 2, 3 і 4, включаючи ожеледь, де необхідно (див. рисунок В.2.1);

$C_{f,S1} - C_{f,S4}$  – коефіцієнти вітрового навантаження, відповідні граням 1-4 компонентів, що розглядаються як конструкційні елементи, які можна визначити згідно з В.2.7.2;

$C_{f,A1} - C_{f,A4}$  – коефіцієнти вітрового навантаження, відповідні граням 1-4 службових елементів, що не розглядаються як конструкційні елементи, які визначаються згідно В.2.3 або В.2.4 залежно від ситуації, але у всіх випадках при  $K_A = 1,0$ ;

$\eta_1$  і  $\eta_2$  ефективні коефіцієнти екранування граней 1 і 2 відповідно, включаючи конструкційні елементи і службові елементи:

- у разі конструкцій квадратного перерізу  $\eta_1$  і  $\eta_2$  необхідно позначати:  $\eta_e$ ;
- у разі конструкцій трикутного перерізу  $\eta_1$  і  $\eta_2$  необхідно позначати:  $0,67\eta_e$ ;
- у разі конструкцій прямокутного перерізу  $\eta_1$  і  $\eta_2$  необхідно позначати  $\eta_e + 0,15(\omega - 1) \times (\varphi - 0,1)$ , але не більше 1,0;

$$\eta_e = \eta_f (A_f + 0,83A_c + 2,1A_{c,sup} + A_A) / (A_S + A_A),$$

але не більше 1,0;

$\eta_f$  представлено формулою:  $\eta_f = (1 - \varphi)^{1,89}$  і представлено графічно на рисунку В.2.4

де:

$A_f, A_c, A_{c,sup}$  визначаються в В.2.2.1 застосовуються для граней 1 або 2;

$A_S = A_f + A_c + A_{c,sup}$  (див. В.2.2.1(2));

$A_A$  – проекційна площа, перпендикулярна до поверхні службових елементів, що не розглядаються як конструкційні, застосовується до граней 1-4, залежно від ситуації;

$\varphi$  коефіцієнт суцільності, відповідний граням 1 або 2, як показано на рисунку В.2.2, але включаючи як конструкційні, так і службові компоненти.

Таким чином

$\omega$  – просторове співвідношення для конструкцій прямокутного перерізу, яке дорівнює відстані між даною гранню і паралельною їй, поділене на ширину грані на рівні центральної осі панелі, але яке приймається не меншим ніж 1,0;

items within the same panel height of faces 1, 2, 3, 4 including icing where appropriate (see Figure B.2.1).

$C_{f,S1} - C_{f,S4}$  to are the force coefficients appropriate to faces 1 to 4, respectively, of the components treated as structural members which may be determined in accordance with B.2.7.2;

$C_{f,A1} - C_{f,A4}$  to are the wind force coefficients appropriate to faces 1 to 4, respectively, for the ancillary items not treated as structural members, determined in accordance with B.2.3 or B.2.4, as appropriate but taking  $K_A = 1,0$  in all cases;

$\eta_1$  and  $\eta_2$  are the effective shielding factors for faces 1 and 2, respectively, including both structural and ancillary components:

- for square structures  $\eta_1$  and  $\eta_2$  should be taken as:  $\eta_e$ ;
- for triangular structures  $\eta_1$  and  $\eta_2$  should be taken as:  $0,67\eta_e$ ;
- for rectangular structures  $\eta_1$  and  $\eta_2$  should be taken as:  $\eta_e + 0,15(\omega - 1)(\varphi - 0,1)$ , but not greater than 1,0

but not greater than 1,0;

$\eta_f$  is given by:  $\eta_f = (1 - \varphi)^{1,89}$  and is plotted in Figure B.2.4

where:

$A_f, A_c, A_{c,sup}$  are as defined in B.2.2.1 applicable to faces 1 or 2, as appropriate;

$A_S = A_f + A_c + A_{c,sup}$  (see B.2.2.1(2));

$A_A$  is the projected area normal to the face of the ancillary items not treated as structural members applicable to faces 1 to 4, as appropriate;

$\varphi$  is the solidity ratio appropriate to face 1 or 2, as defined in Figure B.2.2, but including both structural and ancillary components

Thus

$$\varphi = \frac{A_S + A_A}{hb},$$

$\omega$  is the spacing ratio for rectangular structures, equal to the distance between the face considered and that parallel to it divided by the width of the face considered at the level of the centroid of the panel area but not to be taken as less than 1,0;

$K_{\theta 1}$  і  $K_{\theta 2}$  визначаються згідно з В.2.2.1, застосовуються щодо граней 1 або 2, використовуючи  $(A_S + A_A)A_f$  і  $\varphi$  в значеннях, наведених в даному пункті;

$\theta_1$  кут напряму вітру до нормалі грані 1.

(3) Для конструкцій з  $\varphi > 0,6$  необхідно розглянути можливість впливу бічних сил внаслідок вихрового збудження, див. EN 1991-1-4.

(4) Коефіцієнти загального навантаження внаслідок вихрового збудження на панель  $c_{fx}$  необхідно визначати згідно (2), але приймаючи початковий напрям в плані як нормальний до напрямку середнього вітру.

(5) Коефіцієнт загального вітрового навантаження  $c_f$  у напрямі вітру на висоті грані полігональної конструкції (з кількістю граней більше 4) необхідно визначати на підставі належних випробувань в аеродинамічній трубі згідно з 1.5 EN 1991-1-4.

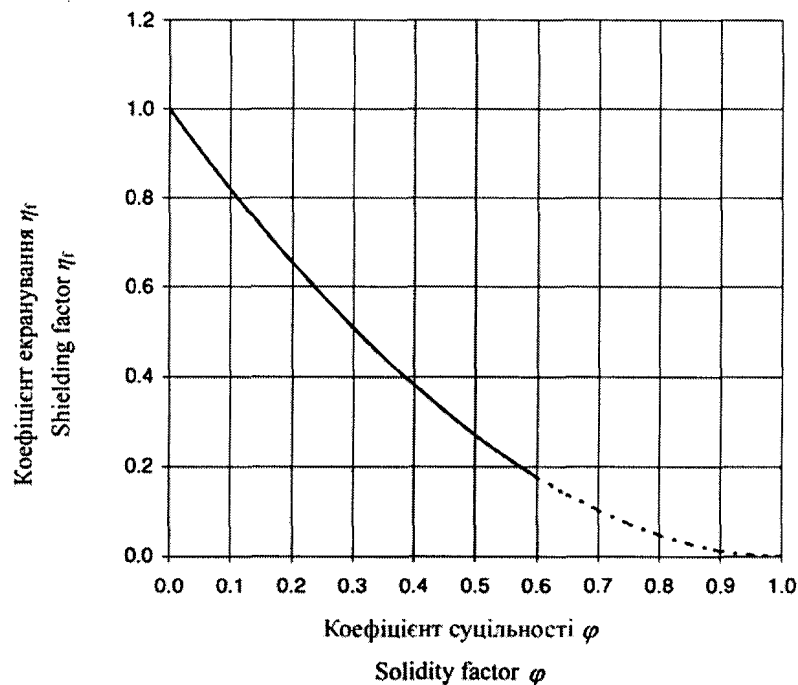
$K_{\theta 1}$  and  $K_{\theta 2}$  are to be obtained from B.2.2.1, applicable to faces 1 or 2, as appropriate, using  $(A_S + A_A)A_f$  and  $\varphi$  as defined in this subclause;

$\theta_1$  is the plan angle of incidence of wind to the normal to face 1.

(3) For structures with  $\varphi > 0,6$  consideration should be given to the possibility of cross-wind response due to vortex excitation, see EN 1991-1-4.

(4) The total crosswind force coefficients over a panel  $c_{fx}$  should be determined as in (2), but taking the reference direction as normal in plan to the mean wind direction.

(5) The total wind force coefficient,  $c_f$ , in the direction of the wind over a panel height of polygonal shaped structures (with greater than four faces) should be determined from properly scaled wind tunnel tests in accordance with 1.5 of EN 1991-1-4.



**Рисунок В.2.4** – Коефіцієнт екранування  $\eta_f$  для одиночних рам, що складаються з елементів з площинним перерізом

**Figure B.2.4** – Shielding factor for  $\eta_f$  single frames composed of flat-sided members

### **В.2.7.2 Коефіцієнт загального вітрового навантаження одиночних рам**

(1) Значення коефіцієнтів нормальної сили  $c_f$  для одиночних рам, що складаються з елементів з площинним і круглим перерізом, приймається:

### **B.2.7.2 Wind force coefficients for single frames**

(1) Values of normal force coefficients  $c_f$  for single frames composed of both flat-sided and circular-section members should be taken as:

$$c_f = c_{f,f} \frac{A_f}{A_S} + c_{f,c} \frac{A_c}{A_S} + c_{f,c,sup} \frac{A_{c,sup}}{A_S}, \quad (B.11)$$

де:

$c_{f,f}$ ,  $c_{f,c}$  і  $c_{f,c,sup}$  – коефіцієнти нормальної сили елементів з площинним і докритичним круглим перерізом і закритичним круглим перерізом відповідно представлені формулами:

$c_{f,f}$  – коефіцієнт сили для окремих рам, дорівнює:

$$1,58 + 1,05(0,6 - \varphi)^{1,8} \text{ для (for) } \varphi \leq 0,6,$$

$$1,58 + 2,625(\varphi - 0,6)^2 \text{ для (for) } \varphi > 0,6,$$

$A_f$ ,  $A_c$ ,  $A_{c,sup}$ ,  $A_S$  та  $\varphi$  визначається в B.2.7.1.

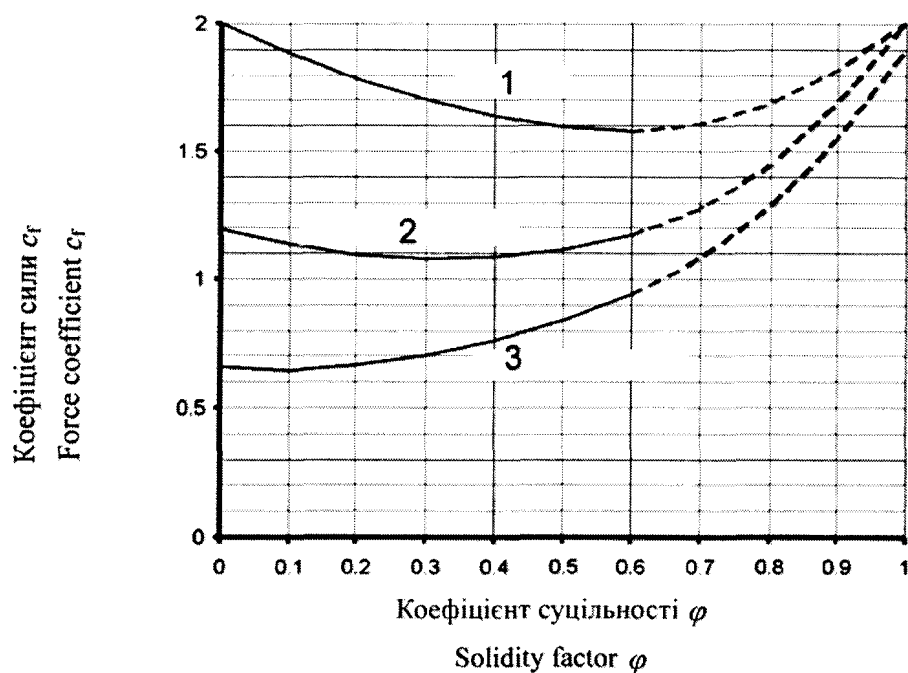
$A_f$ ,  $A_c$ ,  $A_{c,sup}$ ,  $A_S$  and  $\varphi$  are as defined in B.2.7.1.

$$c_{f,c} = (0,6 + 0,4\varphi^2) c_{f,f},$$

$$c_{f,c,sup} = (0,33 + 0,62\varphi^{5/3}) c_{f,f}$$

(2) Значення цих коефіцієнтів аеродинамічного опору наведені на рисунку B.2.5.

(2) Approximate values of these drag coefficients are given in Figure B.2.5.



**Позначки:**

1 – площинний переріз;

2 – круглий переріз (докритичний);

3 – круглий переріз (надкритичний).

**Примітка.** Конструкції з  $\varphi > 0,6$  див. в B.2.7.1(3).

**Key:**

1 Flat-sided

2 Circular (subcritical)

3 Circular (supercritical)

**NOTE:** For structures with  $\varphi > 0,6$  see B.2.7.1(3).

**Рисунок B.2.5** – Коефіцієнт нормальної сили  $c_f$  для одиночних рам

**Figure B.2.5** – Normal force coefficient  $c_f$  for single frames

## B.3 Реакція ґратчастих башт

### B.3.1 Критерії статичних методів

(1) Як правило, при виконанні умов, наведених в B.3.1(3), застосовується еквівалентний статичний метод, див. B.3.2. Інакше необхідно застосовувати складніші методи, наприклад, метод спектрального аналізу, див. B.3.3. Необхідна консультація фахівця.

(2) Еквівалентний статичний метод включає допуски на динамічне посилення реакції, типове для більшості башт, які можуть бути запроєктовані відповідно до даного стандарту. Перевірка використання статичної процедури згідно з формулою (B.12) розглядається тільки в якості настанови. Динамічна реакція зазвичай збільшується у верхніх панелях будь-якої башти, особливо при концентрованій установці великої кількості службових елементів або при використанні увігнутого контуру (Ейфелізація). У таких випадках при використанні статичного методу необхідно звернути особливу увагу на башти, в яких ці ефекти значно вищі, ніж в типових конструкціях.

(3) Еквівалентний статичний метод можна застосовувати, якщо:

$$\frac{7m_T}{\rho_s c_{fT} A_T \sqrt{d_B \tau_0}} \left( \frac{5}{6} - \frac{h_T}{h} \right)^2 < 1, \quad (\text{B.12})$$

де:

$c_{fT} A_T$  – сума площі панелі, яка сприймає вітрове навантаження (включаючи службові елементи), починаючи з вершини башти таким чином, що  $c_{fT} A_T$  менше 1/3 загального результату підсумовування  $c_{fT} A_T$  для всієї башти (у м<sup>2</sup>);

$\rho_s$  – щільність матеріалу конструкцій башти, кг/м<sup>3</sup>;

$m_T$  – загальна маса панелей, складових  $c_{fT}$ , кг;

$h$  – висота башти, м;

$h_T$  – загальна висота панелей, складових  $c_{fT}$ , але не більш  $h/3$ , м;

$\tau_0$  – константа об'єм/опір, прийнята 0,001 м;

$d_B$  – висота у напрямі вітру, яка дорівнює:

- основному діаметру  $d$  для башт прямокутного перерізу, м;
- 0,75× ширина бази башти трикутного перерізу, м.

## B.3 Response of lattice towers

### B.3.1 Criteria for static methods

(1) The equivalent static method, see B.3.2, should usually be used if the criteria in B.3.1(3) are met. If not, more complex methods such as the spectral analysis method, see B.3.3, should be used. Specialist advice is necessary.

(2) The equivalent static method includes an allowance for the dynamic amplification of response that is typical of the majority of towers likely to be constructed in accordance with this standard. The check for applicability of the static procedure according to equation (B.12) should be considered for guidance only. Dynamic augmentation generally increases in successively higher panels of any tower, particularly when supporting large concentrations of ancillary items or when using a concave outline profile (Eiffelization). In such cases caution should be exercised in applying the static procedure to towers where these effects are considerably more than those typically encountered.

(3) The equivalent static procedures may be used if:

where:

$c_{fT} A_T$  is the sum of the panel wind forces (including ancillaries), commencing from the top of the tower, such that  $c_{fT} A_T$  is just less than one-third of the overall summation  $c_{fT} A_T$  for the whole tower (in m<sup>2</sup>);

$\rho_s$  is the density of the material of the tower structure (in kg/m<sup>3</sup>);

$m_T$  is the total mass of the panels making up  $c_{fT}$  (in kg);

$h$  is the height of the tower (in m);

$h_T$  is the total height of the panels making up  $c_{fT}$  but not greater than  $h/3$  (in m);

$\tau_0$  is a volume/resistance constant taken as 0,001 m;

$d_B$  is the depth in the direction of the wind, equal to:

- base  $d$  for rectangular towers (in m);
- 0,75× base width for triangular towers (in m).



### **В.3.2 Еквівалентний статичний метод**

#### **В.3.2.1 Загальні положення**

(1) Відносно башт, споруджених із поясів з триангульованими в'язевими елементами, з/без службових елементів, опір яких розрахований в В.2.2, максимальні зусилля в елементі конструкції повинні бути визначені відповідно до В.3.2.2.1–В.3.2.2.5. Відносно башт несиметричної конструкції з поясів з триангульованими в'язевими елементами, з службовими елементами або башт, опір яких розрахований згідно з В.2.7, максимальні зусилля в елементі конструкції необхідно визначати у відповідності з В.3.2.2.6.

**Примітка.** Відносно симетричних башт трикутного і квадратного перерізу вітрові навантаження від вихорового збудження не є значними і тому при проектуванні можуть не враховуватися. Відносно несиметричних башт такі навантаження повинні бути враховані.

#### **В.3.2.2 Вітрове навантаження**

##### **В.3.2.2.1 Загальні положення**

(1) Вітрове навантаження у напрямі вітру на башту визначається згідно з (5.3) EN 1991-1-4, але з використанням коефіцієнтів вітрового навантаження, наведених в В.2 цього додатка.

(2) Навантаження середнього вітру при напрямі вітру на башту  $F_{m,W}(z)$  приймається, як:

$$F_{m,W}(z) = \frac{q_p}{1 + 7I_v(z_e)} \sum c_f A_{ref} . \quad (\text{B.14a})$$

(3) Еквівалентне навантаження від поривів вітру при напрямі вітру на башту  $F_{T,W}(z)$  визначається за формулою:

$$F_{T,W}(z) = F_{m,W}(z) \left[ 1 + \left( 1 + 0,2 \left( z_m / h \right)^2 \right) \frac{[1 + 7I_v(z_e)] c_s c_d - 1}{c_o(z_m)} \right], \quad (\text{B.14b})$$

де:

$I_v$  – інтенсивність турбулентності відповідно до EN 1991-1-4;

$c_s c_d$  – конструктивний коефіцієнт, див. розділ 6.3 EN 1991-1-4;

$z_m$  – висота над землею, на якій необхідно визначити ефект навантаження;

$h$  – загальна висота башти;

$c_o$  – орографічний чинник згідно з EN 1991-1-4.

### **В.3.2 Equivalent static method**

#### **В.3.2.1 General**

(1) For symmetrical towers constructed of leg members with triangulated bracings, with or without ancillaries for which the resistance has been calculated by B.2.2, maximum member forces should be derived in accordance with B.3.2.2.1 to B.3.2.2.5. For unsymmetric towers constructed of leg members with triangulated bracings and containing ancillaries, or for towers for which the resistance has been calculated by B.2.7 the maximum member forces should be determined in accordance with B.3.2.2.6.

**NOTE:** For symmetric triangular and square towers the wind loads in the cross-wind direction will not govern design and may thus be ignored. For unsymmetric towers these loads are taken into consideration.

#### **В.3.2.2 Wind loading**

##### **В.3.2.2.1 General**

(1) The wind force in the direction of the wind on the tower should be determined with (5.3) of EN 1991-1-4, but using the wind force coefficients given in B.2 of this Annex.

(2) The mean wind load in the direction of the wind on the tower  $F_{m,W}(z)$  should be taken as:

(3) The equivalent gust wind load in the direction of the wind on the tower  $F_{T,W}(z)$  should be determined from:

where:

$I_v$  is the turbulence intensity according to EN 1991-1-4;

$c_s c_d$  is the structural factor from section 6.3 of EN 1991-1-4;

$z_m$  is the height above the base at which the load effect is required;

$h$  is the overall tower height;

$c_o$  is the orography factor according to EN 1991-1-4.

**B.3.2.2.2** Навантаження при розрахунку зусиль в елементі конструкції або фундаменті

(1) Максимальне зусилля  $S_{max}$  в елементі конструкції або діючої сили на фундаменти необхідно визначати на основі  $F_{m,W}$  і збільшувати з урахуванням коефіцієнта:

$$S_{max} = S_{m,W} \left[ 1 + \left( 1 + 0,2 \left( z_m / h \right)^2 \right) \frac{[1 + 7I_v(z_e)] c_s c_d - 1}{c_o(z_m)} \right]$$

(див. також (B.14b)) (see also (B.14b))

(B.15)

де:

$S_W$  – зусилля в елементі конструкції або фундаменті, визначені на основі середнього вітрового навантаження  $F_{m,W}$ .

**B.3.2.2.3** Навантаження при розрахунку зсувних зусиль

(1) Навантаження, використовуване при розрахунку зусиль у в'язевих елементах, повинно бути засноване на конфігурації башти.

**Примітка.** Зусилля зсуву у фундаменті визначені в B.3.2.2.2.

(2) Щодо башт з таким нахилом поясів, що при проекції вони перетинаються над вершиною башти (див. рисунок B.3.1(a)), максимальна сила в'язей або зсуву над заданим рівнем визначається згідно з B.3.2.2.2.

**Примітка.** Зусилля у в'язевих елементах при зміні нахилу стояків можуть включати складові зусиль в поясах і сили зсуву.

(3) Щодо башт, в яких пояси нахилені так, що при проекції вони перетинаються нижче за вершину башти (див. рисунок B.3.1(b)), необхідно виконати два розрахунки місцевих розподілених навантажень, використовуючи:

а) середнє вітрове навантаження  $F_{m,W}(z)$  під перерізом і еквівалентне навантаження вітрового натиску  $F_{T,W}(z)$  над перерізом.

б) середнє вітрове навантаження  $F_{m,W}(z)$  над перерізом і еквівалентне навантаження вітрового тиску  $F_{T,W}(z)$  під перерізом.

(4) За наявності більше за один такий переріз для кожної панелі необхідно провести розрахунок двох випадків місцевого розподіленого навантаження, див. рисунок B.3.1(c).

**Примітка.** Відносно в'язевих елементів над верхньою точкою перерізу можна використовувати метод, наведений в B.3.2.2.3(2).

**B.3.2.2.2** Loading for calculating member forces or foundation forces

(1) The maximum member force  $S_{max}$ , or forces on foundations should be determined from  $F_{m,W}$  and increased by a factor:

where:

$S_W$  is the member force or foundation force determined from the mean wind load  $F_{m,W}$ .

**B.3.2.2.3** Loading for calculating shear forces

(1) The loading to be used to calculate bracing member forces should be based on the configuration of the tower.

NOTE: Shear forces on foundations are determined from B.3.2.2.2.

(2) For towers in which the leg slopes are such that, when projected, they intersect above the top of the tower (see Figure B.3.1(a)) the maximum bracing force, or shear above a given level should be determined from B.3.2.2.2.

NOTE: Forces in bracing members at leg slope changes may have components from the leg force and from the shear.

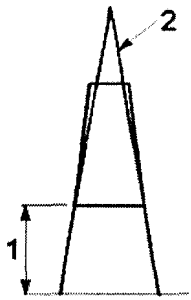
(3) For towers in which the legs in the panel being considered are inclined such that, when projected, they intersect below the height of the tower (see Figure B.3.1(b)), two 'patch' loading analyses should be undertaken with:

a) the mean wind loading,  $F_{m,W}(z)$ , considered below the intersection and an equivalent 'gust' wind load  $F_{T,W}(z)$  above the intersection.

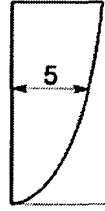
b) the mean wind loading,  $F_{m,W}(z)$ , considered above the intersection and an equivalent 'gust' wind load  $F_{T,W}(z)$  below the intersection.

(4) For more than one such intersection, two patch loading cases should be analysed for each panel, see Figure B.3.1(c).

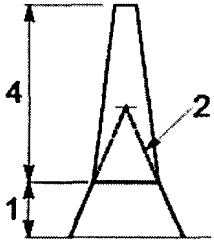
NOTE: For bracing members above the highest intersection point the procedure of B.3.2.2.3(2) may be used.



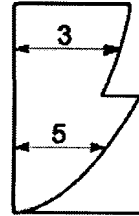
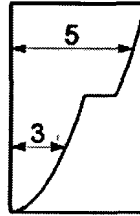
a – випадок 1  
(a) Case 1



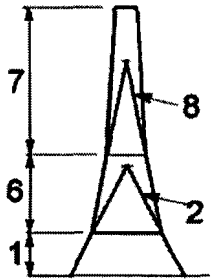
Всі зсуви, визначені на основі середнього навантаження і коефіцієнта вітрового тиску, який враховує пульсації  
All shears determined from mean loading and gust response factor



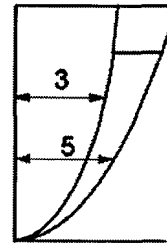
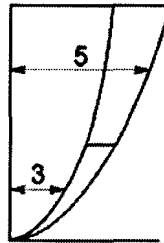
b – випадок 2  
(b) Case 2



Місцеве розподілене навантаження на панель "А"  
Patch loading for panel "A"



c – випадок 3  
(c) Case 3



Місцеве розподілене навантаження на панель "А"  
Patch loading for panel "A":  
локальна частина (patch) 1 ———  
локальна частина (patch) 2 - - - -

Місцеве розподілене навантаження на панель "В"  
Patch loading for panel "B":  
локальна частина (patch) 1 ———  
локальна частина (patch) 2 - - - -

**Позначки:**

- 1 – Панель "А";
- 2 – Проекція поясів панелі "А";
- 3 – Середнє;
- 4 – Панель "А", як у випадку 1, див. панелі вище;
- 5 – Порив вітру;
- 6 – Панель "В";
- 7 – Панель "В", як у випадку 1, див. панелі вище;
- 8 – Проекція поясів панелі "В".

**Key:**

- 1 Panel "A"
- 2 Projection of legs from panel "A"
- 3 mean
- 4 Panel "A" as case 1, treat panels above
- 5 "gust"
- 6 Panel "B"
- 7 Panel "B" as case 1, treat panels above
- 8 Projection of legs from panel "B"

**Рисунок В.3.1 – Зсувне місцеве розподілене навантаження**  
**Figure B.3.1 – Shear patch loading**

#### **В.3.2.2.4** Навантаження на троси і відтяжки, що підтримують башту

(1) Максимальне вітрове навантаження на троси і відтяжки у напрямі вітру  $F_{c/GW}(z)$  необхідно приймати:

$$F_{c/GW}(z) = \frac{q_p(z)}{1 + 7I_V(z)} \sum c_{f,G} \cdot A_G \cdot \left[ 1 + \frac{[1 + 7I_V(z)] c_s c_d - 1}{c_o(z)} \right], \quad (\text{B.16})$$

де:

$q_p(z)$  – вітровий тиск на розрахунковій висоті троса,  $z$  метрів над рівнем ґрунту майданчика, визначений відповідно до EN 1991-1-4;

$\sum c_{f,G}$  – коефіцієнт загального вітрового навантаження на відтяжку/трос у напрямі вітру, визначений у відповідності до В.2.

#### **В.3.2.2.5** Навантаження при розрахунку відхилень і поворотів

(1) Відхилення і повороти, як правило, мають значення тільки для виконання вимог експлуатаційної придатності. Критерії експлуатаційної придатності повинні бути визначені замовником в технічних вимогах до проекту (див. 7.2.2).

#### **В.3.2.2.6** Вітрове навантаження несиметричних башт або башт з складним допоміжним устаткуванням

(1) Щодо несиметричних башт або башт з несиметрично розташованим допоміжним устаткуванням великого розміру і/або з тросами, що викликають крутильне зусилля і поперечне навантаження, в загальному навантаженні через ефект вітрового навантаження необхідно враховувати комбіновану дію вітру на окремі частини, як за вітром, так і проти вітру, де необхідно.

(2) Ефекти змінного навантаження, викликані вихровим збудженням, необхідно враховувати у сполученні з ефектами навантаження "за вітром".

(3) У таких випадках для визначення ефектів загального навантаження ефект середнього навантаження "за вітром" необхідно відокремити від змінного вітрового ефекту. Тому розрахунок конструкції башти повинен проводитися при середньому вітровому навантаженні у напрямі вітру ( $F_{m,W}(z)$ ), як вказано в В.3.2.2.1(1).

#### **В.3.2.2.4** Loading on cables and guys supported by the tower

(1) The maximum wind loading on cables and guys in the direction of wind  $F_{c/GW}(z)$  should be taken as:

where:

$q_p(z)$  is the peak wind pressure at the effective height of the cable,  $z$  metres above site ground level determined in accordance with EN 1991-1-4;

$\sum c_{f,G}$  is the total wind force coefficient on the guy/cable in the direction of the wind, determined in accordance with В.2;

#### **В.3.2.2.5** Loading for calculating deflections and rotations

(1) Deflections and rotations are normally only important to satisfy serviceability requirements. The serviceability criteria should be defined by the client in the project specification (see 7.2.2).

#### **В.3.2.2.6** Wind loading for unsymmetrical towers or towers with complex attachments

(1) For unsymmetrical towers or towers that contain unsymmetrically placed large ancillaries and/or cables imposing significant torsional and crosswind loads, the total forces due to the effect of wind load should allow for the combined action of wind on individual parts, both along wind and crosswind, when appropriate.

(2) The fluctuating load effects caused by cross wind turbulence should be considered in conjunction with along wind load effects.

(3) To determine the total load effects in such cases the mean along wind load effect should be separated from the fluctuating wind load effect. Thus the tower should be analysed under the mean wind load in the direction of the wind ( $F_{m,W}(z)$ ) as determined from В.3.2.2.1(1).

**Примітка.** За наявності тросів необхідно застосовувати середнє навантаження на троси ( $F_{m,W}(z)$ ) (див. B.3.2.2.4).

(4) Окремі ефекти навантаження необхідно у цьому випадку розраховувати таким чином:

a) ефект середнього вітрового навантаження  $S_{m,TW}$ , визначений на основі вітрового навантаження  $F_{m,W}(z)$ ;

b) ефект змінного лінійного вітрового навантаження  $S_{1,TW}$  визначається за формулою:

$$S_{1,TW} = S_{m,TW} \frac{[1 + 7I_v(z)] c_s c_d - 1}{c_o(z_m)} \left( 1 + 0,2 \left( \frac{z_m}{h} \right)^2 \right); \quad (B.17)$$

c) вихрове збудження в бічному напрямі викликає змінне вітрове навантаження ( $S_{1,TX}$ ), яке за відсутності іншої інформації визначається за формулою:

$$S_{1,TX} = K_X \left( \frac{\sum c_X}{\sum c_f} \right) S_{1,TW}, \quad (B.18)$$

де:

$K_X$  – поправочний коефіцієнт сили вихрового збудження;

$S_{cX}$  – коефіцієнт поперечної підйомної сили конструкції (і службових елементів, за наявності) на висоті даної панелі.

**Примітка 1.** Значення  $K_X$  може бути наведене в Національному додатку. Рекомендоване значення  $K_X = 1,0$ .

**Примітка 2.** Вихрове збудження викликає змінні вітрові навантаження навіть в симетричних баштах; проте такі навантаження, як правило, не впливають на критично навантажені елементи (окрім втомного навантаження).

(5) Ефект загального навантаження  $\Sigma S_T$  в результаті впливу вітру в будь-якому елементі приймається:

$$S_T = S_{m,TW} + S_{m,cw} + \sqrt{S_{1,TW}^2 + S_{1,TX}^2 + S_{cables}^2}. \quad (B.20)$$

### B.3.3 Метод спектрального аналізу

(1) Якщо реакція на повздовжні вітрові навантаження розраховується за допомогою спектрального аналізу, то метеорологічні умови повинні відповідати вказаним в EN 1991-1-4, а коефіцієнти вітрового навантаження – вказаним в B.2. Крім того, приймаються параметри, визначені в додатку B EN 1991-1-4, за відсутності точніших даних.

NOTE: If cables are present the mean load on the cables ( $F_{m,W}(z)$ ) should be used (see B.3.2.2.4).

(4) The individual load effects should then be calculated as:

a) the mean wind load effect,  $S_{m,TW}$ , determined from the mean wind load  $F_{m,W}(z)$ ;

b) the fluctuating in line wind effect,  $S_{1,TW}$ , determined from:

c) Turbulence in the crosswind direction causes fluctuating crosswind load effects ( $S_{1,TX}$ ) which, in the absence of other information should be taken as:

where:

$K_X$  is a factor to allow for crosswind intensity of turbulence;

$S_{cX}$  is the crosswind lift coefficient of the structure (and any ancillaries if present) over the panel height concerned.

NOTE 1: The value of  $K_X$  may be given in the National Annex. The value  $K_X = 1,0$  is recommended.

NOTE 2: Crosswind turbulence will cause fluctuating crosswind loads even in symmetric towers; however such loads will not normally affect the critically loaded elements except for fatigue.

(5) The total load effect  $\Sigma S_T$  in any member due to wind should then be taken as:

### B.3.3 Spectral analysis method

(1) When response to along wind forces is calculated by a spectral analysis, the meteorological conditions to be assumed should be those defined in EN 1991-1-4, and the wind force coefficients taken as those given in B.2. In addition, the parameters defined in Annex B of EN 1991-1-4 should be adopted in the absence of more accurate information.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

(2) Вихрове збудження викликає змінні вітрові навантаження, які необхідно враховувати спільно з лінійними вітровими навантаженнями. Необхідно визначити належні параметри, відповідні прийнятим щодо ефектів "за вітром".

**Примітка.** В Національному Додатку може бути наведена додаткова інформація.

#### **V.3.4 Коливання/вібрації, викликані вихровим збудженням**

(1) Якщо башти є опорою для призматичних, циліндрових або неотічних об'єктів великого розміру, або передбачається, що вони можуть бути суттєво заблоковані льодом, необхідно визначити їх сприйнятливість до коливань/вібрацій, викликаних вихровим збудженням відповідно до EN 1991-1-4.

### **B.4 Реакція щогл з відтяжками**

#### **B.4.1 Загальні положення**

(1) Максимальні сили, що підлягають розгляду при розрахунку елементів щогл і фундаментів, необхідно визначати з урахуванням турбулентності вітру.

(2) Такі сили повинні бути результуючою дією еквівалентного статичного навантаження, викликаного середнім вітром з 10-хвилинним осередненням швидкості, а також змінного навантаження від пульсацій.

#### **B.4.2 Критерії обґрунтованості застосування статичних методів**

(1) Зазвичай статичні методи застосовуються при визначенні максимальних сил в елементах щогли (див. B.4.3). Метод динамічних характеристик (див. B.4.4) необхідно використовувати тільки для щогл, схильних до значної реакції на динамічні дії.

(2) Відповідальні за призначенням щогли, руйнування яких викликає значні економічні наслідки або потенційну небезпеку (див. 2.3), необхідно додатково перевіряти на динамічну дію вітру, якщо це передбачено в проектних вимогах.

(3) При використанні статичних методів розрахунку повинні виконуватися наступні умови:

NOTE: The National Annex may give further information.

(2) Cross wind turbulence will cause fluctuating load effects which need to be considered in conjunction with in-line wind loads. Appropriate parameters, consistent with those adopted for downwind effects should be adopted.

NOTE: The National Annex may give further information.

#### **B.3.4 Crosswind vortex vibrations**

(1) If towers support large prismatic, cylindrical or bluff bodies or may be expected to become heavily blocked by icing, their susceptibility to vortex-excited vibrations and/or galloping should be determined, in accordance with EN 1991-1-4.

### **B.4 Response of guyed masts**

#### **B.4.1 General**

(1) The maximum forces to be used in the design of mast components and foundations should be calculated with due allowance for the response to wind turbulence.

(2) Such forces should represent the resultant effect of an equivalent static loading due to wind of speed equal to the appropriate 10 minute mean value, acting only in the wind direction, and fluctuating loading both downwind and, where relevant, crosswind due to gustiness.

#### **B.4.2 Criteria for static methods**

(1) Generally static analysis procedures can be used to determine the maximum forces in the members of a mast (see B.4.3). Only for masts which may be prone to significant dynamic response is it necessary to undertake dynamic response methods (see B.4.4).

(2) The design of major masts whose economic consequences of failure or potential hazards resulting from failure are high (see 2.3) should be checked by dynamic response procedures if required by the project specification.

(3) The following criteria should be satisfied for the static analytical procedures to be used:

a) загальна довжина будь-якої консолі над ярусом верхньої відтяжки складає менше половини довжини між передостанньою і верхньою відтяжками;

b) параметр  $\beta_s$  менше 1, де:

$$\beta_s = \frac{4 \left( \frac{E_m I_m}{L_s^2} \right)}{\left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{Gi} H_{Gi} \right)} < 1, \quad (\text{B.21a})$$

при:

$$K_{Gi} = 0,5 N_i A_{Gi} E_{Gi} \cos^2 \alpha_{Gi} / L_{Gi}, \quad (\text{B.21b})$$

де:

$N$  – кількість ярусів відтяжок;

$A_{Gi}$  – площа поперечного перерізу відтяжки в ярусі кріплення  $i$ ;

$E_{Gi}$  – модуль осьової пружності відтяжки в ярусі кріплення  $i$ ;

$L_{Gi}$  – довжина відтяжки в ярусі кріплення  $i$ ;

$N_i$  – кількість відтяжок, закріплених в ярусі кріплення  $i$ ;

$H_{Gi}$  – висота ярусу кріплення  $i$  над основою щогли;

$\alpha_{Gi}$  – нахил відтяжки до горизонталі в ярусі кріплення  $i$ ;

$E_m$  – модуль пружності щогли;

$I_m$  – середній момент інерції щогли при згині;

$L_s$  середня відстань між ярусами кріплення відтяжок.

c) параметр  $Q$  менше 1, де:

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{H V_H}{D_o}} \sqrt{\frac{m_o}{H R}}, \quad (\text{B.22})$$

$m_o$  – середня маса на одиницю довжини стовбура щогли, включаючи допоміжні пристрої, кг/м;

$D_o$  – середня ширина грані щогли, м;

$V_H$  середня швидкість вітру  $V_e$  на вершині щогли, м/с;

$R$  середній загальний аеродинамічний опір за А.2, м<sup>2</sup>/м;

$H$  висота щогли, включаючи консоль, за наявності, м.

a) any cantilever has a total length above the top guy level of less than half the spacing between the penultimate and top guys;

b) the parameter  $\beta_s$  is less than 1, where:

with:

where:

$N$  the number of guy levels;

$A_{Gi}$  the cross sectional area of guy at level  $i$ ;

$E_{Gi}$  the elastic axial modulus for guy at level  $i$ ;

$L_{Gi}$  the length of guy at level  $i$ ;

$N_i$  the no. of guys attached at level  $i$ ;

$H_{Gi}$  the height above the mast base of the  $i$ th guy level;

$\alpha_{Gi}$  the slope of the guy chord at level  $i$  to the horizontal;

$E_m$  the elastic modulus for the mast;

$I_m$  the average mast bending inertia;

$L_s$  the average span between guy levels.

c) the parameter  $Q$  is less than 1, where:

$m_o$  the average mass per unit length of the mast column including ancillaries (kg/m);

$D_o$  the average face width of the mast (m);

$V_H$  the mean wind speed  $V_e$  at top of mast (m/sec);

$R$  the average total wind drag obtained from A.2 (m<sup>2</sup>/m);

$H$  the height of mast, including cantilever if present (m).

(4) Якщо яка-небудь з умов (3) не виконана, необхідно використовувати спектральний метод аналізу (див. В.4.4).

### **В.4.3 Еквівалентні статичні методи**

#### **В.4.3.1 Загальні положення**

(1) Для визначення динамічної реакції щогл щодо вітрових навантажень необхідно провести розрахунок щогли за серіями статичних схем місцевих розподілених навантажень на основі середнього навантаження, в сукупності з вітровими місцевими навантаженнями. Застосування цього методу вимагає виконання декількох статичних розрахунків вітру щодо кожного даного напрямку; результати повинні бути скомбіновані для забезпечення максимальної реакції.

(2) Максимальні зусилля в щоглах симетричного перерізу із в'язевими елементами у вигляді трикутних ґраток, без службових елементів або з такими, що розташовані симетрично до даного напрямку вітру, не схильні до динамічної чутливості (див. В.4.7), виводяться на підставі В.4.3.2.

(3) Щодо щогл із службовими елементами, розташованими несиметрично до даного напрямку вітру, необхідно визначати додаткові сили, що діють унаслідок ефекту вихрового збудження, у відповідності з В.4.3.2.8.

#### **В.4.3.2 Випадки навантаження, що підлягають розгляду**

##### **В.4.3.2.1 Середнє вітрове навантаження**

(1) Вітрове навантаження при напрямі вітру на щоглу  $F_{m,W}$  в результаті впливу середнього вітру приймається, як:

$$F_{m,W}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7I_v(z)} \sum c_W(z)A, \quad (\text{B.22})$$

де:

$c_W(z)$  – коефіцієнт вітрового навантаження конструкції (і службовими елементами за наявності) при напрямі вітру на дану секцію щогли на висоті  $z$  м від рівня землі будмайданчика, визначений відповідно до В.4.2.

(2) Навантаження приймаються як діючі на рівні центра площ граней (включаючи службові елменти за наявності) в межах висоти секції.

(4) If any of the criteria in (3) are not satisfied, then the spectral analysis method (see B.4.4) should be followed.

### **B.4.3 Equivalent static methods**

#### **B.4.3.1 General**

(1) To allow for the dynamic response of masts to wind loading the mast should be analysed for a series of static 'patch' loading patterns based on the mean loading augmented by wind load 'patches'. This procedure requires several static wind analyses for each wind direction considered, the results being combined to provide the maximum response.

(2) For masts of symmetrical structural cross section with triangulated bracing, either without ancillaries or with ancillaries symmetric in the wind direction being considered, and are not likely to be dynamic sensitive (see B.4.7), the maximum forces should be derived in accordance with B.4.3.2.

(3) For masts containing ancillaries which are unsymmetric in the wind direction being considered, the additional forces due to cross wind effects should be determined in accordance with B.4.3.2.8.

#### **B.4.3.2 Load cases to be considered**

##### **B.4.3.2.1 Mean wind loading**

(1) The wind load in the direction of the wind on the mast column  $F_{m,W}$  due to the mean wind should be taken as:

where:

$c_W(z)$  is the wind force coefficient of the structure (and any ancillaries if present) in the direction of the wind over the mast section concerned, at a height  $z$  metres above the site ground level, determined in accordance with B.4.2

(2) The loads should be taken as acting at the level of the centre of areas of faces (including ancillaries if present) within the section height.



(3) Вітрове навантаження на відтяжки  $F_{GW}$ , перпендикулярне до відтяжок в площині, що містить відтяжку і напрям вітру, в результаті впливу середнього вітру приймається як:

$$F_{GW}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7I_v(z)} c_G(z) A, \quad (\text{B.23})$$

де:

$c_G(z)$  – коефіцієнт вітрового навантаження даної відтяжки, визначений відповідно до В.2;

(4) Якщо використовується рівномірне навантаження, то  $q_p(z)$  необхідно приймати, як швидкість вітру на 2/3 висоти кріплення відтяжки до щогли.

(5) Ефект навантаження  $S_m$  в результаті впливу середнього вітру необхідно визначати для кожного компонента щогли шляхом геометричного нелінійного статичного розрахунку при середньому навантаженні  $F_{m,W}$  і  $F_{GW}$ .

#### B.4.3.2.2 Місцеві розподілені навантаження

(1) Крім середнього навантаження згідно з В.4.3.2.1, послідовні місцеві навантаження додаються таким чином:

- на кожен прогін стовбура щогли між сусідніми ярусами кріплення відтяжок (і прогін між базою щогли і першим ярусом);
- на консоль, якщо це має значення;
- від центра до центра прилеглих прольотів;
- від бази до середини висоти першого ярусу кріплення відтяжок;
- від середини прольоту між передостанньою і верхньою відтяжкою, якщо відсутня консоль, але якщо це має значення, консоль включається.

(2) Така схема наведена на рисунку В.4.1. Місцеве розподілене навантаження визначається за формулою:

$$F_{PW} = 2k_s \frac{q_p(z)}{1+7I_v(z)} \frac{I_v(z)}{c_o(z)} \sum c_W(z) A, \quad (\text{B.24})$$

де:

$c_W(z)$  – визначається в В.4.3.2.1;

$k_s$  – коефіцієнт масштабування;

$I_v(z)$  – інтенсивність турбулентності, як вказано в 4.4 EN 1991-1-4, залежно від особливостей місцевості і орографії.

$c_o(z)$  – коефіцієнт орографії, визначається відповідно до EN 1991-1-4.

(3) The wind loading on the guys,  $F_{GW}$ , normal to the guys in the plane containing the guy and the wind, due to the mean wind should be taken as:

where:

$c_G(z)$  is the wind force coefficient of the guy under consideration determined in accordance with B.2;

(4) If a uniform loading is used then  $q_p(z)$  should be taken as the wind speed at 2/3 the height of the relevant guy attachment to the mast.

(5) The load effects  $S_m$  due to the mean wind should be determined for each component of the mast by a geometric non-linear static analysis under the mean loading  $F_{m,W}$  and  $F_{GW}$ .

#### B.4.3.2.2 Patch loads

(1) In addition to the mean loading derived from B.4.3.2.1 successive patch loads should be applied as follows:

- on each span of the mast column between adjacent guy levels (and the span between the mast base and the first stay level);
- over the cantilever if relevant;
- from midpoint to mid point of adjacent 'spans';
- from the base to the mid height of the first guy level;
- from the mid height of the span between the penultimate and top guy if no cantilever is present, but to include the cantilever if relevant.

(2) These are shown in Figure B.4.1. The 'patch' load should be taken as:

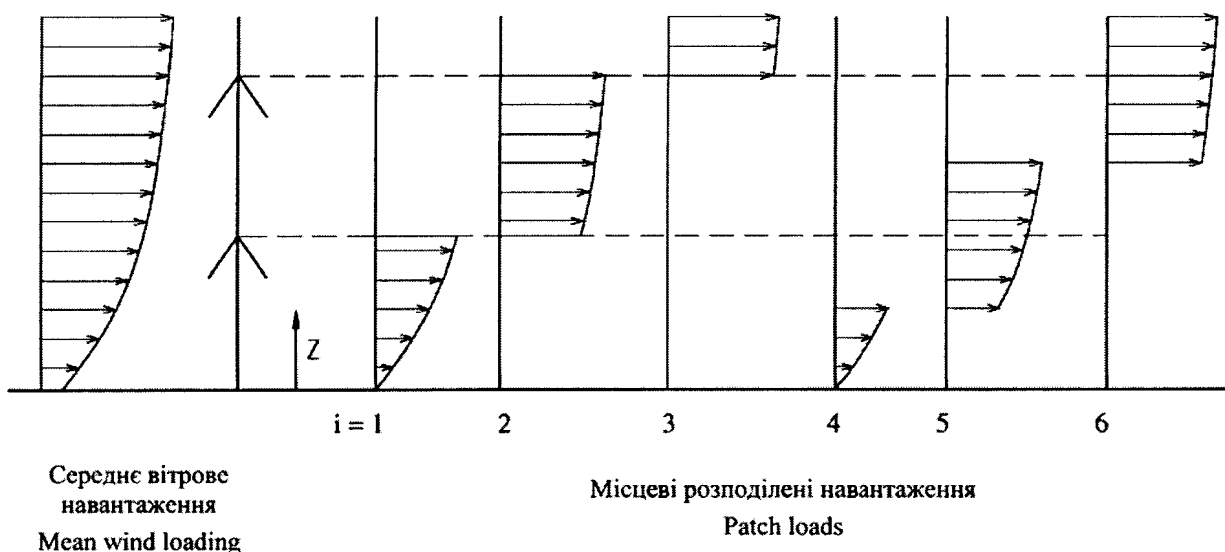
where:

$c_W(z)$  is as defined in B.4.3.2.1;

$k_s$  is a scaling factor;

$I_v(z)$  is the turbulence intensity as given in 4.4 of EN 1991-1-4, depending on the site terrain and the orography.

$c_o(z)$  is the orography factor determined from EN 1991-1-4.



**Рисунок В.4.1** – Доповнення місцевих розподілених навантажень  
**Figure B.4.1** – Application of patch loads

**Примітка 1.** Коефіцієнт масштабування  $k_s$  враховує мультимодальну реакцію щогл з відтяжками.

**Примітка 2.** Значення коефіцієнта масштабування  $k_s$  може бути наведене в Національному додатку. Рекомендоване значення  $k_s = 3,5$ .

**Примітка 3.** З метою спрощення місцеве розподілене навантаження може застосовуватися із значенням  $z$ , що дорівнює верху місцевого розподіленого навантаження при  $l_v(z)$  і  $q_p(z)$ .

(3) Ці місцеві розподілені навантаження повинні розглядатися сумісно із середнім вітровим навантаженням, визначеним згідно з В.4.3.2.1.

(4) Для щогл заввишки до 50 м необхідно розглядати тільки один випадок із середнім і місцевим розподіленим навантаженням.

**Примітка 1.** В таких випадках зсувні в'язі в кожному прольоті повинні проектуватися з урахуванням максимального зсуву (і пов'язаного з ним кручення) в цьому прольоті.

**Примітка 2.** В таких випадках пояси та їх з'єднання в кожному прольоті повинні проектуватися з урахуванням максимального (мінімального) навантаження на пояс в цьому прольоті.

**Примітка 3.** В таких випадках, якщо щогла має консолі, то мають бути враховані: (i) середнє плюс місцеве розподілене навантаження на консоль і середнє навантаження на щоглу та (ii) середнє навантаження на консоль і середнє навантаження плюс місцеве розподілене навантаження на щоглу.

#### В.4.3.2.3 Навантаження відтяжок

(1) В кожному випадку місцевого розподіленого навантаження стовбура щогли, як вказано в В.4.3.2.2, вітрові місцеві розподілені локальні

NOTE 1: The scaling factor  $k_s$  accounts for the multimodal response of guyed masts.

NOTE 2: The value of  $k_s$  may be given in the National Annex. The value  $k_s = 3,5$  is recommended.

NOTE 3: For simplicity uniform patch loads may be used taking  $z$  as the height at the top of the patch for  $l_v(z)$  and  $q_p(z)$ .

(3) These patch loads should be applied to the mast, under mean wind loading determined from В.4.3.2.1.

(4) For masts up to 50 m height only one case needs to be considered, with the mean and patch load enveloping the mast.

NOTE 1: In such cases the shear bracing in each span should be designed for the maximum shear (and associated torsion) in that span.

NOTE 2: In such cases the legs and their connections in each span should be designed for the maximum (and minimum) leg load in that span.

NOTE 3: In such cases if the mast supports a cantilever, then (i) mean plus patch loading on the cantilever and mean load on the mast and (ii) mean load on the cantilever and mean plus patch loading on the mast should also be considered.

#### В.4.3.2.3 Loading on guys

(1) For each patch loading case on the mast column, as given in В.4.3.2.2 patch wind loads,  $F_{PG}$ ,

навантаження відтяжок  $F_{PG}$  повинні враховуватися в тих же межах, див. рисунок В.4.2. Ці місцеві розподілені навантаження повинні прикладатися перпендикулярно до кожної відтяжки в площині, в якій розташовуються відтяжка і напрям вітру:

$$F_{PG} = 2k_s \frac{q_p(z)}{1 + 7I_v(z)} \frac{I_v(z)}{c_o(z)} c_G(z) A, \quad (B.25)$$

де:

$k_s$  – коефіцієнт масштабування;

$c_G(z)$  – коефіцієнт вітрового навантаження перпендикулярного до відтяжки в площині, в якій розташовані відтяжка і напрям вітру, визначається згідно з В.2.

**Примітка 1.** Коефіцієнт  $k_s$  масштабування враховує мультимодальну реакцію щогл з відтяжками.

**Примітка 2.** Значення коефіцієнта масштабування  $k_s$  може бути наведене в Національному додатку. Рекомендоване значення  $k_s = 3,5$ .

(2) З метою спрощення місцеві розподілені навантаження можуть бути розподілені по всій висоті даних відтяжок шляхом множення вищезгаданого вітрового навантаження на співвідношення  $z_p/z_G$ :

де:

$z_p$  – висота місцевої частини навантаження на відтяжці;  $i$

should be applied within the same boundaries, see Figure B.4.2. These patch loads should be applied normal to each guy in the plane containing the guy and the wind, and taken as:

where:

$k_s$  is a scaling factor;

$c_G(z)$  is the wind force coefficient normal to the guy in the plane containing the guy and the wind determined in accordance with B.2.

NOTE 1: The scaling factor  $k_s$  accounts for the multimodal response of guyed masts.

NOTE 2: The value of  $k_s$  may be given in the National Annex. The value  $k_s = 3,5$  is recommended.

(2) For simplification the patch loading may be 'smeared' over the whole height of the guys in question by multiplying the above wind load by the ratio  $z_p/z_G$ :

where:

$z_p$  is the "height" of the patch on the actual guy; and

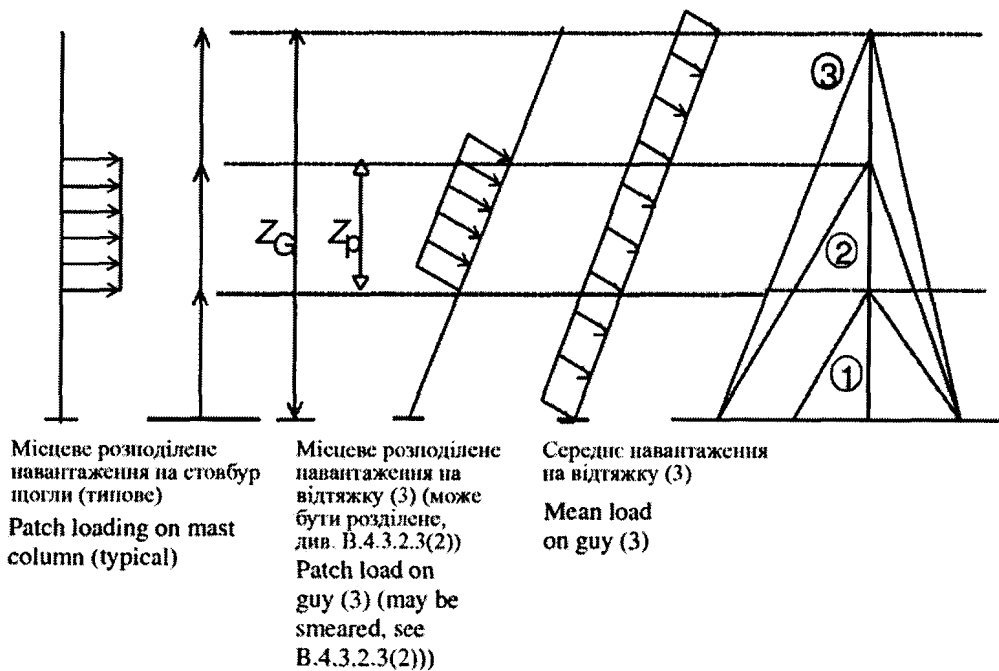


Рисунок В.4.2 – Місьцеві розподілені навантаження на відтяжки

Figure B.4.2 – Patch loading on guys

$z_G$  – висота кріплення відтяжки до щогли.

#### **В.4.3.2.4** Визначення характеристик на основі місцевих розподілених навантажень

(1) Необхідно розрахувати ефект навантаження на кожен елемент стовбура щогли і відтяжки на основі послідовного прикладення місцевих навантажень  $S_{PLi}$ .

(2) Це проводиться шляхом розрахунку різниці між ефектом місцевого розподіленого навантаження у сполученні з середнім навантаженням і ефектом тільки середнього навантаження.

(3) Потім ці ефекти комбінуються, як корінь квадратний з суми квадратів або:

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N S_{PLi}^2}, \quad (\text{B.26})$$

де:

$S_{PLi}$  – ефект навантаження (реакція) схеми навантаження  $i$ ;

$N$  – загальна кількість необхідних схем навантаження;

$S_p$  – загальна дія місцевих розподілених навантажень.

#### **В.4.3.2.5** Загальна дія навантажень

(1) Загальна дія навантажень на кожен елемент стовбура щогли  $S_{TM}$  визначається таким чином:

$$S_{TM} = S_M \pm S_p, \quad (\text{B.27})$$

де:

$S_M$  – середня дія змінного навантаження, визначена в В.4.3.2.1;

$S_p$  – дія змінного навантаження, визначена в В.4.3.2.4, з використанням знака для створення найбільш сильної дії.

(2) У розрахунку загального зусилля у зсувній в'язі кожного прольоту стовбура щогли згідно з (1) вище мінімальне значення в межах прольоту повинне прийматися таким, що дорівнює максимальному значенню, розрахованому на відстані в одну чверть прольоту від ярусу кріплення відтяжки (або основи щогли, якщо це має значення). У даному контексті "прогін" відноситься до відстані між сусідніми ярусами кріплення відтяжок або між основою і нижнім ярусом кріплення (див. рисунок В.4.3).

$z_G$  is the height to the attachment of the guy to the mast.

#### **B.4.3.2.4** Derivation of response under patch loads

(1) The load effect in each element of the mast column and guys derived from each patch load applied successively,  $S_{PLi}$ , should be calculated.

(2) This should be done by calculating the difference between the load effect from the patch load combined with the mean load and the load effect of the mean load alone.

(3) These load effects should then be combined as the root sum of squares, or:

where:

$S_{PLi}$  is the load effect (response) from the  $i$ th load pattern;

$N$  is the total number of load patterns required;

$S_p$  is the total effective load effect of the patch loads.

#### **B.4.3.2.5** Total load effects

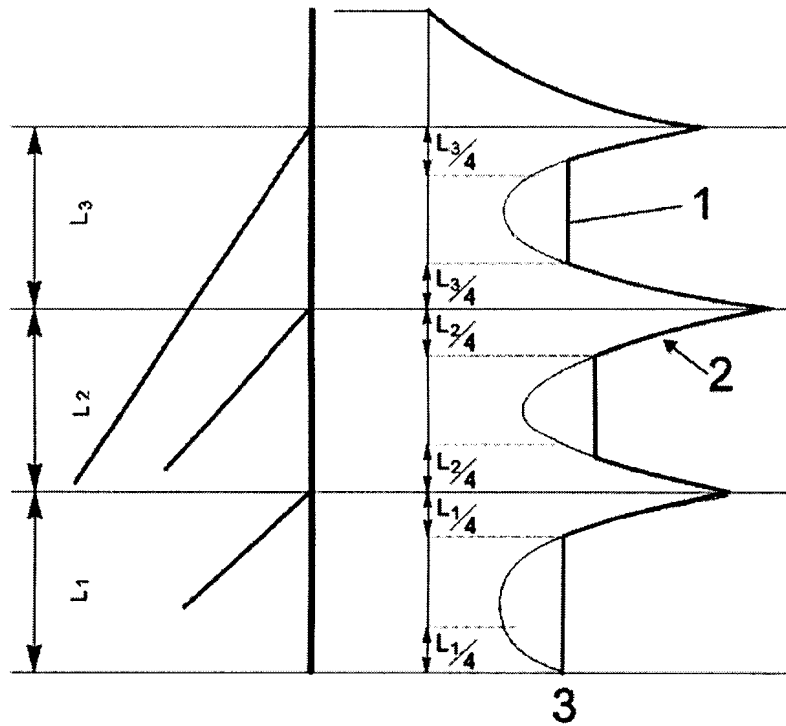
(1) The total load effects for each component of the mast column,  $S_{TM}$ , should be determined from:

where:

$S_M$  is the mean load effect determined from B.4.3.2.1;

$S_p$  is the fluctuating load effect determined from B.4.3.2.4 using the sign to produce the most severe effect.

(2) In the calculation of the total force in the shear bracing in each span of the mast column in accordance with (1) above, the minimum value within that span should be taken as the highest calculated at a distance of one quarter of the span from either adjacent guy attachment levels (or the mast base if relevant). In this context 'span' refers to the distance between adjacent guy levels or between the base and the lowest guy level. (See Figure B.4.3.)



1 – Мінімальне значення, що використовується до даного прогону;

2 – Див. примітку;

3 – Зусилля в зсувній в'язі.

**Примітка.** Огинаюча крива сил в зсувних в'язевих елементах в результаті місцевого розподіленого навантаження (показані абсолютні значення).

1 Minimum value to be used in this span

2 See NOTE

3 Force in shear bracing

**NOTE:** Envelope of forces in bracing members arising from patch loading (absolute values shown).

**Рисунок В.4.3** – Мінімальні зусилля в зсувній в'язі стовбура щогли

**Figure B.4.3** – Minimum forces in shear bracing in mast column

#### В.4.3.2.6 Напрями вітру, що підлягають розгляду

(1) Відносно кожного елемента щогли необхідно враховувати напрям вітру, що надає найзначніший вплив. На практиці це означає, що повинні бути розглянуті декілька напрямів вітру.

(2) Якщо щогла має практично симетричну форму, необхідно розглянути не менше трьох напрямів вітру для тригранної щогли, що розкріплена в трьох напрямках, тобто 90°, 30° до грані і 60° до грані. Для щогл з квадратним перерізом і розкріплених в чотирьох напрямках необхідно розглянути не менше двох напрямів вітру: перпендикулярно до грані і 45° до грані. Приклади наведені на рисунку В.4.4.

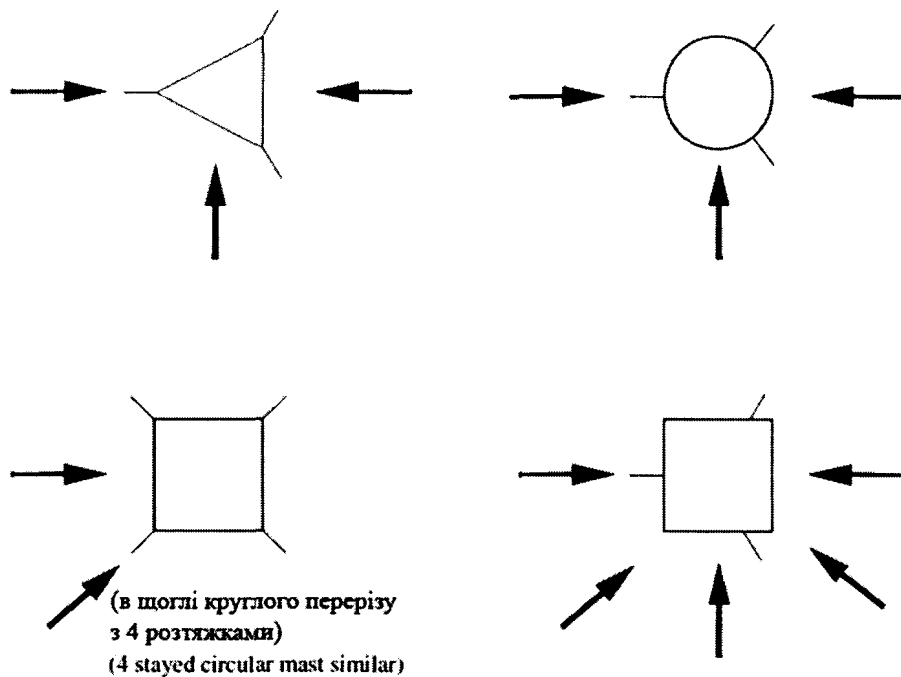
**Примітка.** Для врахування загальної втрати стійкості симетричних щогл (див. 5.1(5)) необхідно передбачити введення бічного ефекту (наприклад, бічного вітрового навантаження – 2 % повздовжнього вітрового навантаження або відхилення напрямку вітру 2° від уявного напрямку) при виконанні розрахунку другого порядку.

#### В.4.3.2.6 Wind directions to be considered

(1) For each member of the mast, the wind direction giving the most severe total load effect should be considered. This in practice means that several wind directions should be investigated.

(2) If the mast is nearly symmetrical in geometry and loading, at least three wind directions should be analysed for a triangular mast guyed in three directions, i.e. 90°, 30° to a face and 60° to a face. For a mast with square cross section and guyed in four directions, at least two wind directions should be analysed, normal to a face and 45° to a face. Examples are shown in Figure B.4.4.

**NOTE:** To account for overall buckling of symmetric masts (see 5.1(5)) introduction of a lateral effect (such as a cross-wind force of 2 % of the along wind force or a wind direction of 2° off the notional wind direction) should be provided in undertaking the second order analysis.



**Рисунок В.4.4 – Типові навантаження вітру, що підлягають розгляду**  
**Figure B.4.4 – Typical wind directions to be considered**

#### **В.4.3.2.7 Навантаження при розрахунку прогинів і поворотів**

(1) Прогини і повороти, як правило, мають значення тільки для виконання вимог експлуатаційної придатності. Критерії експлуатаційної придатності повинні бути визначені замовником в технічних вимогах до проекту (див. 7.2.2).

#### **В.4.3.2.8 Вітрове навантаження несиметричних щогл або щогл із складним допоміжним устаткуванням**

##### **В.4.3.2.8.1 Загальні положення**

(1) Відносно несиметричних щогл або щогл з несиметрично розташований службовими елементами великого розміру і/або тросами, що викликають крутильні зусилля і поперечне навантаження, в загальному навантаженні через дію вітрового навантаження необхідно враховувати комбіновану дію вітру на окремі частини, як за вітром, так і проти вітру, де це необхідно.

(2) Вихрове збудження є змінним навантаженням. Може виникнути необхідність в сумісному врахуванні вихрового збудження і навантаження "за вітром".

(3) Метод відділення середнього навантаження за вітром від змінного вітрового навантаження необхідно застосовувати, як вказано для башт в В.3.2.2.1. Щодо щогл з відтяжками

#### **В.4.3.2.7 Loading for calculating deflections and rotations**

(1) Deflections and rotations are normally only important to satisfy serviceability requirements. The serviceability criteria should be defined by the client in the project specification (see 7.2.2)

#### **В.4.3.2.8 Wind loading for unsymmetrical masts or masts with complex attachments**

##### **В.4.3.2.8.1 General**

(1) For unsymmetrical masts or masts that contain unsymmetrically placed large ancillaries and/or cables imposing torsional and cross wind loads, the total forces due to the effects of wind load should allow for the combined action of wind on individual parts, both along wind and cross-wind, when appropriate.

(2) Cross wind turbulence will cause fluctuating load effects. This may need to be considered in conjunction with along wind loads.

(3) The procedure for separating the mean along wind loads from the fluctuating loads needs to be carried out, as set out for towers in B.3.2.2.1. For guyed masts, however this will necessitate a

це викликає необхідність доповнення навантажень рядом поперечних місцевих навантажень таким же чином, як вказано в B.4.3.2.2.

(4) Ефекти загального навантаження необхідно тоді розраховувати таким чином:

$$S_{TM} = S_M \pm \sqrt{S_{PW}^2 + K_X^2 S_{PX}^2}, \quad (\text{B.28})$$

де:

$S_{PW}$  – ефект лінійних місцевих розподілених навантажень;

$S_{PX}$  – ефект бічних вітрових місцевих розподілених навантажень;

$K_X$  – поправочний коефіцієнт сили від вихрового збудження.

**Примітка 1.** Значення  $K_X$  може бути наведене в Національному додатку. Рекомендоване значення  $K_X = 1,0$ .

**Примітка 2.** Вихрові збудження викликають змінні вітрові навантаження навіть в симетричних щоглах; проте такі навантаження, як правило, не впливають на критично навантажені елементи.

(5) Для пониження ефектів турбулентності від вихрового збудження слід рахувати не так детально, як показано вище у B.4.3.2.8.1(4), але необхідно підвищити дію максимальних лінійних навантажень  $S_{TM}$  на 10 %, щоб взяти до уваги ефект вихрового збудження.

#### B.4.4 Метод спектрального аналізу

(1) Розрахунок реакції за допомогою спектрального аналізу необхідно використовувати тільки для визначення реакції при резонансі.

(2) Нерезонансний відгук можна визначити, використовуючи загальний статичний метод (див. B.4.3.2), при значенні  $k_s = 3,5$ .

(3) Допускається, що метеорологічні умови повинні відповідати вказаним в EN 1991-1-4, а коефіцієнти вітрового навантаження вказаним в B.2. Крім того, приймаються параметри, визначені в додатку B EN 1991-1-4 за відсутності точніших даних.

(4) Вихрові збудження викликають змінні вітрові навантаження, які необхідно враховувати у сполученні з повздовжніми вітровими навантаженнями. Необхідно прийняти належні параметри, відповідні прийнятим відносно ефектів "за вітром".

(5) Необхідно розраховувати реакцію для всіх видів коливань з власною частотою менше 2 Гц.

series of transverse patch wind loads to be applied in a similar manner to those for along wind as set out in B.4.3.2.2.

(4) The total load effects should then be determined from:

where:

$S_{PW}$  is the load effect from the in-line patch loads;

$S_{PX}$  is the load effect from the cross-wind patch loads;

$K_X$  is a factor to allow for cross wind intensity of turbulence.

NOTE 1: The value of  $K_X$  may be given in the National Annex. The value  $K_X = 1,0$  is recommended.

NOTE 2: Cross wind turbulence will cause fluctuating cross wind loads even in symmetric masts; however such loads will not affect the critically loaded elements.

(5) Alternatively, for simplification the cross wind turbulence effects need not be calculated explicitly as in B.4.3.2.8.1(4) above but the in-line peak load effects,  $S_{TM}$  from B.4.3.2.5(1) should be increased by 10% to allow for cross wind effects.

#### B.4.4 Spectral analysis method

(1) When response is calculated by spectral analysis this should be used for the resonance contribution to the response only.

(2) The non-resonant response may be determined using the general static procedure (See B.4.3.2) using  $k_s = 3,5$ .

(3) The meteorological conditions to be assumed should be those defined in EN 1991-1-4, and the wind resistance taken as that given in B.2. In addition, the parameters defined in Annex B of EN 1991-1-4 should be adopted in the absence of more accurate information.

(4) Cross wind turbulence will cause fluctuating load effects which need to be considered in conjunction with along wind loads. Appropriate parameters, consistent with those adopted for along wind effects should be adopted.

(5) Response should be calculated for all modes of vibration having natural frequencies less than 2 Hz.

#### **В.4.5 Коливання/вібрації, викликані вихроутворенням**

(1) Якщо щогли є опорою для погано обтічних об'єктів великого розміру або передбачається, що вони можуть бути суттєво заблоковані льодом, необхідно визначити їх сприйнятливість до коливань/вібрацій, викликаних вихроутворенням відповідно до EN 1991-1-4.

#### **В.4.6 Вібрації відтяжок**

(1) Відтяжки щогл необхідно перевіряти на наявність високочастотних вібрацій, викликаних вихроутворенням і галопуванням, особливо у випадках обмерзання відтяжок, таким чином.

##### **а) Вібрації, викликані вихроутворенням**

У відтяжках можуть виникати вібрації резонансного типу малої амплітуди при низькій швидкості вітру, викликані вихроутворенням високої частоти.

Оскільки вихроутворення може виникати на вищих формах коливань, не можна встановити загальні правила. Проте як настанову можна застосовувати досвід, що показує, що такі вібрації з найбільшою вірогідністю виникають, якщо напруження відтяжок за відсутності вітру перевищує 10 % руйнуючих напружень.

##### **б) Галопування (включаючи вібрації, викликані дощем)**

Відтяжки можуть бути схильні до галопування, коли вони покриті льодом або товстим шаром мастила. Збільшення товщини шару мастила або льоду може сформувати аеродинамічні форми, що викликають нестабільність тягіння і підйому. Результатом може стати виникнення низькочастотних вібрацій великої амплітуди. Аналогічні вібрації можуть виникати в умовах дощу.

В цьому випадку також не можна встановити загальні правила, оскільки виникнення галопування істотно залежить від утворення льоду або профілю мастила. Як правило, галопування виникає на відтяжках великого діаметра і воно відносно нечутливе до початкових напружень. Див. EN 1993-1-11, 8.3.

(2) При виникненні вібрації відтяжок необхідно передбачити гасії коливань (віброгасії або спойлери) для обмеження подальших напружень, див. D.2.

(3) Якщо відомо про виникнення таких вібрацій, а заходи з їх усунення не вживалися, необхідно провести перевірку анкерування відтяжок на втому. У таких випадках необхідно звернутися за консультацією до фахівця.

#### **В.4.5 Vortex-excited vibrations**

(1) When masts support large bluff bodies or are likely to become heavily blocked by icing, then susceptibility to vortex-excited vibrations, should be taken into account in accordance with EN 1991-1-4.

#### **В.4.6 Guy vibrations**

(1) The mast guys should be checked for high frequency vortex-excited vibrations and guy galloping, particularly when the guys are iced, as follows:

##### **a) Vortex excitation**

Guys may be subject to low amplitude resonant type vibrations at low wind speeds caused by vortex excitation at high frequency.

As excitation can occur in high modes general rules cannot be set down. However as a guide, experience shows that such vibrations are likely to occur if the still air tensions in the guys are in excess of ten per cent of their breaking load.

##### **b) Galloping (including rain induced vibrations)**

Guys may be subject to galloping excitation when coated with ice or thick grease. The accretion of ice or grease can form aerodynamic shapes which provide lift and drag instabilities. These result in low frequency high amplitude vibrations. Similar vibrations are also known to occur under conditions of rain.

Again general rules cannot be provided as the occurrence of galloping is critically dependent on the formation of ice, or profile of grease. It will generally only occur on large diameter guys and is relatively insensitive to initial stay tensions. See EN 1993-1-11 (Clause 8.3)

(2) If guy vibrations are observed, dampers or spoilers should be provided as required to limit the resulting stresses, see D.2.

(3) Fatigue checks of the anchorages should be made if such vibrations are known to have occurred and no remedial action has been taken. In such cases specialist advice should be sought.



## НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ОБМЕРЗАННЯ І СПОЛУЧЕННЯ ОБМЕРЗАННЯ З ВІТРОМ

**Примітка.** В даному додатку розглядається навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром щодо щогл і башт. Передбачається включення цих даних в EN 1991 – Дії на конструкції.

### С.1 Загальні положення

(1) Навантаження від ожеледі на щогли і башти в незахищених місцях можуть збільшуватися, і у сполученні з вітром і збільшеним аеродинамічним опором через обмерзання елементів в деяких випадках можуть бути визначальними при проектуванні.

(2) Розміри ожеледних відкладень на конструкціях, а також їх щільність, розташування і форма в значній мірі залежать від місцевих метеорологічних умов, топографії і форми самої конструкції.

(3) Обмерзання традиційно класифікується відповідно до двох різних процесів льодоутворення:

- обмерзання внаслідок підвищеної вологості;
- обмерзання в результаті атмосферних опадів.

(4) Ці типи обмерзання можуть привести до утворення різних типів льоду: м'який іній, твердий іній, мокрий сніг і ожеледь з різними фізичними характеристиками щільності, адгезії, когезії, кольору і форми. Наприклад, щільність зазвичай варюється від  $200 \text{ кг/м}^3$  до  $900 \text{ кг/м}^3$ , від концентричних відкладень (ожеледь і мокрий сніг) до ексцентричного відкладення на одній грані, загостреного за вітром (м'який і твердий іній).

(5) Для інженерного проектування традиційно допускається, що всі елементи щогл і башт покриті льодом певної товщини, що у сполученні з щільністю можна використовувати при розрахунку ваги льоду і аеродинамічного опору. Такі методи можна обґрунтувати в місцевостях, де ожеледь і мокрий сніг формують розрахункові навантаження від ожеледі, але у разі інею фізична реальність не збігається з рівномірною товщиною льоду на всіх елементах щогл і башт. Проте в місцевостях, де відкладення льоду при підвищеній вологості відносно малі, метод розрахунку ваги льоду і

## ICE LOADING AND COMBINATIONS OF ICE WITH WIND

NOTE: As this Annex deals with ice loading and combinations of ice with wind for masts and towers it is expected that it will be transferred to EN 1991 – Actions on structures.

### C.1 General

(1) Atmospheric ice loading on masts and towers can, for exposed sites, grow to considerable thicknesses, and combined with wind the increased wind drag due to iced members might in some instances govern the design.

(2) The magnitude of ice deposit on structures, as well as the density, the placing and the shape of the ice on masts and towers heavily depends on the local meteorological conditions and the topography and the shape of the structure itself.

(3) Atmospheric icing is traditionally classified according to two different formation processes:

- in-cloud icing;
- precipitation icing.

(4) These may result in various types of ice as soft rime, hard rime, wet snow and glaze, having different physical properties concerning density, adhesion, cohesion, colour and shape. For instance the density varies typically from approximately  $200 \text{ kg/m}^3$  to  $900 \text{ kg/m}^3$ , and from a concentric deposit (glaze and wet snow) to an eccentric deposit on one face pointing windward for soft and hard rime.

(5) For engineering design purposes it is traditionally assumed that all members of a mast or a tower are covered with a certain ice thickness, which together with a density may be used for calculation of the weight of the ice as well as the wind drag. Such methods may be justified in areas where glaze or wet snow form the design ice load, but in the case of rime the physical reality does not coincide with a uniform ice thickness on all members of towers and masts. However in areas where the ice deposit from in-cloud rime is relatively small, the method of calculating ice weight and wind drag with ice assuming a uniform

аеродинамічного опору за наявності ожеледі з допущенням рівномірного шару льоду може застосовуватися на практиці, якщо використовуються значення, взяті із запасом.

(6) З іншого боку, в Європі є місцевості, схильні до значної ожеледі, і для таких регіонів фахівці повинні оцінювати навантаження від ожеледі. Такі оцінки включають вагу, розташування, форму тощо навантаження від ожеледі на конструкції, а також належне сполучення ожеледі з вітром, що має бути детально описане.

(7) У нижче наведених положеннях представлений загальний опис поводження з навантаженнями від ожеледі та їх сполучення з вітром, що діє на щогли і башти.

### **C.2 Навантаження від ожеледі**

(1) Основні положення характеристичного навантаження від ожеледі, включаючи щільність та інші проектні параметри, наведені в ISO 12494. У ISO 12494 навантаження від ожеледі засновані на класах ожеледі (паморозь і ожеледь), але фактичні класи ожеледі за місцевостями не наведені, як і щільність ожеледі.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

(2) Оскільки ожеледь може утворюватися на баштах і щоглах несиметрично, такі ситуації необхідно враховувати. Несиметрична ожеледь представляє особливий інтерес відносно щогл, на яких ожеледь на різних відтяжках може значно відрізнятись, викликаючи згин стовбуру щогли. Несиметричне обмерзання відтяжок може бути частково викликане несиметричним наростанням льоду залежно від напрямку вітру і частково нерівномірним падінням ожеледі з відтяжок.

### **C.3 Вага льоду**

(1) При визначенні ваги льоду на ґратчастій башті або щоглі, як правило, допускається, що всі конструкційні елементи, частини сходів, службові елементи тощо покриті льодом однакової товщини по всій поверхні елемента, див. рисунок С.1.

ice cover can be practical and reasonable if conservative values are used.

(6) On the other hand there are areas in Europe that are very exposed to heavy atmospheric icing and for such areas the ice load should be estimated by experts in atmospheric icing. This should include the weight, the location, the shape, etc. of the ice load on the actual structure, as well as the appropriate combination of ice with wind which should be specified in detail.

(7) The following clauses provide a general description of how to treat ice load and ice in combination with wind on towers and masts.

### **C.2 Ice loading**

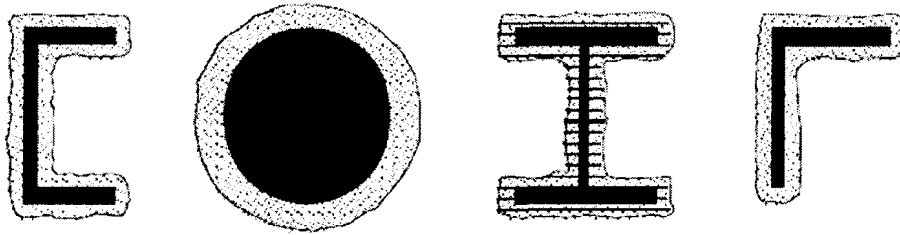
(1) The principles for characteristic ice loading inclusive of the density and other design parameters is given in ISO 12494. In ISO 12494 the ice load is based on Ice Classes for rime and glaze, but the actual Ice Class for the location is not given, nor is the density of the ice.

**NOTE:** The National Annex may give further information.

(2) As the ice may deposit asymmetrically on towers and masts, such situations should be taken into account. Asymmetrical icing is of particular interest for masts where icing on the different guys may vary considerably causing bending effects in the mast column. Asymmetrical ice on the guys may partly be caused by asymmetrical ice accretion depending on wind direction and partly caused by unequal shedding of ice from the guys.

### **C.3 Ice weight**

(1) When estimating the weight of the ice on a lattice tower or mast column, it may normally be assumed that all structural members, components of ladders, ancillaries, etc. are covered with ice having the same thickness over the whole surface of the member, see Figure C.1.



**Рисунок С.1 – Товщина льоду на конструкційних елементах**  
**Figure C.1 – Ice thickness on structural members**

#### **С.4 Вітер та ожеледь**

(1) У районах виникнення ожеледі сполучення з вітром часто впливає на проектування щогл і башт. Збільшений аеродинамічний опір, викликаний відкладеннями льоду на окремих елементах, може привести до формування критичного навантаження, навіть якщо швидкість вітру менше максимального характеристичного значення.

(2) Аеродинамічний опір обмерзлої башти або щогли може бути розрахований з використанням основного методу, наведеного в додатку В, з урахуванням збільшення ширини елементів через товщину шару ожеледі. Якщо зазори між елементами невеликі (наприклад, менше 75 мм), допускається, що вони заповнені льодом. Визначення аеродинамічного опору у разі паморозі набагато складніше і необхідно приділити особливу увагу випадкам повного обмерзання щогл або граней щогл. Настанова наведена в ISO 12494.

(3) При сполученні ожеледі і вітру характеристичний тиск вітру в періоди часу, коли можливе утворення ожеледі, менше характеристичного тиску вітру у будь-якому випадку. Необхідно взяти це до уваги, помножуючи характеристичний тиск вітру, наведений в EN 1991-1-4, на коефіцієнт  $k$ . Коефіцієнт  $k$  наведений в ISO 12494 і залежить від класу ожеледі.

#### **С.5 Асиметричне навантаження від обмерзання**

(1) Асиметричне обмерзання щогли необхідно враховувати при відкладенні ожеледі на стовбур щогли і всі відтяжки за виключенням:

- однієї відтяжки верхнього ярусу; і як окремий випадок;
- двох відтяжок верхнього ярусу.

#### **C.4 Wind and ice**

(1) In areas where atmospheric icing occurs, combinations with wind can often govern the design of masts and towers. The increased wind drag caused by the ice deposit on the individual members might thus result in critical loading, even though the associated wind speeds are less than the maximum characteristic values.

(2) The wind drag of an iced tower or mast may for glaze ice be estimated using the same basic procedure as given in Annex B, taking into account the increased width of members and component due to the ice thickness. If the gaps between elements are small (say less than 75mm) they may be assumed to be closed by ice. For rime ice estimation of the wind drag is far more complicated, and for fully iced mast or mast faces special attention should be taken. Guidelines are given in ISO 12494.

(3) When combining ice and wind load, the characteristic wind pressure in periods where atmospheric icing can occur is less than the characteristic wind pressure in all situations. This may be taken into account by multiplying the characteristic wind pressures in EN 1991-1-4 by a factor  $k$ . The factor  $k$  is given in ISO 12494 dependent of the Ice Class.

#### **C.5 Asymmetric ice load**

(1) Asymmetric icing on a mast should be taken into consideration by applying the appropriate ice to the mast shaft and to all guys apart from:

- one lane of the top guy level; and as a separate case;
- two lanes of the top guy level.

### C.6 Сполучення ожеледі і вітру

(1) Сполучення ожеледі і вітру необхідно враховувати як при симетричному, так і при несиметричному обмерзанні. Розрахункові значення навантажень наведені в 2.3, необхідно використовувати наступні сполучення:

– повний лід і супроводжуючий вітер:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{ice} Q_{k,ice} + \gamma_W k \psi_W Q_{k,w} ; \quad (C.1)$$

– повний вітер і супроводжуюча ожеледь:

$$\gamma_G G_k + \gamma_W k Q_{k,w} + \gamma_{ice} \psi_{ice} Q_{k,ice} , \quad (C.2)$$

де:

$k$  – визначений в С.4(3).

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація щодо коефіцієнтів сполучень. Рекомендуються наступні коефіцієнти сполучень:

where:

$k$  is defined in C.4(3).

NOTE: The National Annex may give information on combination factors. The following combination factors are recommended:

$$\psi_W = 0,5 , \quad (C.3a)$$

$$\psi_{ice} = 0,5 . \quad (C.3b)$$

(3) Частинні коефіцієнти загальної ваги  $\gamma_G$ , навантаження ожеледі  $\gamma_{ice}$  і вітрового навантаження  $\gamma_W$  наведені в додатку А.

(3) For partial factors on dead load  $\gamma_G$ , ice load  $\gamma_{ice}$  and wind load  $\gamma_W$  see Annex A.

## ВІДТЯЖКИ, ГАСІЇ КОЛИВАНЬ, ІЗОЛЯТОРИ, СЛУЖБОВІ ТА ІНШІ ЕЛЕМЕНТИ

## GUYS, DAMPERS, INSULATORS, ANCILLARIES AND OTHER ITEMS

### D.1 Відтяжки

### D.1 Guys

#### D.1.1 *Металеві відтяжки і елементи, що працюють на розтяг*

#### D.1.1 *Metallic guys and tension elements*

(1) Металеві відтяжки і елементи, що працюють на розтяг, див. в EN 1993-1-11.

(1) For metallic guys and tension elements see EN 1993-1-11.

(2) Наповнювач в антенах повинен бути металевим.

(2) Filling material in antennas should be metallic

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

NOTE: The National Annex may give further information.

#### D.1.2 *Неметалеві відтяжки*

#### D.1.2 *Non metallic guys*

(1) Можна використовувати інші матеріали, крім сталі за умови, що вони мають належний модуль пружності і вжиті відповідні заходи для запобігання високочастотним вібраціям.

(1) Materials other than steel may be used provided that they have an acceptable modulus of elasticity and provided that appropriate measures are taken to prevent vibrations in higher frequencies.

**Примітка.** При виборі синтетичних матеріалів з низьким модулем пружності може знадобитися початкове напруження для компенсації їх малої жорсткості, що може привести до виникнення високочастотних вібрацій. Кінці таких канатів ізолюються з метою запобігання проникненню вологи, інакше можливий грозовий розряд. Можливо можуть знадобитися більші часткові коефіцієнти для неметалевих відтяжок, ніж для сталевих.

NOTE: In the selection of Synthetic materials the low modulus of elasticity of some products may require a higher initial tension to compensate for their lower stiffness, which can lead to possible high frequency vibrations. The ends of such ropes are sealed to prevent entrance of moisture which might otherwise lead to the discharge of lightning. Partial factors for non metallic guys may need to be higher than for steel guys.

(2) Неметалеві відтяжки повинні відповідати належним технічним специфікаціям.

(2) Non metallic guys should comply with the relevant technical specification.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

NOTE: The National Annex may give further information.

### D.2 Гасії коливань

### D.2 Dampers

#### D.2.1 *Гасії коливань конструкції*

#### D.2.1 *Structure dampers*

(1) Можливі коливання, які можуть виникати в башті або щоглі під впливом вітру, необхідно знижувати за допомогою гасіїв коливань.

(1) The possible structural vibrations that can occur in a tower or mast under wind should be reduced, if necessary, by the use of the damping devices.

**Примітка.** Див. додаток В і додаток А EN 1993-3-2.

NOTE: See Annex B and Annex A of EN 1993-3-2.

#### D.2.2 *Гасії коливань відтяжок*

#### D.2.2 *Guy dampers*

##### D.2.2.1 *Загальні положення*

##### D.2.2.1 *General*

(1) Для зменшення можливих вібрацій, що виникають у відтяжках під впливом вітру, необхідно використовувати один із наступних методів:

(1) To suppress the possible vibrations that can occur in guys under wind one of the following procedures should be followed:

а) на відтяжках встановлюються гасії коливань у випадку, якщо початковий розтяг більше 10 % розрахункової міцності на розрив відтяжки;

б) якщо відтяжки не обладнані гасіями коливань, необхідно проводити перевірку відтяжок в перші роки експлуатації на предмет виникнення надмірної частоти і/або амплітуди вібрацій. Інакше необхідно встановити гасії коливань, як вказано в (а).

**Примітка.** Дані про вібрацію див. в додатку В.

#### **D.2.2.2 Гасії коливань для зниження вихрового руху**

(1) Належні гасії коливань необхідно встановлювати у всіх випадках, де передбачається або спостерігається виникнення неприйнятних коливань, що викликаються вихровим рухом. Частотний діапазон коливань повинен бути визначений.

#### **D.2.2.3 Гасії коливань для зниження галопування (включаючи вібрації, викликані впливом дощу/вітру)**

(1) Можна забезпечити частковий контроль галопування і вібрацій, викликаних впливом дощу/вітру, з'єднавши точки максимальної амплітуди відтяжок канатами. При проектуванні з'єднань відтяжок необхідно враховувати цей ефект в умовах сильного вітру.

**Примітка.** Для забезпечення часткового контролю галопування можна застосовувати навішування ланцюгів, якщо вони діятимуть у відповідному частотному діапазоні.

### **D.3 Ізолятори**

(1) Вибір ізоляторів проводиться залежно від електричних і механічних характеристик.

(2) Мінімальну границю міцності див. у відповідних технічних умовах.

(3) Арматура ізоляторів відтяжок проектується так, щоб навіть у разі пошкодження електроустаткування стійкість щогли була забезпечена. Це можна досягти, наприклад, застосуванням надійних ізоляторів або паралельним підключенням ізоляторів.

(4) Пристрої захисту від електричної дуги повинні запобігати виникненню дугового розряду на поверхні ізолюючих матеріалів, прилеглих до сталевий арматури.

а) Dampers should be mounted on guys in all cases where the initial tension is greater than 10 % of the rated breaking strength of the guy.

б) Where guy dampers are not fitted the guys should be carefully observed during the first years of service to ensure that excessive frequency and/or amplitude of oscillations are not occurring. Otherwise dampers as described in (a) should be fitted.

**NOTE:** For vibrations see Annex B.

#### **D.2.2.2 Dampers to reduce vortex excitation**

(1) Appropriate dampers should be installed in all cases where unacceptable vortex-excited vibrations are predicted or have been observed. Dampers should conform to appropriate technical specifications. A frequency band of vibration should be specified.

#### **D.2.2.3 Dampers to prevent galloping (including rain/wind induced vibrations)**

(1) Partial control of galloping and rain/wind induced vibrations may be obtained by the attachment of a rope from guy to guy, connecting the points of maximum amplitude of two or more guys. The effect of this under high wind conditions should be taken into account in the design of the connections to the guy.

**NOTE:** Hanging chains may also be used to provide partial control of galloping, if the chains will operate over the relevant frequency range.

### **D.3 Insulators**

(1) Insulators should be selected dependent on electrical and mechanical requirements.

(2) The minimum ultimate strength should be taken from relevant technical specifications.

(3) Each guy insulator fitting should be designed such that even if an insulator suffers electrical failure the stability of the mast is still ensured. This may be achieved, for example by the use of fail safe insulators or insulators in parallel.

(4) Arcing arrangements should be made such that arcing will not occur along the surface of the insulating materials adjacent to the steel fitting.

(5) Якщо в базі щогли використовуються ізолятори, необхідно передбачити пристрій піддомкращування для забезпечення можливості їх заміни.

(6) Механічне навантаження і розвантаження керамічного ізолюючого матеріалу (при механічних випробуваннях і/або при монтажі) проводиться відповідно до належних технічних специфікацій.

**Примітка 1.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація. У разі відсутності інших даних навантаження і розвантаження проводяться зі швидкістю приблизно 5 % передбачуваного навантаження послідовно, з інтервалом приблизно 1 хв так, щоб тривалість процесу навантаження або розвантаження складала не менше 20 хв.

**Примітка 2.** Електричні характеристики див. в Національному додатку.

#### **D.4 Службові та інші елементи**

##### **D.4.1 Сходи, платформи тощо**

(1) Сходи, платформи, огорожі та інші елементи повинні відповідати технічним специфікаціям.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

##### **D.4.2 Грозозахист**

(1) Башти, щогли і відтяжки необхідно ефективно заземляти з метою грозозахисту. Захист може бути забезпечений металевією стрічкою, закільцьованою навколо бази з приєднанням до металевих штирів і плит, встановлених в ґрунті. Анкери відтяжок повинні бути захищені аналогічним чином.

(2) Система заземлення повинна бути змонтована до зведення сталевієї конструкції, необхідно передбачити з'єднання для системи заземлення в процесі монтажу.

(3) Якщо всі конструкційні з'єднання електрично зв'язані, немає необхідності в додаткових підключеннях.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

##### **D.4.3 Загороджувальні авіаційні вогні**

(1) Конструкції, що представляють небезпеку для руху повітряних суден, повинні бути позначені.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

(5) Where insulators are used at the base of the mast, jacking facilities should be provided to enable replacement of units.

(6) Mechanical loading and unloading for ceramic insulating material (during mechanical tests and/or during construction) should be carried out in accordance with the relevant technical specifications.

NOTE 1: The National Annex may give further information. In the absence of other data loading and unloading should be undertaken at a rate of approximately 5 % of the expected load in steps of approximately 1 minute, such that any loading or unloading will take not less than 20 minutes.

NOTE 2: For electrical properties see National Annex.

#### **D.4 Ancillaries and other items**

##### **D.4.1 Ladders, platforms, etc.**

(1) Ladders, platforms, safety rails and other ancillaries should comply with the relevant specifications.

NOTE: The National Annex may give further information.

##### **D.4.2 Lightning protection**

(1) Towers, masts and guys should be effectively earthed for protection against lightning. This may be achieved by a metallic tape ring around the base connected to metallic plates and rods embedded in the soil. Guy anchors should be similarly protected.

(2) The earthing system should be completed before erection of the steelwork, and connections should be made to the stay earthing system as erection work proceeds.

(3) Provided that all the structural joints are electrically continuous, no further bonding need be incorporated.

NOTE: The National Annex may give further information.

##### **D.4.3 Aircraft warning**

(1) Structures that constitute a hazard to aerial navigation should be marked.

NOTE: The National Annex may give further information.

#### **D.4.4 *Захист від вандалізму***

(1) Необхідно вжити відповідних захисних заходів для обмеження доступу не уповноважених осіб.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

#### **D.4.4 *Protection against vandalism***

(1) Suitable protective measures should be installed to restrict access by unauthorized persons.

**NOTE:** The National Annex may give further information.



## РОЗРИВ ВІДТЯЖКИ

### Е.1 Вступ

(1) Розрив відтяжки є аварійною дією. Часткові коефіцієнти див. в додатку А.

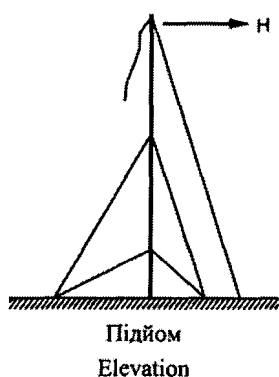
(2) Точний розрахунок динамічної дії на щогли з відтяжками, викликані раптовим розривом відтяжки, вельми складний, оскільки деякі з різних чинників, що впливають на поведінку щогли відразу після розриву, неясні, наприклад, характер розриву, гасіння коливальних щогли і відтяжок, вібрація відтяжок і щогли тощо. Відповідно можна прийняти спрощену модель розрахунку, наведену в Е.2. Консервативний метод (із запасом) наведений в Е.3.

### Е.2 Спрощена розрахункова схема

(1) При використанні спрощеної моделі розрахунку щогли у зв'язку з розривом відтяжки допускається, якщо динамічні дії еквівалентні статичним силам, діючим на щоглу на рівні ярусу кріплення відтяжок, де, як передбачається, відбувся розрив.

(2) При розрахунку такої статичної еквівалентної сили  $F_{h,dyn,Sd}$ , описаної нижче, допускається, що:

- розрив є простим розрізом відтяжки;
- енергія пружної деформації відтяжки 1 (див. рисунок Е.1) перед розривом не врахована;
- не враховано гасіння коливальних;



#### Позначки:

- 1 – Відтяжка 1;
- 2 – Відтяжка 2;
- 3 – Відтяжка 3;
- 4 – Прогин

### Е.1 Introduction

(1) Guy rupture is an accidental action. For partial factors see Annex A.

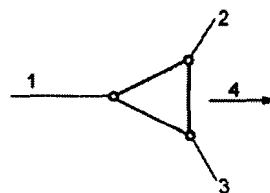
(2) The precise analysis of a guyed mast for the dynamic actions caused by a sudden rupture of a guy is very complicated, because several of the different factors influencing the behaviour of the mast immediately after failure are uncertain; for instance the character of the rupture, the damping of the guys and the mast, the vibration of the guys and the mast, etc. Accordingly, the simplified analytical model given in E.2 may be adopted. A conservative procedure is given in E.3.

### Е.2 Simplified analytical model

(1) For the simplified analysis of a guyed mast due to the rupture of a guy, the dynamic forces should be assumed to be equivalent to a static force acting on the mast at the level of the set of guys where rupture has assumed to have occurred.

(2) For the calculation of this static equivalent force  $F_{h,dyn,Sd}$  described below, it is assumed that:

- the rupture is a simple cut through the guy;
- the elastic energy stored in guy 1 (see Figure E.1) before the rupture occurs is neglected;
- damping is not taken into account;



#### Key:

- 1 Guy 1
- 2 Guy 2
- 3 Guy 3
- 4 Deflection

Рисунок Е.1 – Розрив відтяжки

Figure E.1 – Guy rupture

– не враховано вітрове навантаження при розрахунку еквівалентної сили.

(3) При вказаному прогині відтяжки 2 і 3 діють на щоглу з силою  $F_{h,Sd}$ . Це показано на рисунку E.2 у вигляді кривої 1. Очевидно, що  $F_{h,Sd}$  зменшується при збільшенні прогину через ослаблення натягу відтяжок.

(4) Крім комплексу відтяжок даного ярусу, для щоголової системи може бути також показане відношення зовнішньої горизонтальної сили і відхилення центра. На рисунку E.2 це відношення показано за допомогою кривої 2. У місці перерізу кривих 1 і 2 дві сили однакові, тобто в наявності статична рівновага. Діюча сила на з'єднання –  $F_{h,stat,Sd}$ .

(5) У момент розриву енергія зосереджена у відтяжках 2 і 3. Коли щогла починає відхилятися, ця енергія частково трансформується в кінетичну.

(6) При максимальному прогині кінетична енергія дорівнює нулю, оскільки енергія, втрачена відтяжками 2 і 3, передана щоглі у вигляді енергії пружної деформації на стовбур і відтяжки. Гасіння коливань не враховане.

(7) Допускається, що енергія, втрачена відтяжками 2 і 3, дорівнює ділянці A2 під кривою 1 на рисунку E.2.

(8) Прогин, в результаті якого дві ділянки A1 і A2 стають однаковими, необхідно прийняти як динамічний прогин  $u_{dyn}$ .

– the wind loading when calculating the equivalent force is neglected.

(3) For a given deflection  $u$  guys 2 and 3 act on the mast shaft with a force  $F_{h,Sd}$ . The relation is shown in Figure E.2 as curve 1. It will be seen that  $F_{h,Sd}$  decreases with increasing deflection owing to slackening of the guys.

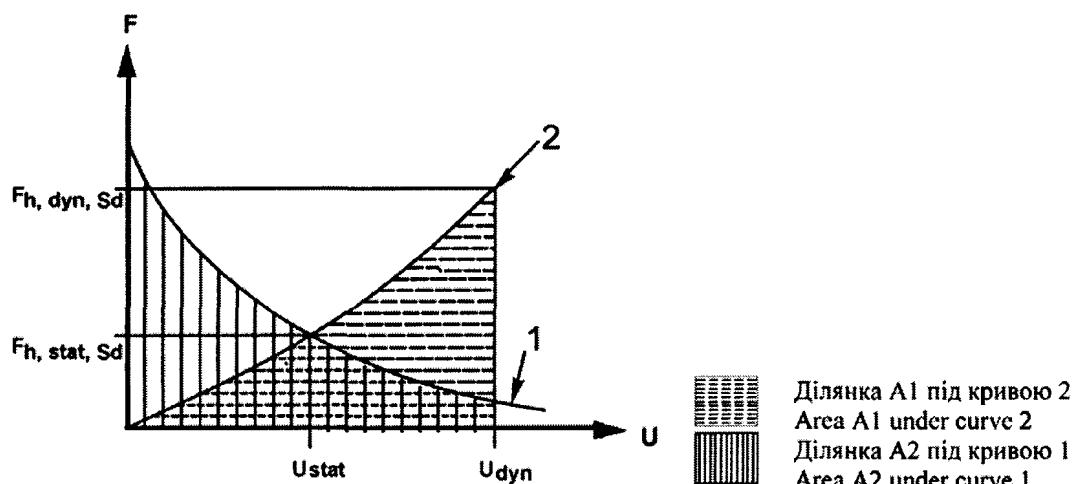
(4) For the mast system, except for the set of guys at the considered level, the relation between an external horizontal force and the deflection of the node can be shown as well. In Figure E.2 this relation is shown in curve 2. Where the two curves 1 and 2 intersect, the two forces are equal, i.e. there is static equilibrium. The force acting on the joint is  $F_{h,stat,Sd}$ .

(5) At the moment that rupture occurs, energy is stored in guys 2 and 3. When the mast starts deflecting, this energy will partially be transformed into kinetic energy.

(6) At the maximum deflection, the kinetic energy will be zero, because the energy lost in guys 2 and 3 has been transferred to the mast as elastic strain energy in the shaft and the guys. Damping has not been taken into consideration.

(7) The energy lost in guys 2 and 3 should be assumed to be equal to the area A2 below curve 1 in Figure E.2.

(8) The deflection resulting in the two areas A1 and A2 being equal, should be taken as the dynamic deflection  $u_{dyn}$ .



Позначки:

1 – Крива 1: відтяжки 2 і 3

2 – Крива 2: щогла без відтяжок 1, 2 і 3

Key:

1 Curve 1: Guy 2 and 3

2 Curve 2: Mast excluding guy 1, 2 and 3

Рисунок E.2 – Графік "сила-прогин"

Figure E.2 – Force-deflection diagram

(9) Динамічна сила  $F_{h,dyn,Sd}$  відповідає цьому динамічному прогину. Коефіцієнт динамічної дії  $\Phi$  можна визначити таким чином:

$$\Phi = \frac{F_{h,dyn,Sd}}{F_{h,stat,Sd}}. \quad (E.1)$$

(10) Вищенаведений метод розрахунку щогли відразу після можливого розриву відтяжки застосовується до щогл, що розкріплені в трьох площинах. Щодо щогл, розкріплених в чотирьох (або більше) площинах, приймається аналогічний метод, заснований на тих же принципах.

(11) За погодженням проектувальників, замовника і компетентних органів вищезгадана динамічна сила, що виникає при розриві, не повинна комбінуватися з кліматичними навантаженнями.

### **E.3 Консервативний метод (розрахунок із запасом)**

(1) Динамічні сили в стовбурі щогли і відтяжках, викликані розривом троса, можуть бути розраховані із запасом, для цього використовується наступний статичний розрахунок.

(2) Горизонтальний компонент сили, що діє у відтяжці перед розривом, необхідно використовувати як додаткову силу, діючу на щоглу без пошкодженої відтяжки.

**Примітка.** За відсутності інших кліматичних навантажень вона відповідає початковому розтягу.

(3) Результируючу силу відтяжки необхідно збільшити, використовуючи коефіцієнт 1,3, якщо в щоглі два яруси розкріплювання, або у разі розгляду розриву верхньої відтяжки.

### **E.4 Аналіз після розриву відтяжки**

(1) В доповнення до методів, наведених в E.2 і E.3 вище, відразу після розриву відтяжки щогла повинна витримувати вітрові навантаження протягом короткого періоду часу, поки не буде встановлена тимчасова відтяжка.

(2) Якщо не наведені які-небудь інші вимоги, щогла без зруйнованої відтяжки повинна витримувати понижене вітрове навантаження, діюче як статичне навантаження, і без місцевого розподіленого навантаження вітру. Понижене вітрове навантаження приймається 50 % характеристичного середнього вітрового навантаження, діючого при найбільш несприятливому напрямі вітру.

(9) The dynamic force  $F_{h,dyn,Sd}$  corresponds to this dynamic deflection. The impact factor  $\Phi$  may be determined using:

(10) The above procedure for the analysis of a mast just after a possible guy rupture has occurred applies to a mast guyed in 3 directions. For masts guyed in 4 (or more) directions similar procedures based on the same principles should be adopted.

(11) If agreed between the designer, the client and the competent authority the above dynamic force arising from the rupture should not be combined with climatic loads.

### **E.3 Conservative procedure**

(1) The dynamic forces in the mast column and the guys caused by a cable rupture can be conservatively estimated using the following static calculations.

(2) The horizontal component of the guy force acting in the guy before the rupture should be used as an additional force acting on the mast without the broken guy.

**NOTE:** In the absence of other climatic loads this corresponds to the initial tension.

(3) The resulting guy forces should be increased by the factor 1.3 in the case of masts with 2 stay levels or if the rupture of a top guy is considered.

### **E.4 Analysis after a guy rupture**

(1) In addition to the procedures set out in E.2 or E.3 above, immediately after the rupture of a guy the mast should be able to withstand wind loads for a short period until temporary guying can be arranged.

(2) If no other requirements are given, the mast without the ruptured guy should be able to withstand a reduced wind load, acting as a static load, and without patch wind loading. The reduced wind loading should be taken as 50 % of the characteristic mean wind loading, acting in the most adverse wind direction.

## ВИГОТОВЛЕННЯ

### F.1 Загальні положення

(1) Виготовлення і монтаж башт і щогл проводиться відповідно до EN 1090-2.

### F.2 Болтові з'єднання

(1) Всі болтові з'єднання в баштах і щоглах повинні бути захищені від ослаблення гайок при експлуатації.

(2) У місцях, де необхідно враховувати ефекти втоми, болтові отвори в елементах повинні бути просвердленими.

(3) Можна використовувати підігнані чи більш жорсткі допуски на болтові отвори ніж наведені в EN 1993-1-1, в тих місцях, де зсуви небезпечні (див. 4.2.2).

### F.3 Зварні з'єднання

(1) Якість зварних швів, що допускається при виборі належного класу втомного опору конструкційної деталі (див. 9.3), повинна бути вказана на робочих кресленнях конструкції.

### F.4 Допуски

#### F.4.1 Загальні положення

(1) При виготовленні необхідно виконувати допуски, наведені в EN 1090, частина 2.

(2) Якщо допуски, наведені в EN 1090, не відповідають вимогам до функціонування конструкції, необхідно застосовувати більш жорсткі допуски.

#### F.4.2 Допуски на монтаж

##### F.4.2.1 Гратчасті башти

(1) Необхідно вказати максимальне відхилення верха башти.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація. Рекомендоване максимальне відхилення верха башти не повинно перевищувати 1/500 висоти башти.

(2) Остаточне вирівнювання башти необхідно проводити в спокійних умовах з урахуванням температурного впливу.

##### F.4.2.2 Щогли з відтяжками

(1) При проектуванні необхідно визначити чутливість конструкції до змінної швидкості вітру при остаточному вирівнюванні і натягу відтяжок.

## EXECUTION

### F.1 General

(1) Towers and masts should be fabricated and erected according to EN 1090-2.

### F.2 Bolted connections

(1) All bolt assemblies on towers and masts should be provided with suitable measures to avoid any loosening of nuts in service.

(2) Bolt holes in members should be drilled, where fatigue effects cannot be ignored.

(3) Fitted or friction grip bolts, or closer tolerances on bolt holes than those given in EN 1993-1-1 may be used where displacements are critical (see 4.2.2).

### F.3 Welded connections

(1) The quality of welds assumed in selecting the appropriate fatigue class of a structural detail, see 9.3, should be specified on the drawings for the fabrication of the structure.

### F.4 Tolerances

#### F.4.1 General

(1) The tolerances given in EN 1090, Part 2 should be satisfied in fabrication.

(2) Tighter tolerances should be used where tolerances from EN 1090-2 do not satisfy the requirements for the function of the structure.

#### F.4.2 Erection tolerances

##### F.4.2.1 Lattice towers

(1) The maximum displacement of the tower top should be specified.

**NOTE:** The National Annex may give further information. A maximum displacement of the tower top not more than 1/500 of the height of the tower is recommended.

(2) Final plumbing should be done in calm conditions taking due account of any temperature effects.

##### F.4.2.2 Guyed masts

(1) The sensitivity to the structure to varying wind speeds for final plumbing and guy tensioning should be determined in design.

**Примітка.** Як правило, якщо такі операції проводяться при швидкості вітру, що перевищує 5 м/с, необхідно виконати розрахунки з метою компенсації впливу вітру з урахуванням температурного впливу.

(2) Остаточне вирівнювання і натяг відтяжок починається, як правило, з нижнього ярусу розкріплювання.

**Примітка.** В Національному додатку можуть бути наведені граничні допуски. Рекомендуються наступні значення:

а) остаточне положення центральної осі щогли повинне бути в межах вертикально розташованого конуса з вершиною на основі щогли, і радіусом, що дорівнює 1/1500 висоти над базою щогли. Це не відноситься до відтяжок антен або антенних ґраток;  
б) результуючий горизонтальний компонент початкового розтягу всіх відтяжок даного ярусу не повинен перевищувати 5 % середнього горизонтального компонента початкового розтягу відтяжок для даного ярусу. Початковий розтяг окремої відтяжки даного ярусу за жодних обставин не повинен відрізнятися від розрахункового значення більше ніж на 10 %, див. EN 1993-1-11;

с) максимальний початковий прогин стовбура щогли між двома ярусами відтяжок повинен бути  $L/1000$ , де  $L$  – відстань між даними ярусами.

д) після монтажу допуск на вирівнювання трьох послідовних з'єднань відтяжок до щогли обмежений значенням  $(L_1 + L_2)/2000$ , де  $L_1$  і  $L_2$  – довжини двох послідовних прогонів стовбура щогли.

#### **F.4.3 Обмеження натягу**

(1) Після монтажу необхідно натягнути відтяжки відповідно до проектних розрахунків з урахуванням фактичної температури в місці установки, див. EN 1993-1-11.

(2) Щоб зменшити можливість виникнення вібрації відтяжок, необхідно проводити натяг за відсутності вітру, натяг кожної відтяжки повинен бути менше 10% від руйнуючого навантаження.

**Примітка 1.** Щодо щогл невеликої висоти це значення може бути збільшене.

**Примітка 2.** Низький ступінь натягу за відсутності вітру може привести до галопування відтяжок.

#### **F.5 Попередній розтяг відтяжок**

(1) Для забезпечення пружного стану відтяжки необхідно її заздалегідь розтягнути (до анкерування). Це можна зробити на виробництві постачальника або, якщо є відповідні можливості, на будівельному майданчику, див. EN 1993-1-11.

**NOTE:** Generally if such operations are to be undertaken in wind speed in excess of 5m/s calculations will be required to compensate for the effects of wind, taking due account of any temperature effects.

(2) Final plumbing and tensioning of guys should normally proceed from the lowest guy level upward.

**NOTE:** The National Annex may give limits for the tolerances. The following values are recommended:

a) The final position of the centre line of the mast should all lie within a vertical cone with its apex at the mast base and with a radius of 1/1500 of the height above the mast base. This does not apply to halyards or aerial array wires.

b) The resultant horizontal component of the initial guy tensions of all the guys at a given level should not exceed 5 % of the average horizontal component of the initial guy tension for that level. The initial tension in any individual guy at a given level should in no case vary more than 10 % from the design value, see EN 1993-1-11.

c) Maximum initial deflection of the mast column between two guy levels, where  $L$  is the distance between the guy levels in question, should be  $L/1000$ .

d) After erection the tolerance on the alignment of 3 consecutive guy connections on the shaft is limited to  $(L_1 + L_2)/2000$ , where  $L_1$  and  $L_2$  are the lengths of the two consecutive spans of the shaft.

#### **F.4.3 Tensioning constraints**

(1) After erection, the guys should be tensioned in accordance with the design calculations, taking due account of the actual temperature on the site, see EN 1993-1-11.

(2) In order to minimise the possibility of guy vibrations still air tensions should be selected such that for each guy the tension is less than 10% of its breaking load.

**NOTE 1:** For small masts this figure may be exceeded.

**NOTE 2:** Low still air tensions can give rise to galloping of guys.

#### **F.5 Prestretching of guys**

(1) In order to ensure that the rope is in a truly elastic condition guys should be prestretched preferably prior to terminating. This may be done at the supplier's works or, if suitable facilities exist, at the erection site, see EN 1993-1-11.

**Примітка.** Необхідність попереднього розтягу залежить від планованої програми подальших натягів, типу і розміру використовуваних канатів або тросів, а також їх сприйнятливості до відхилень.

(2) Попередній розтяг проводиться шляхом циклічного додавання навантаження до відтяжки, що складає від 10 % до 50 % від руйнуючого навантаження. Кількість циклів повинна бути не менше 10. Дану процедуру не можна виконувати, пропускаючи навантажену відтяжку через шків.

NOTE: The need for prestretching is dependent on the planned programme for retensioning, the type and size of the rope used and the sensitivity to deflections.

(2) Prestretching should be carried out by loading the guy cyclically between 10 % and 50% of its breaking load. The number of cycles should not be less than ten. This process should not be carried out by passing the loaded guy around a sheave wheel.

**ВТРАТА СТІЙКОСТІ  
ЕЛЕМЕНТІВ ЩОГЛ І БАШТ**

**G.1 Опір втраті стійкості стиснутих елементів**

(1) Розрахунковий опір втраті стійкості стиснутого елемента в ґратчастій башті або щоглі визначається відповідно до EN 1993-1-1 таким чином:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$$

для перерізів класів 1, 2 і 3 (for class 1,2 and 3 cross section), (G.1a)

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}$$

для перерізів класу 4 (for class 4 cross sections), (G.1b)

де:

$\chi$  – коефіцієнт зменшення при відповідній формі втрати стійкості, визначений в 6.3.1.2 EN 1993-1-1.

(2) При постійному осьовому стиску елементів з постійним перерізом коефіцієнт зменшення  $\chi$  і  $\phi$  коефіцієнт для визначення  $\chi$  визначаються з використанням ефективної гнучкості  $\bar{\lambda}_{eff}$  замість  $\bar{\lambda}$ . Ефективна гнучкість  $\bar{\lambda}_{eff}$  розраховується таким чином:

$$\bar{\lambda}_{eff} = k \bar{\lambda}, \quad (G.2)$$

де:

$k$  – ефективний коефіцієнт гнучкості, див. G.2, і

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

$\lambda_1$  – визначається в EN 1993-1-1

$\lambda$  – гнучкість при відповідній формі втрати стійкості, див. додаток H.

**Примітка.** Ефективна гнучкість враховує умови обпирання стиснутого елемента.

(3) Для окремих елементів з кутикового профілю, обидва кінці яких закріплено нежорстко (як мінімум двома болтами, якщо це болтове з'єднання), розрахунковий опір втраті стійкості, визначений в G.1(1), необхідно зменшити, застосовуючи понижувальний коефіцієнт  $\eta$ .

**BUCKLING OF COMPONENTS  
OF MASTS AND TOWERS**

**G.1 Buckling resistance of compression members**

(1) The design buckling resistance of a compression member in a lattice tower or mast should be determined according to EN 1993-1-1 as:

(1) The design buckling resistance of a compression member in a lattice tower or mast should be determined according to EN 1993-1-1 as:

(1) The design buckling resistance of a compression member in a lattice tower or mast should be determined according to EN 1993-1-1 as:

where

$\chi$  is the reduction factor for the relevant buckling mode defined in 6.3.1.2 of EN 1993-1-1.

(2) For constant axial compression in members of constant cross section, the reduction factor  $\chi$  and the factor  $\phi$  to determine  $\chi$  should both be determined with the effective slenderness ratio  $\bar{\lambda}_{eff}$  instead of  $\bar{\lambda}$ . The effective slenderness ratio  $\bar{\lambda}_{eff}$  is defined as:

$$\bar{\lambda}_{eff} = k \bar{\lambda}, \quad (G.2)$$

where:

$k$  is the effective slenderness factor obtained from G.2 and

$\lambda_1$  is defined in EN 1993-1-1

$\lambda$  is the slenderness for the relevant buckling mode see Annex H.

**NOTE:** The effective slenderness takes into account the support conditions of the compression member.

(3) For single angle members which are not connected rigidly at both ends (at least with two bolts, if bolted), the design buckling resistance defined in G.1(1) should be reduced by a reduction factor  $\eta$ .

**Примітка.** В Національному додатку може бути визначений понижувальний коефіцієнт  $\eta$ . Рекомендується наступні значення:

$\eta = 0,8$  для окремих елементів з кутикового профілю, сполучених на кожному кінці одним болтом;  
 $\eta = 0,9$  для окремих елементів з кутикового профілю, сполучених на одному кінці одним болтом, а інший кінець при цьому закріплений жорстко.

## **G.2 Ефективний коефіцієнт гнучкості $k$**

(1) Для розрахунку належної загальної гнучкості елемента можна визначити ефективний коефіцієнт гнучкості  $k$  відповідно до компоновки конструкції.

(a) Пояси

$k$  наведений в таблиці G.1.

(b) Елементи діагональних в'язей

$k$  належить визначати з урахуванням схеми в'язевих елементів жорсткості (див. рисунок Н.1) і з'єднань в'язевих елементів до опорних стояків. За відсутності точніших даних див. значення  $k$  в таблиці G.2.

(c) Елементи горизонтальних в'язевих елементів

У разі горизонтальних елементів К-подібних розкосів без діафрагм (див. Н.10), половина довжини яких стиснута, а інша розтягнута при втраті стійкості поперечної рами, ефективний коефіцієнт гнучкості  $k$ , визначений за таблицею G.2, необхідно помножити на коефіцієнт  $k_1$ , наведений в таблиці G.3, залежний від відношення розтягувального навантаження  $N_t$  до стискального навантаження  $N_c$ .

NOTE: The reduction factor  $\eta$  may be defined in the National Annex. The following values are recommended:

$\eta = 0,8$  for single angle members connected by one bolt at each end;

$\eta = 0,8$  for single angle members connected by one bolt at one end and continuous or rigidly connected at the other end.

## **G.2 Effective slenderness factor $k$**

(1) In order to calculate the appropriate generalised slenderness of the member, the effective slenderness factor  $k$  may be determined according to the structural configurations.

(a) Leg members

$k$  should be obtained from table G.1.

(b) Diagonal bracing members

$k$  should be determined taking account of both the bracing pattern (see Figure H.1) and the connections of the bracing to the legs. In the absence of more accurate information values of  $k$  should be obtained from table G.2.



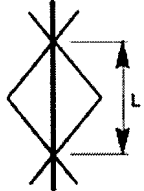
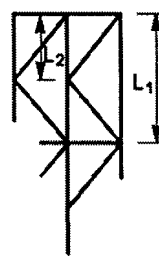
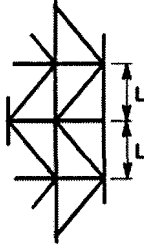
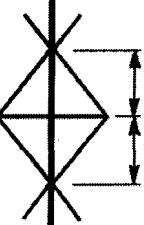
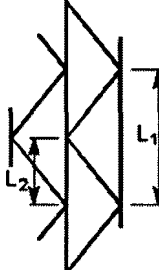
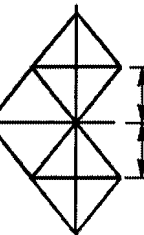
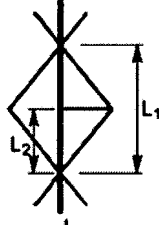
(c) Horizontal bracing members

In the case of horizontal members of K bracing without plan bracing (see H.3.10) that have compression in one half of their length and tension in the other, the effective slenderness factor for buckling transverse to the frame determined from table G.2, should be multiplied by the factor  $k_1$  given in table G.3 depending on the ratio of the tension load,  $N_t$ , to the compression load  $N_c$ .



Таблиця G.1 – Ефективний коефіцієнт гнучкості  $k$  для поясів

Table G.1 – Effective slenderness factor  $k$  for leg members

Симетричні в'язеві елементи Symmetrical bracing			Несиметричні в'язеві елементи Unsymmetrical bracing			
Переріз Section	 (3)	+ ● ○	Переріз Section	 (3)	+ ●	○
Вісь Axis	$v-v$	$y-y$	Вісь Axis	$v-v$	$y-y$	$y-y$
 <p>Випадок (а) Основні в'язеві елементи на двох кінцях Case (a) Primary bracing at both ends</p>	$0,8 + \frac{\lambda}{10}$ але (but) $\geq 0,9$ і (and) $\leq 1,0$	$1,0^{(1)}$	 <p>розрізний верхній кінець з горизонталями discontinuous top end with horizontals</p>			
 <p>несиметричне (asymmetric)</p>  <p>симетричне (symmetric) Випадок (d) Основні в'язеві елементи на двох кінцях Case (d) Primary bracing at both ends</p>	$0,8 + \frac{\lambda}{10}$ але (but) $\geq 0,9$ і (and) $\leq 1,0$	$1,0^{(1)}$	 <p>Випадок (d) Основні в'язеві елементи на двох кінцях Case (d) Primary bracing at both ends</p>	$1,2 \left( 0,8 + \frac{\lambda}{10} \right)$ але (but) $\geq 1,08$ і (and) $\leq 1,2$ на (on) $L_2^{(2)}$	$1,2 \left( 0,8 + \frac{\lambda}{10} \right)$ але (but) $\geq 1,08$ і (and) $\leq 1,2$ на (on) $L_1$	$1,0$ на (on) $L_1^{(1)}$
 <p>Випадок (с) Вторинний згин обох кінців Case (c) Secondary bending at both ends</p>	$0,8 + \frac{\lambda}{10}$ але (but) $\geq 0,9$ і (and) $\leq 1,0$	$1,0^{(1)}$	 <p>Випадок (е) Основні в'язеві елементи на двох кінцях Case (e) Primary bracing at both ends</p>	$0,8 + \frac{\lambda}{10}$ але (but) $\geq 0,9$ і (and) $\leq 1,0$ на (on) $L_2^{(2)}$	$0,8 + \frac{\lambda}{10}$ але (but) $\geq 0,9$ і (and) $\leq 1,0$ на (on) $L_1$	$1,0$ на (on) $L_1^{(1)}$

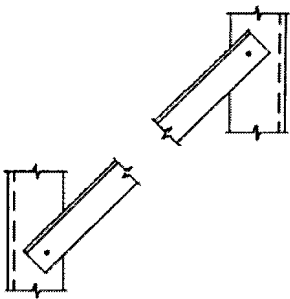
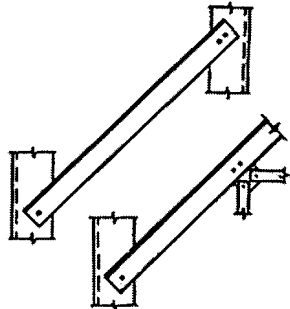
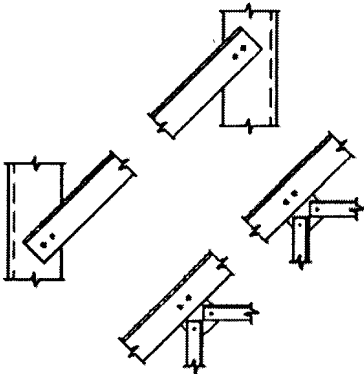
**Примітка 1.** Понижувальний коефіцієнт може бути підтверджений розрахунком.  
 NOTE 1: A reduction factor may be justified by analysis.

**Примітка 2.** Критично тільки при використанні в значній мірі нерівнобічного кутикового профілю.  
 NOTE 2: Only critical if very unequal angle section is used.

**Примітка 3.** Вищенаведені значення застосовуються тільки для кутів 90°.  
 NOTE 3: The above values only apply to 90° angles.

**Таблиця G.2** – Ефективний коефіцієнт гнучкості *k* до в'язевих елементів:  
 (а) одно- і двоболтові з'єднання кутикового профілю

**Table G.2** – Effective slenderness factor *k* for bracing members:  
 (a) Single and double bolted angles

Тип закріплення Type of restraint	Приклади Examples	Вісь Axis	<i>k</i>
Розрізне з обох кінців (тобто од- ноболтове з'єднання з обох кінців елемента) Discontinuous both end (i.e. single bolted at both ends of member)		v-v	$0,7 + \frac{0,35}{\lambda_v}$
		y-y	$0,7 + \frac{0,58}{\lambda_y}$
		z-z	$0,7 + \frac{0,58}{\lambda_z}$
Нерозрізне з одного кінця (тобто одноболтове з'єднання з одного кінця і двоболтове або нерозріз- не з іншого кінця елемента) Continuous one end (i.e. single bolted at one end and either doub- le bolted or continuous at other end of member)		v-v	$0,7 + \frac{0,35}{\lambda_v}$
		y-y	$0,7 + \frac{0,40}{\lambda_y}$
		z-z	$0,7 + \frac{0,40}{\lambda_z}$
Нерозрізне з обох кінців (тобто двоболтове з'єднання з обох кінців, двоболтове з'єднання з одного кінця і нерозрізне з іншо- го кінця або нерозрізне з'єднан- ня з обох кінців елемента) Continuous both ends (i.e. double bolted at both ends, double bolted at one end and continuous at other end, or continuous at both ends of the member)		v-v	$0,7 + \frac{0,35}{\lambda_v}$
		y-y	$0,7 + \frac{0,40}{\lambda_y}$
		z-z	$0,7 + \frac{0,40}{\lambda_z}$

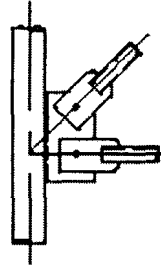
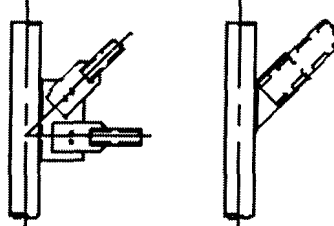
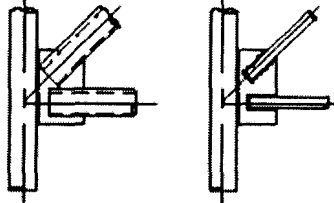
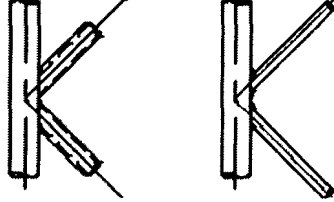
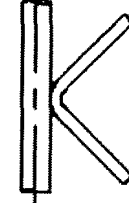
**Примітка 1.** Вищезгадані частини наведені як приклад і можуть не відображати фактичних проектних планів.  
 NOTE 1: Above details are shown for illustrative purposes only and may not reflect practical design aspects.

**Примітка 2.** Показані деталі для з'єднання до полиць кутикового профілю. Коефіцієнт *k* застосовується в однаковій мірі до з'єднань поясів трубчастого або кололого суцільного перерізу за допомогою приварених фасонки.

NOTE 2: Details are shown for connections to angle legs. The factor *k* applies equally to connections to tubular or solid round legs through welded gusset plates.

Таблиця G.3 – Ефективний коефіцієнт гнучкості  $k$  до в'язей (b) Труби і стрижні

Table G.3 – Effective slenderness factor  $k$  for bracing members: (b) Tubes and rods

	Тип Type	Вісь Axis	$k^{(3)(5)}$
пояси із труб і стрижнів tube or rod legs	 <p>одноболтове з'єднання труби single bolted tube</p>	у площині in plane	0,95 <sup>(2)</sup>
		з площини out of plane	0,95 <sup>(2)</sup>
	 <p>двоболтове кінцеве з'єднання труби double bolted welded tubes with tube end plates</p>	у площині in plane	0,85
		з площини out of plane	0,95 <sup>(2)</sup>
	 <p>зварні труби<sup>(1)</sup> і стрижні із привареними фасонками welded tubes<sup>(1)</sup> and rods with welded gussets</p>	у площині in plane	0,70
		з площини out of plane	0,85
	 <p>труби і стрижні зварені без фасонок двостороннім зварюванням directly welded tubes and rods</p>	у площині in plane	0,70
		з площини out of plane	0,70
	 <p>зварні гнуті стрижні welded bent rods у площині</p>	у площині in plane	0,85
		з площини out of plane	0,85

Кінець таблиці G.3

Тип Type	Вісь Axis	$K^{(3)(5)}$
<p><b>Примітка 1.</b> Болти з попереднім натягом підпадають під цю умову залежно від розрахунку. NOTE 1: Double preloaded bolts may qualify for this condition subject to analysis.</p> <p><b>Примітка 2.</b> Зменшення тільки для дійсної довжини, але не менше відстані між кінцевими болтами. NOTE 2: Reduction for actual length only, but not less than the distance between end bolts.</p> <p><b>Примітка 3.</b> Якщо кінці не однакові, використовується середнє значення "K". NOTE 3: Where ends are not the same, an average "K" value should be used.</p> <p><b>Примітка 4.</b> Вищезгадані частини наведені як приклад і можуть не відображати фактичних проектних планів. NOTE 4: Above details are shown for illustrative purposes only and may not reflect practical design aspects.</p> <p><b>Примітка 5.</b> Вищезгадані значення відносяться до в'язей одного типу на кожному кінці. Для елементів з проміжними допоміжними в'язями коефіцієнт "K" може збільшитися і необхідно застосовувати верхнє значення 1,0, якщо інше не буде об'рунтовано в процесі випробувань. NOTE 5: Above values are for bracing members with the same connection type at each end. For members with intermediate secondary bracing "K" factors may increase and upper values of 1,0 should be used unless justified by tests.</p>		

**Таблиця G.4** – Коефіцієнт модифікації  $k_1$  для горизонталі K напіврозкосу без діафрагми

**Table G.4** – Modification factor ( $k_1$ ) for horizontal of K brace without plan bracing

Співвідношення $\frac{N_t}{N_c}$ Ratio $\frac{N_t}{N_c}$	Коефіцієнт модифікації, $k_1$ Modification factor, $k_1$
0,0	0,73
0,2	0,67
0,4	0,62
0,6	0,57
0,8	0,53
1,0	0,50
<p><b>Примітка.</b> Значення 1,0 застосовується, якщо співвідношення <math>\frac{N_t}{N_c}</math> негативне, тобто обидва елементи стиснуті. NOTE: A value of 1,0 applies when the ratio <math>\frac{N_t}{N_c}</math> is negative (i.e. when both members are in compression).</p>	

## РОЗРАХУНКОВА ДОВЖИНА І ГНУЧКІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ

### Н.1 Загальні положення

(1) У даному додатку наведена інформація про визначення гнучкості і розрахункової довжини елементів щогл і башт.

### Н.2 Пояси

(1) Гнучкість поясів не повинна, як правило, перевищувати 120.

(2) Для одиночних кутиків, профілів трубчастого або суцільного круглого перерізу, використовуваних для виготовлення стояків, схильних до осевого стиску, із симетричними в'язями жорсткості в двох перпендикулярних площинах або в площинах під кутом 60° (у разі трикутних конструкцій), необхідно визначити гнучкість на основі розрахункової довжини між вузлами.

(3) Якщо в'язеві елементи розташовані ступінчасто в двох перпендикулярних площинах або в площинах під кутом 60° (у разі трикутних конструкцій), розрахункова довжина приймається такою, що дорівнює відстані між вузлами. Гнучкість у випадку, наведеному в таблиці G.1, випадок (d), необхідно визначити за формулою (Н.1а) або (Н.1б) залежно від умов. Гнучкість приймається:

$$\lambda = \frac{L_1}{i_{yy}} \text{ або (or) } \lambda = \frac{L_2}{i_{vv}} \text{ для кутиків (for angles) ,} \quad (\text{H.1a})$$

$$\lambda = \frac{L_1}{i_{yy}} \text{ для труб (for tubes) .} \quad (\text{H.1b})$$

**Примітка.** Значення  $\lambda = \frac{L_2}{i_{vv}}$  може бути прийнято із

запасом по відношенню до більш точного розрахунку з урахуванням реальних умов обпирання кінців.

(4) Складові елементи для стояків можуть формуватися з двох кутиків у вигляді хрестоподібного перерізу або сполученими в тавр.

(5) Складові елементи, що складаються з двох кутиків, сполучених в тавр, можуть бути відокремлені на малу довжину і сполучені за допомогою планок і болтів. Їх необхідно перевірити на стійкість по обох осях прямокутної системи

## BUCKLING LENGTH AND SLENDERNESS OF MEMBERS

### H.1 General

(1) This annex gives information about the determination of buckling length and slenderness of members in masts and towers.

### H.2 Leg members

(1) The slenderness for leg members should generally be not more than 120.

(2) For single angles, tubular sections or solid rounds used for leg sections with axial compression braced symmetrically in two normal planes, or planes 60° apart in the case of triangular structures, the slenderness should be determined from the system length between nodes.

(3) Where bracing is staggered in two normal planes or planes 60° apart in the case of triangular structures, the system length should be taken as the length between nodes. The slenderness for the case shown in table G.1, case (d) should be determined from equation (H.1a) or (H.1b) as appropriate. The slenderness should be taken as:

**NOTE:** The value  $\lambda = \frac{L_2}{i_{vv}}$  may be conservative in relation to a more refined analysis taking account of realistic end conditions.

(4) Built-up members for legs may be formed with two angles in cruciform section or of two angles back to back.

(5) Built-up members consisting of two angles back to back (forming a T) may be separated by a small distance and connected at intervals by spacers and stitch bolts. They should be checked for buckling about both rectangular axes according

координат у відповідності з 6.4.4 EN 1993-1-1. Максимальна відстань між сполучними болтами див. у 6.4.4 EN 1993-1-1.

**Примітка.** В Національному додатку може бути наведена інформація про технологічні процеси, в яких максимальна відстань між сполучними болтами перевищує вказане у 6.4.4 EN 1993-1-1.

(6) Виключається допущення, що сполучні болти забезпечують повну сумісну роботу у випадках, якщо відстань між кутиками перевищує  $1,5t$ , а характеристики необхідно розраховувати з допущенням, що інтервал дорівнює фактичному значенню або  $1,5t$  залежно від того, яка величина менша, де  $t$  – товщина кутика. Якщо застосовуються сполучні планки в доповнення до сполучних болтів, необхідно приймати характеристики, відповідні повному зазору. Див. 6.4.4 EN 1993-1-1.

(7) Сполучні планки повинні запобігати відносному зсуву двох кутиків, якщо застосовуються болтові з'єднання категорій А і В, див. 3.4 EN 1993-1-8, діаметр болтового отвору повинен бути зменшений.

**Примітка 1.** Умови (5)–(7) також застосовуються до складових елементів в'язей жорсткості.

**Примітка 2.** В Національному додатку може бути наведена додаткова інформація.

### Н.3 В'язеві елементи

#### Н.3.1 Загальні положення

(1) Щодо типових схем основних в'язевих елементів, наведених на рисунку Н.1, застосовуються наступні правила. Допоміжні в'язеві елементи можна використовувати для розділення основних в'язевих елементів або елементів поясів, як показано, наприклад, на рисунках Н.1 (IA, IIA, IIIA, IVA) і Н.2.

(2) Гнучкість  $\lambda$  для в'язевих елементів приймається:

$$\lambda = \frac{L_{di}}{i_{vv}} \text{ для кутиків (for angles) ,} \quad (\text{H.2a})$$

$$\lambda = \frac{L_{di}}{i_{yy}} \text{ для труб (for tubes) ,} \quad (\text{H.2b})$$

де:

$L_{di}$  – визначається на рисунку Н.1.

**Примітка.** Значення  $\lambda = \frac{L_{di}}{i_{vv}}$  може бути прийняте із

запасом по відношенню до більш точного розрахунку з урахуванням реальних умов обпирання кінців.

to 6.4.4 of EN 1993-1-1. For the maximum spacing of stitch bolts, see EN 1993-1-1, 6.4.4.

**NOTE:** The National Annex may give information on procedures where the maximum spacing of the stitch bolts is larger than that given in EN 1993-1-1, 6.4.4.

(6) Stitch bolts should not be assumed to provide full composite action where the gap between the angles exceeds  $1,5t$ , and the properties should be calculated assuming a gap equal to the true figure or  $1,5t$ , whichever is the lesser where  $t$  is the thickness of the angle. If batten plates are used in addition to stitch bolts the properties corresponding to the full gap should be taken. See 6.4.4 of EN 1993-1-1.

(7) Battens should prevent relative sliding of the two angles; if bolted connections of categories A and B are used, see 3.4 of EN 1993-1-8, the bolt hole diameter should be reduced.

**NOTE 1:** The rules (5) to (7) also apply to built-up members in bracings.

**NOTE 2:** The National Annex may give further information.

### Н.3 Bracing members

#### Н.3.1 General

(1) The following rules should be used for the typical primary bracing patterns shown in Figure H.1. Secondary bracings may be used to subdivide the primary bracing or main leg members as shown, for example, in Figures H.1 (IA, IIA, IIIA, IVA) and H.2.

(2) The slenderness  $\lambda$  for bracing members should be taken as:

where:

$L_{di}$  is specified in Figure H.1.

**NOTE:** The value  $\lambda = \frac{L_{di}}{i_{vv}}$  may be conservative in

relation to a more refined analysis taking account of realistic end conditions.

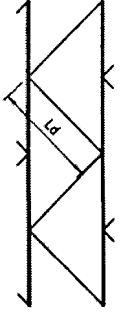

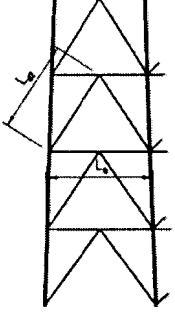
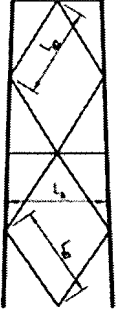
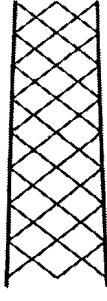
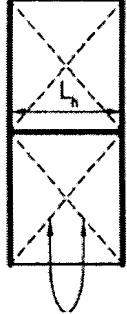
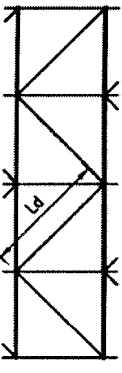
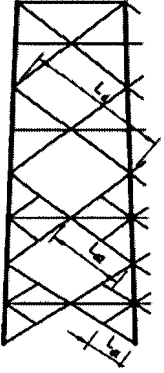
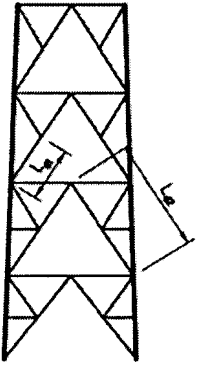
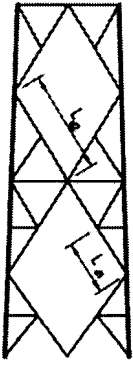
Типові схеми основних в'язей / Typical primary spacing patterns					
паралельні або такі, що звужуються parallel or tapering		зазвичай такі, що звужуються usually tapering		зазвичай паралельні usually parallel	
					
I Одиночна ґратка Single lattice $L_{di} = L_d$	II Перехресні в'язі Cross bracing $L_{di} = L_{d2}$	III Напіврозкосні в'язі K-bracing $L_{di} = L_{d2}$	IV Розрізні в'язі з нерозрізними горизонтальними перетинами Discontinuous bracing with continuous horizontal intersections $L_{di} = L_{d2}$	V Багаторозкосні ґратки Multiple lattice bracing	VI Розтягнуті в'язі Tension bracing
Типові схеми шпренгельних ґраток (див. також рисунок Н.2) Typical secondary bracing patterns (see also Figure H.2)				<b>Примітка.</b> Розтягнуті елементи в схемі VI призначені для сприйняття загального зсуву при розтягу, наприклад <b>NOTE:</b> The tension members in pattern VI are designed to carry the total shear in tension, e.g.	
					
IA	IIA Перехресні в'язі Cross bracing $L_{di} = L_{d1}$	IIIA Напіврозкосні в'язі K-bracing $L_{di} = L_{d1}$ $L_{di} = L_{d2}$ на осях прямокутної системи координат on rectangular axis	IVA Перехресні в'язі з допоміжними елементами Cross bracing with secondary members $L_{di} = L_{d1}$		

Рисунок Н.1 – Типові схеми ґраток  
Figure H.1 – Typical bracing patterns

(3) Гнучкість  $\lambda$  основних в'язевих елементів не повинна, як правило, перевищувати 180, а допоміжних в'язей 250. Для ґратчастих багато-розкісних ґраток (рисунок Н.1(V)) загальна гнучкість не повинна, як правило, перевищувати 350.

**Примітка.** Використання високого коефіцієнта гнучкості може привести до можливої вібрації окремих елементів та їх пошкодження через згин при місцевих навантаженнях.

### Н.3.2 Одиночні ґратки

(1) Одиночні ґратки застосовуються при низьких навантаженнях і невеликій довжині, наприклад, у верхній частині башт або легких щогл (див. рисунок Н.1(I)).

### Н.3.3 Перехресні в'язі

(1) За умови, що навантаження порівну розділене на стиск і розтяг, елементи з'єднуються в точці перетину, а також за умови, що обидва елементи нерозрізні (див. рисунок Н.1(II)), центр перетину може вважатися точкою закріплення як із площини, так і в площині в'язі, а критична розрахункова довжина стає  $L_{d2}$  відносно меншої осі.

(2) Якщо навантаження не порівну розділене на стиск і розтяг, а також за умови, що обидва елементи нерозрізні, стиснуті елементи необхідно перевірити таким же чином на найбільшу стискальну силу. Крім того, необхідно перевірити, щоб сума опорів втраті стійкості обох стиснутих елементів була щонайменше такою, що дорівнює алгебраїчній сумі осьових сил, діючих на два елементи. При розрахунку опорів втраті стійкості розрахункова довжина приймається  $L_d$ , а радіус інерції дорівнює радіусу інерції по осі прямокутної системи координат, паралельній площині в'язі. Гнучкість розраховується таким чином:

$$\lambda = \frac{L_d}{i_{yy}} \text{ або (or) } \lambda = \frac{L_d}{i_{zz}} \text{ для кутиків (for angles) ,} \quad (\text{H.3a})$$

$$\lambda = \frac{L_d}{i_{yy}}$$

для труб або профілю круглого колового неперізу (for tubes or solid rounds) . (H.3b)

**Примітка.** Якщо який-небудь елемент є нерозрізним, центр з'єднання може вважатися жорстким тільки в поперечному напрямі, якщо виконання таке, що в обох елементах ефективна поперечна жорсткість забезпечується з'єднанням, а повздовжня осьова жорсткість однакова.

(3) The slenderness  $\lambda$  for primary bracing members should generally be not more than 180 and for secondary bracing not more than 250. For multiple lattice bracing (Figure H.1(V)) the overall slenderness should generally be not more than 350.

NOTE: The use of high slenderness ratios can lead to the possibility of individual members vibrating and can make them vulnerable to damage due to bending from local loads.

### H.3.2 Single lattice

(1) A single lattice may be used where the loads are light and the lengths relatively short, as for instance near the top of towers or in light masts (see Figure H.1(I)).

### H.3.3 Cross bracing

(1) Provided that the load is equally split into tension and compression, the members are connected where they cross, and provided also that both members are continuous (see Figure H.1(II)), the centre of the cross may be considered as a point of restraint both transverse to and in the plane of the bracing and the critical system length becomes  $L_{d2}$  on the minor axis.

(2) Where the load is not equally split into tension and compression and provided that both members are continuous, the compression members should be checked in the same way for the largest compressive force. In addition, it should be checked that the sum of the buckling resistances of both members in compression is at least equal to the algebraic sum of the axial forces in the two members. For the calculation of the buckling resistances, the system length should be taken as  $L_d$  and the radius of gyration as that about the rectangular axis parallel to the plane of the bracing. The slenderness may be taken as:

NOTE: Where either member is not continuous, the centre of the connection may only be considered as a restraint in the transverse direction if the detailing of the centre connection is such that the effective lateral stiffness of both members is maintained through the connection and the longitudinal axial stiffness is similar in both members.



### **H.3.4 Розтягнуті в'язі**

(1) Кожен діагональний елемент пари розтягнутих в'язевих елементів і горизонтальні елементи повинні витримувати повне зсувне навантаження на в'язі (див. рисунок Н.1(VI)).

**Примітка.** Системи, працюючі на розтяг, сприйнятливі до способу монтажу, модифікацій і відносного переміщення. Необхідне проектування з урахуванням початкового розтягу в'язей і забезпечення взаємної підтримки в центральній точці перетину для мінімізації відхилення.

### **H.3.5 Перехресні в'язі з допоміжними елементами**

(1) У випадку введення допоміжних елементів для стабілізації стояків (див. рисунки Н.1(IIA і IVA) і Н.2(a)) довжину при повздовжньому згині по мінімальній осі необхідно приймати як  $L_{d1}$ .

(2) Необхідно також перевірити втрату стійкості довжини  $L_{d2}$  поперечної в'язі по осі прямокутної системи координат, а потім втрату стійкості довжини  $L_d$  для визначення алгебраїчної суми осьових сил, див. Н.3.3.

### **H.3.6 Розрізні перехресні в'язі з нерозрізним горизонтальним елементом в центральній точці перетину**

(1) Горизонтальний елемент повинен мати достатню жорсткість в поперечному напрямі для забезпечення затискання у разі навантажень, коли стиск одного елемента перевищує розтяг іншого або коли обидва елементи стиснуті, див. рисунок Н.1(IV).

(2) Ця умова може бути виконана так, що горизонтальний елемент повинен витримувати (як стиснутий елемент по всій довжині по осі прямокутної системи координат) алгебраїчну суму осьової сили в двох елементах перехресних в'язей, розкладену в горизонтальному напрямі.

**Примітка.** Може виникнути необхідність в додатковому допуску на згинальне напруження, викликане в кінцевих елементах місцевими навантаженнями, наприклад, вітром.

### **H.3.7 Перехресні в'язі з діагональними кутовими елементами**

(1) У деяких схемах перехресних в'язей може бути передбачений кутовий елемент з метою зниження наведеної розрахункової довжини поперечної площини в'язі (див. рисунок Н.2(b)). Аналогічний порядок, використовуваний відносно Н.3.3, можна застосовувати для визначення належного затиснення.

### **H.3.4 Tension bracing**

(1) Each diagonal member of a pair of tension bracing members and the horizontals should be capable of carrying the full bracing shear load (see Figure H.1 (VI)).

NOTE: Tension systems are very sensitive to methods of erection and to modifications or relative movements. Detailing to give an initial tension within the bracing and to provide mutual support at the central cross will be required to minimise deflection.

### **H.3.5 Cross bracing with secondary members**

(1) Where secondary members are inserted to stabilize the legs (see Figure H.1(IIA and IVA) and Figure H.2(a)), the buckling length on the minimum axis should be taken as  $L_{d1}$ .

(2) Buckling should also be checked over length  $L_{d2}$  on the rectangular axis for buckling transverse to the bracing and then over length  $L_d$  for the algebraic sum of the axial forces, see H.3.3.

### **H.3.6 Discontinuous cross bracing with continuous horizontal at centre intersection**

(1) The horizontal member should be sufficiently stiff in the transverse direction to provide restraints for the load cases where the compression in one member exceeds the tension in the other or where both members are in compression, see Figure H.1 (IV).

(2) This criterion may be satisfied by ensuring that the horizontal member withstands (as a compression member over its full length on the rectangular axis) the algebraic sum of the axial force in the two members of the cross-brace, resolved in the horizontal direction.

NOTE: Additional allowance can be necessary for the bending stresses induced in the edge members by local loads transverse to the frame, such as wind.

### **H.3.7 Cross bracing with diagonal corner members**

(1) In some patterns of cross bracing a corner member may be inserted to reduce the buckling length transverse to the plane of bracing (see Figure H.2(b)). A similar procedure to that used for H.3.3 may be used to determine whether this will provide a satisfactory restraint.

(2) В цьому випадку п'ять перевірок втрати стійкості проводяться таким чином:

- втрата стійкості елемента при максимальному навантаженні на довжину  $L_{d1}$  по мінімальній осі;
- втрата стійкості елемента при максимальному навантаженні на довжину  $L_{d2}$  по поперечній осі прямокутної системи координат;
- втрата стійкості двох елементів перехресної в'язі за дії алгебраїчної суми навантажень в перехресній в'язі на довжину  $L_{d3}$  по поперечній осі;
- втрата стійкості двох елементів (подинці в кожній з двох суміжних граней) за дії алгебраїчної суми навантажень в двох елементах, сполучених діагональним в'язевим елементом, по довжині  $L_{d4}$  по поперечній осі;

**Примітка.** В цьому випадку загальний опір необхідно розраховувати як суму опорів втрата стійкості обох стиснутих елементів (див. Н.3.3(2)).

- втрата стійкості чотирьох елементів (кожного елемента перехресної в'язі в двох суміжних гранях) за дії алгебраїчної суми навантажень у всіх чотирьох елементах по довжині  $L_d$  по поперечній осі.

### Н.3.8 Напіврозкоси

(1) За відсутності допоміжних елементів (див. рисунок Н.1(III)) критична розрахункова довжина може бути прийнята  $L_{d2}$  по малій осі.

(2) Якщо в гранях передбачені допоміжні в'язі, але немає підкосів (див. рисунок Н.1(IIIA)), критична розрахункова довжина приймається  $L_{d2}$  по належній осі прямокутної системи координат. Таким чином, гнучкість дорівнює:

$$\lambda = \frac{L_{d2}}{i_{yy}} \text{ або (or) } \lambda = \frac{L_{d2}}{i_{zz}}. \quad (\text{H.4})$$

(3) За наявності допоміжних в'язевих елементів і трикутних в'язей (див. рисунок Н.2(с)) необхідно застосовувати належну розрахункову довжину  $L_{d4}$  між такими елементами розкосів для перевірки втрати стійкості в напрямі, поперечному в'язі в грані по належній осі прямокутної системи координат. Таким чином, гнучкість може прийматися, як:

$$\lambda = \frac{L_{d4}}{i_{yy}} \text{ або (or) } \lambda = \frac{L_{d4}}{i_{zz}}$$

для всіх типів перерізів (for all types of section) .

(H.5)

(2) In this case five buckling checks should be carried out as follows:

- Buckling of member against the maximum load over length  $L_{d1}$  on the minimum axis;
- Buckling of member against the maximum load over length  $L_{d2}$  on the transverse rectangular axis;
- Buckling of two members in cross brace against the algebraic sum of loads in cross brace over the length  $L_{d3}$  on the transverse axis;
- Buckling of two members (one in each of two adjacent faces) against the algebraic sum of the loads in the two members connected by the diagonal brace over length  $L_{d4}$  on the transverse axis.

NOTE: For this case the total resistance should be calculated as the sum of the buckling resistances of both members in compression (see H.3.3(2)).

- Buckling of four members (each member of cross brace in two adjacent faces) against the algebraic sum of loads in all four members over length  $L_d$  on the transverse axis.

### H.3.8 Diagonal members of K bracing

(1) In the absence of any secondary members (see Figure H.1(III)) the critical system length may be taken as  $L_{d2}$  on the minor axis.

(2) Where secondary bracing in the faces is provided but no hip bracing (see Figure H.1(IIIA)) the critical system length should be taken as  $L_{d2}$  on the appropriate rectangular axis. Thus the slenderness should be taken as:

(3) Where secondary bracing and triangulated hip bracing is provided (see Figure H.2(c)), then the appropriate system length between such hip members  $L_{d4}$  should be used for checking buckling transverse to the face bracing on the appropriate rectangular axis. Thus the slenderness may be taken as:

### Н.3.9 Горизонтальні елементи граней з горизонтальними діафрагмами

- (1) Якщо довжина горизонтальних елементів граней збільшується, можлива установка діафрагм для забезпечення поперечної стійкості.
- (2) Розрахункова довжина горизонтального елемента при втраті стійкості приймається такою, що дорівнює відстані між точками перетину в діафрагмі при втраті стійкості із площини і відстані між опорами в плані при втраті стійкості в площині.

### H.3.9 Horizontal face members with horizontal plan bracing

- (1) Where the length of the horizontal face members becomes large, plan bracing may be introduced to provide transverse stability.
- (2) The system length of the horizontal member for buckling should be taken as the distance between intersection points in the plan bracing for buckling transverse to the frame, and the distance between supports in plan for buckling in the plane of the frame.

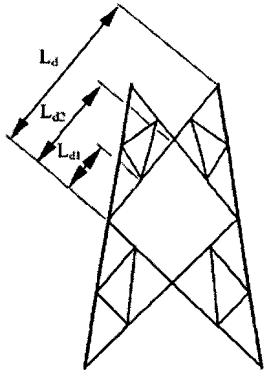
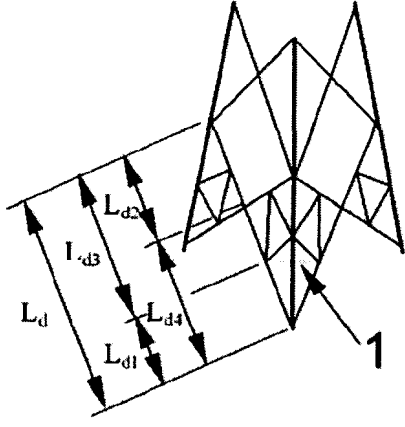
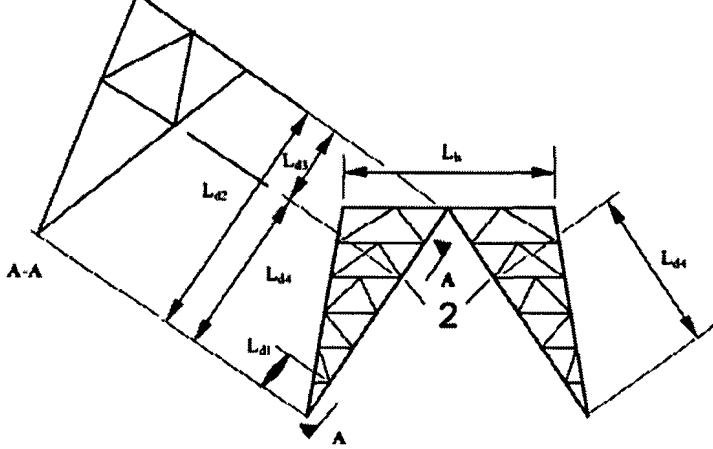
 <p>a) [IIB]</p>	 <p>(b) [IIC] Перехресні в'язі з діагональними кутовими елементами Cross bracing with diagonal corner members</p>	<p>1 – кутовий підкос (обмеженого впливу, якщо обидва елементи стиснуті) 1 corner stay (of limited effect if both braces are in compression)</p>
<p>Повністю триангульовані підкоси Fully triangulated hip bracing</p>	 <p>(c) [IIIB]</p>	<p>2 – підкоси 2 hip bracings</p>

Рисунок Н.2 – Використання систем допоміжних в'язевих елементів  
Figure H.2 – Use of secondary bracing systems

- (3) Необхідно проявляти обережність при виборі осі  $v-v$  або осей прямокутної системи координат елементів з одиночного кутка. Повинна використовуватися вісь  $v-v$ , якщо не передбачено відповідне закріплення за

- (3) Care should be taken in the choice of the  $v-v$  or rectangular axes for single angle members. The axis should be used unless suitable restraint by bracing is provided at or about the mid-point of the system length. In this case buckling should be

допомогою в'язі в середній точці (або біля неї). В цьому випадку втрату стійкості необхідно перевіряти по осі  $v-v$  на перехідній частині і по належній осі прямокутної системи координат по всій довжині між затисненнями по такій осі.

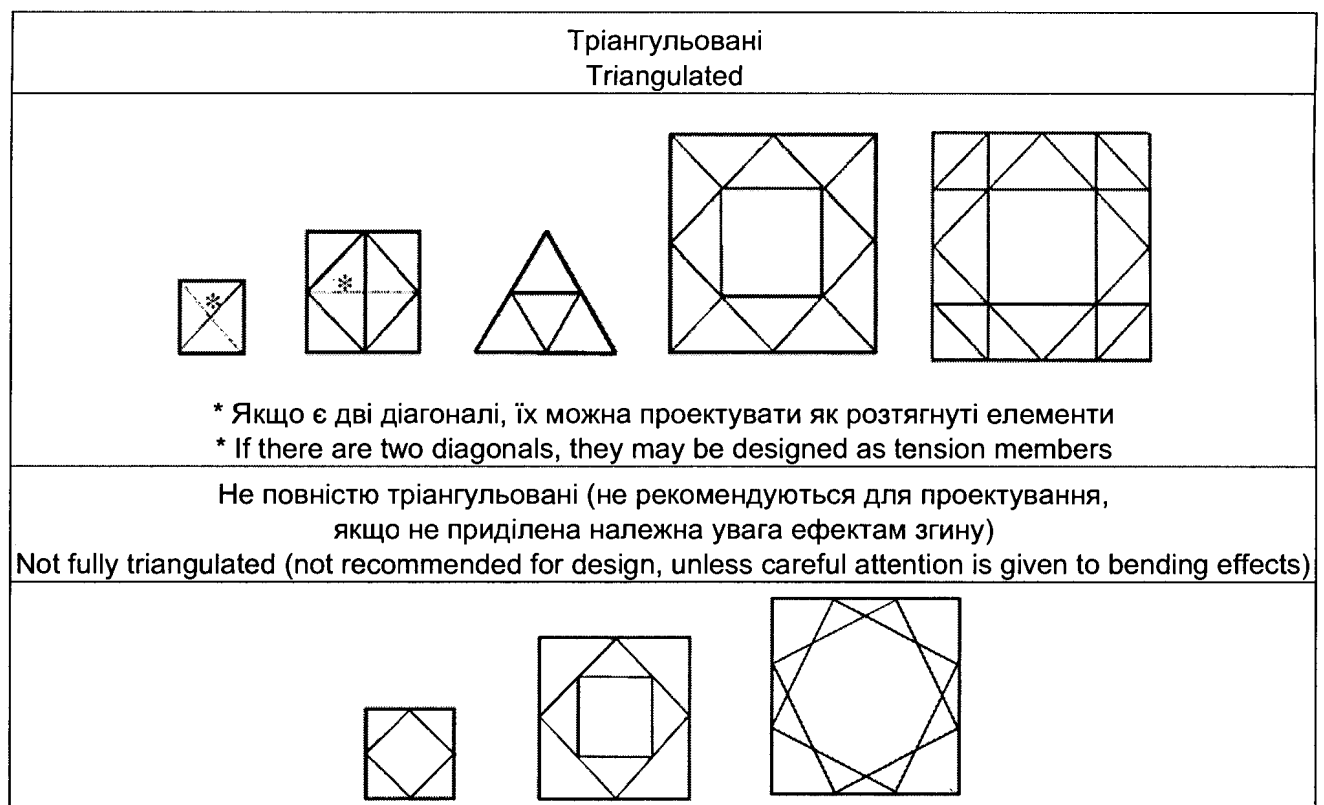
**Примітка.** Даний метод може давати запас (бути консервативним) по відношенню до уточненого розрахунку з урахуванням реальних умов обпирання кінців.

(4) Якщо діафрагма не повністю триангульована, необхідно передбачити додатковий допуск на напруження в кінцевих елементах, що згинаються, викликаних такими навантаженнями, як вітер в напрямі, поперечному рамі, див. рисунок Н.3.

checked about the  $v-v$  axis over the intermediate length and about the appropriate rectangular axis over the full length between restraints on that axis.

NOTE: This procedure may be conservative in relation to a more refined analysis taking account of realistic end conditions.

(4) Where the plan bracing is not fully triangulated, additional allowance should be made for the bending stresses induced in the edge members by loads, such as wind transverse to the frame, see Figure H.3.



**Рисунок Н.3 – Типові діафрагми**  
**Figure H.3 – Typical plan bracing**

(5) Щоб уникнути втрати стійкості у випадках, коли діафрагма не повністю триангульована:

- горизонтальні діафрагми повинні проектуватися так, щоб вони витримували зосереджене горизонтальне навантаження  $p \times H$ , прикладене до середини елемента, де  $p$  – відсоток від максимальної осьової стискальної сили  $H$  в елементах горизонтальної діафрагми (див. рисунок Н.4);

(5) To avoid buckling, where the plan bracing is not fully triangulated:

- the horizontal plan bracing should be designed to resist a concentrated horizontal force of  $p \times H$  applied at the middle of the member where  $p$  is the percentage of the maximum axial compression force,  $H$ , in the members of the horizontal plan bracing (see H.4);

– прогин горизонтальної діафрагми під дією цієї сили не повинен перевищувати  $L/500$ .

### Н.3.10 Горизонтальні елементи без діафрагм

(1) При невеликій ширині башт і щогл діафрагми можна не встановлювати у відповідних випадках при належному обґрунтуванні.

(2) При перевірці втрати стійкості поперечної рами по довжині  $L_h$  (див. рисунок Н.4(а)) необхідно використовувати радіус інерції в прямокутній системі координат. Проте для елементів з одиночного кутика необхідно використовувати радіус інерції по осі  $v-v$  по довжині  $L_{h2}$ , якщо не передбачено закріплення допоміжними в'язями з певним інтервалом по довжині, у такому разі розрахункова довжина приймається  $L_{h1}$ , див. рисунок Н.4, b.

**Примітка.** Даний метод може давати запас (бути консервативний) по відношенню до уточненого розрахунку з урахуванням реальних умов спірання кінців.

(3) Щоб уникнути втрати стійкості горизонтального елемента, необхідно виконувати умови, наведені в Н.3.9(5).

**Примітка.** Може виникнути необхідність в додатковому допуску на згин в кінцевих елементах, викликаний місцевими навантаженнями, наприклад, вітром.

– the deflection of horizontal plan bracing under this force should not exceed  $L/500$ .

### H.3.10 Horizontal members without plan bracing

(1) For small widths of towers and for masts plan bracing may be omitted in appropriate cases with due justification.

(2) The rectangular radius of gyration should be used for buckling transverse to the frame over length  $L_h$  (see Figure H.4(a)). However for single angle members, the radius of gyration about the  $v-v$  axis should be used over length  $L_{h2}$  unless restraint by secondary bracing at intervals along the length is provided in which case the system length should be taken as  $L_{h1}$ , see Figure H.4(b).

NOTE: This procedure may be conservative in relation to a more refined analysis taking account of realistic end conditions.

(3) To avoid buckling of the horizontal member the criteria of H.3.9(5) should be satisfied.

NOTE: Additional allowance may be necessary for the bending stresses induced in the edge members by local loads transverse to the frame, such as wind.

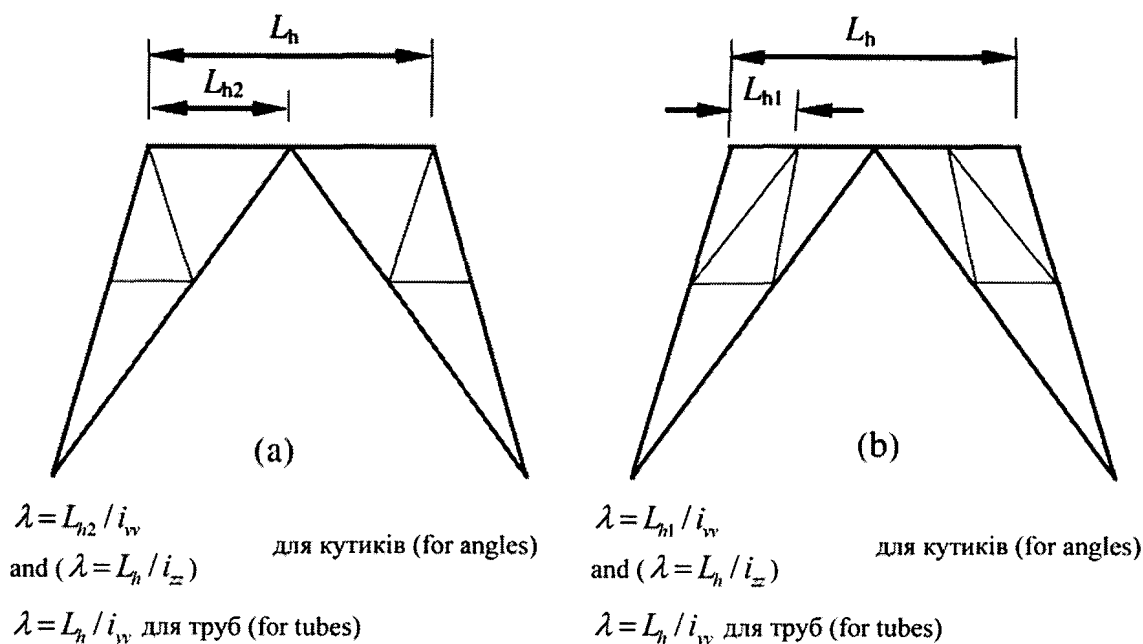


Рисунок Н.4 – Горизонтальні елементи напіврозксісних в'язей без діафрагм

Figure H.4 – K-bracing horizontals without plan bracing

### **Н.3.11 К-подібні розкоси**

(1) При великій ширині башти в основній діагоналі можуть бути додатні згини (див. рисунок Н.5), що викликають ефект скорочення довжини додаткових в'язей. Оскільки це призводить до високого напруження елементів, в з'єднанні необхідно передбачити поперечну опору. Діагональні і горизонтальні елементи необхідно проектувати, як для К-подібних розкосів, розрахункові довжини діагоналей при цьому приймаються як при шарнірному з'єднанні.

### **Н.3.12 Портальна рама**

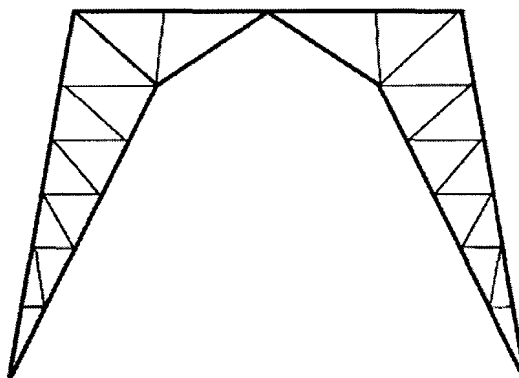
(1) Можна ввести додатковий горизонтальний елемент для трансформації панелі в портальну раму, див. рисунок Н.6. Оскільки це веде до відсутності шарнірного з'єднання в К-подібному розкосі, необхідно звернути особливу увагу на осідання або зсув фундаменту.

### **Н.3.11 Cranked K-bracing**

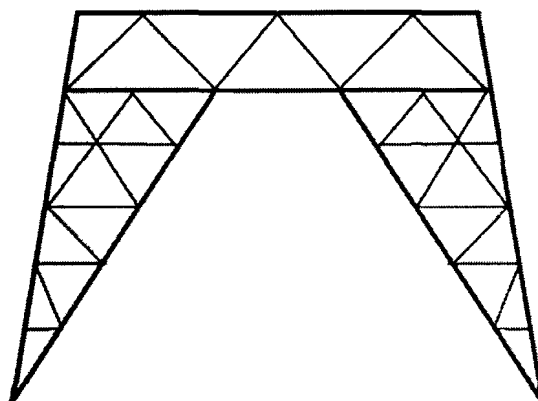
(1) For large tower widths, a crank or bend may be introduced into the main diagonals (see Figure H.5), which has the effect of reducing the length and size of the redundant members. As this produces high stresses in the members meeting at the bend, transverse support should be provided at the joint. Diagonals and horizontals should be designed as for K-bracing, system lengths of diagonals being related to the lengths to the knee joint.

### **Н.3.12 Portal frame**

(1) A horizontal member may be introduced at the bend to turn the panel into a portal frame, see Figure H.6. Because this leads to a lack of articulation in the K brace, special consideration should be given to the effects of foundation settlement or movement.



**Рисунок Н.5 – К-подібні розкоси**  
**Figure H.5 – Cranked K-bracing**



**Рисунок Н.6 – Портальна рама**  
**Figure H.6 – Portal frame**

### Н.3.13 Багаторозкісні ґратки

(1) При ґратчастій конфігурації багаторозкісні в'язеві елементи, які є нерозрізними і сполучені в усіх точках перетину, необхідно проектувати як допоміжні елементи (див. Н.4) з розрахунковою довжиною від опори до опори з належним радіусом інерції  $i_{yy}$  або  $i_{zz}$ , див. рисунок Н.7. З метою забезпечення стійкості панелі загальна гнучкість  $\frac{L}{i_{yy}}$  повинна бути менше 350.

Для елементів з одиночного кутика відношення  $\frac{i_{yy}}{i_{vw}}$  повинне бути більше 1,50, де  $i_{yy}$  – радіус інерції відносно осі, паралельної ґраткам в плані.

(2) Стійкість елемента А-В, показаного на рисунку Н.7, необхідно перевіряти за навантаженням при критичній розрахунковій довжині  $L_o$  при гнучкості

$$\lambda = \frac{L_o}{i_{vw}} \text{ для кутиків (for angles) ,} \quad (\text{H.6a})$$

$$\lambda = \frac{L_o}{i_{yy}} \text{ для труб або профілю суцільного круглого перерізу (for tubes and solid rounds).} \quad (\text{H.6b})$$

**Примітка.** Значення  $\lambda = \frac{L_o}{i_{vw}}$  може давати запас (бути консервативним) по відношенню до уточненого розрахунку з урахуванням реальних умов обпирання кінців.

### Н.3.13 Multiple lattice bracing

(1) In a multiple lattice configuration the bracing members that are continuous and connected at all intersections should be designed as secondary members (see H.4) on a system length from leg to leg with the appropriate radius of gyration  $i_{yy}$  or  $i_{zz}$ , see Figure H.7. For the stability of the panel the overall slenderness  $\frac{L}{i_{yy}}$  should be less than 350.

For single angle members  $\frac{i_{yy}}{i_{vw}}$  should be greater than 1,50 where  $i_{yy}$  is the radius of gyration about the axis parallel to the plan of the lattice.

(2) The stability of the member A-B shown in Figure H.7 should be checked under the applied force on the critical system length  $L_o$  for the slenderness:

**NOTE:** The value of  $\lambda$  may be conservative in relation to a more refined analysis taking account of realistic end conditions.

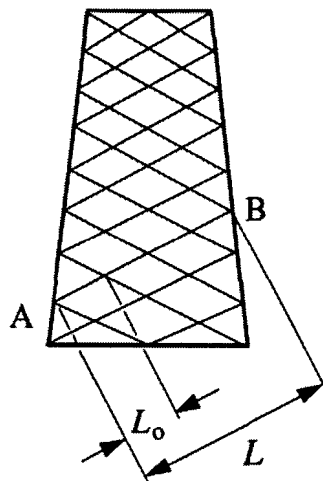


Рисунок Н.7 – Багаторозкісні ґратки

Figure H.7 – Multiple lattice bracing

#### Н.4 Допоміжні в'язеві елементи

(1) З урахуванням всієї недосконалості в поясах, а також з метою проектування допоміжних в'язевих елементів, необхідно ввести умовну силу, що діє поперечно опорному стояку (або пояса), прикладену у вузлі приєднання в'язевого елемента. Залежно від гнучкості пояса значення умовної сили при розрахунку якогонебудь допоміжного елемента визначається згідно з (2) і (3).

(2) Сила, що має бути прикладена до кожного вузла по черзі у площині жорсткості, виражена через  $p$  (відсоток) осьової сили у стояку для різних випадків гнучкості пояса  $\lambda$ , може бути прийнята як:

$$p = 1,41 \text{ коли (when) } \lambda < 30, \quad (\text{H.7a})$$

$$p = \frac{(40 + \lambda)}{50} \text{ коли (when) } 30 \leq \lambda \leq 135, \quad (\text{H.7b})$$

$$p = 3,5 \text{ коли (when) } \lambda > 135. \quad (\text{H.7c})$$

(3) Якщо в панелі більше за один проміжний вузол, то систему допоміжних в'язей необхідно перевіряти окремо при 2,5 % осьової сили, діючої в опорі, рівномірно розподіленої між усіма проміжними вузлами. Допускається, що ці умовні сили діють спільно і в одному напрямі під прямим кутом до опори і в площині системи в'язей.

(4) В обох випадках (2) і (3) необхідно визначити розподіл сил в межах триангульованої панелі з допоміжними в'язевими елементами методом лінійного пружного аналізу.

(5) Ефекти дії цієї умовної сили, як правило, додаються до основної сили, що розраховується в загальному розрахунку при проектуванні будь-якого несучого елемента. Для вільно розташованих опор загальноприйнятої конфігурації умовна сила не додається до основних сил за умови проведення перевірки ефектів дії умовної сили на основні в'язі, якщо основна сила менша. При проектуванні щогл з відтяжками ефекти дії умовної сили завжди додаються до основної сили.

(6) Можна прийняти допущення про достатню жорсткість системи в'язей за умови, що вона розрахована з урахуванням умовних сил згідно з (1)–(5).

#### H.4 Secondary bracing members

(1) In order to allow for imperfections in leg members, and for the design of secondary bracing members, a notional force should be introduced acting transverse to the leg member (or other chord if not a leg) being stabilized at the node point of the attachment of the bracing member. Depending on the slenderness of the leg member being stabilized, the value of the notional force to be used for the design of any secondary member should be obtained from (2) and (3).

(2) The force to be applied at each node in turn in the plane of bracing, expressed as a percentage,  $p$ , of the axial force in the leg for various values of the slenderness  $\lambda$  of the leg may be taken as:

(3) When there is more than one intermediate node in a panel then the secondary bracing system should be checked separately for 2,5% of the axial force in the leg shared equally between all the intermediate node points. These notional forces should be assumed to act together and in the same direction, at right angles to the leg and in the plane of the bracing system.

(4) In both cases (2) and (3) the distribution of forces within the triangulated secondary bracing panel should be determined by linear elastic analysis.

(5) The effects of this notional force should generally be added to the primary force as calculated from the global analysis for the design of any primary member. Exceptionally for self-supporting lattice towers of conventional configuration the notional forces need not be added to the primary forces, provided that the primary bracing is checked for the effects of the notional force, when the primary force is smaller. For guyed masts the effects of the notional force should always be added to the primary force.

(6) Provided that it is designed for notional forces as described in (1) to (5) it may be assumed that the stiffness of the bracing system will be sufficient.



(7) Якщо основний несучий елемент навантажений ексцентрично або кут між основною діагоналлю напіврозкісних в'язей і опорою складає менше  $25^\circ$ , то вищезгадане значення умовної сили може бути недостатнім, тому необхідно визначити точніше значення з урахуванням моменту від ексцентриситету і вторинних напружень в результаті деформації опори.

(8) Якщо напрям втрати стійкості знаходиться поза площиною в'язі, то значення, представлені формулами (H.7) a), b) і c), необхідно розділити на коефіцієнт  $\sqrt{2}$ .

#### **H.5 Оболонкові конструкції**

(1) Міцність і стійкість оболонкових конструкцій див. в EN 1993-1-6.

Примітка. Див. також EN 1993-3-2.

(7) If the main member is eccentrically loaded or the angle between the main diagonal of a K brace and the leg is less than  $25^\circ$  then the above value of the notional force may be insufficient and a more refined value should be obtained by taking into account the eccentricity moment and secondary stresses arising from leg deformation.

(8) Where the direction of buckling is not in the plane of the bracing, then the values given by equations (H.7) a), b) and c) should be divided by a factor of  $\sqrt{2}$ .

#### **H.5 Shell structures**

(1) For the strength and stability of shell structures see EN 1993-1-6.

NOTE: See also EN 1993-3-2.

## БІБЛІОГРАФІЯ

ISO 2394 Загальні принципи надійності конст-  
рукцій

ISO 3898 Основи проектування конструкцій –  
Нотатки. Загальні умовні позначки

ISO 8930 Загальні принципи надійності конст-  
рукцій. Перелік еквівалентних термінів

## BIBLIOGRAPHY

ISO 2394 General principles on reliability for  
structures

ISO 3898 Basis of design of structures – Nota-  
tions. General symbols

ISO 8930 General principles on reliability for  
structures. List of equivalent terms

ДОДАТОК НА  
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ (ДСТУ),  
ІДЕНТИЧНИХ МС, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В EN 1993-3-1:2007**

Позначка та назва європейського стандарту	Ступінь відповідності	Позначка та назва національного стандарту України (ДСТУ)
EN 1990 Eurocode – Basis of Structural Design	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)
EN 1991-1-1 Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-1 – Densities, self-weight, imposed loads for buildings	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1-1:2002, IDT)
EN 1991-1-4 Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-4: General actions: Wind actions	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження (EN 1991-1-4:2005, IDT)
EN 1991-1-5 Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-5: General actions: Thermal actions	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 проект Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Загальні дії. Теплові дії (EN 1991-1-5:2003, IDT)
EN 1991-1-7 Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-7: Accidental actions	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-1-7:2006, IDT)
EN 1993-1-1 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT)
EN 1993-1-2 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)
EN 1993-1-8 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Calculation of joints	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проектування з'єднань (EN 1993-1-8:2005, IDT)
EN 1993-1-9 Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)
EN 1993-1-10 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу у напрямі товщини прокату (EN 1993-1-10:2005, IDT)

Познака та назва європейського стандарту	Ступінь відповідності	Познака та назва національного стандарту України (ДСТУ)
EN 1993-1-11 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-11: Design of structures with tension components	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-11:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проектування конструкцій з розтягнутими елементами (EN 1993-1-11:2006, IDT)
EN 1993-3-2 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 3-2: Towers, masts and chimneys. Chimneys	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-3-2:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-2. Башти, щогли і димові труби. Димові труби (EN 1993-3-2:2007, IDT)
EN 1993-1-9 Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)
EN 1993-6 Eurocode 3 – Design of Steel Structures – Part 6: Crane Supporting Structures	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-6:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 6: Підкранові конструкції (EN 1993-6:2007, IDT)
EN 1998-3 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1998-3:2012 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 3. Оцінка стану та відновлення будівель (EN 1998-3:2005, IDT)

English Version

**Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 3-1: Towers, masts and chimneys - Towers and masts**

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier  
- Partie 3-1: Tours, mâts et cheminées -  
Pylônes et mâts haubanés

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion  
von Stahlbauten - Teil 3-1: Türme, Maste  
und Schornsteine - Türme und Maste

This corrigendum becomes effective on 1 July 2009 for incorporation in the three official language versions of the EN.

Ce corrigendum prendra effet le 1 juillet 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 1. Juli 2009 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels**

© 2009 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No.: EN 1993-3-1:2006/AC:2009 D/E/F

(Український переклад англomовної версії)

**Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій**  
**Частина 3-1. Башти, щогли та димові труби – Башти та щогли**

Ця поправка вступає у силу з 1 липня 2009 року і вноситься у три офіційні мовні версії EN.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ІЗ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Центр Управління: Авеню Марні 17, В-1000 Брюссель

---

## 1 Зміна до "Національного додатка до EN 1993-3-1"

Другий підпункт, список, видалити рядок: "- В.2.3(3)".

Другий підпункт, список, замінити "D.1.1(1)" на "D.1.1(2)".

## 2 Зміни до 1.1.2

Підпункт "(1)", замінити "Положення для вільностоячих башт та циліндричних башт з відтяжками" на "Положення для вільностоячих башт, циліндричних башт з відтяжками та конічних башт".

## 3 Зміни до 1.5.12

Замінити "(див. додаток А та додаток В.)" на "(див. додаток В.)".

## 4 Зміни до 2.3.2

Підпункт "(1)", "Примітка.", замінити "для дій на башти та щогли" на "для дії вітру та льоду на башти і щогли".

## 5 Зміни до 6.2.2

Підпункт "(1)", замінити "вказано у 3.10.3 EN 1993-1-8 (при болтових з'єднаннях) або 4.13 (при зварних з'єднаннях)" на "вказано у EN 1993-1-8, підпункт 3.10.3 (при болтових з'єднаннях) або 4.13 (при зварних з'єднаннях)".

## 6 Зміни до 6.4.2

Підпункт "(2)", замінити "Рисунок 6.1" на наступний:

## 1 Modifications to "National Annex for EN 1993-3-1"

2nd paragraph, list, delete the line: "- B.2.3(3)".

2nd paragraph, list, replace "D.1.1(1)" with "D.1.1(2)".

## 2 Modification to 1.1.2

Paragraph "(1)", replace "Provisions for self-supporting and guyed cylindrical towers" with "Provisions for self-supporting and guyed cylindrical and conical towers".

## 3 Modification to 1.5.12

Replace "(See Annex A and Annex B.)" with "(See Annex B.)".

## 4 Modification to 2.3.2

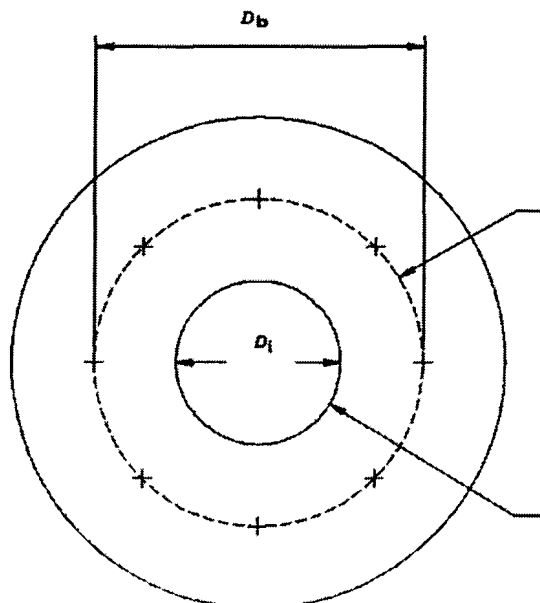
Paragraph "(1)", "NOTE", replace "for actions on towers and masts" with "for wind and ice on towers and masts".

## 5 Modification to 6.2.2

Paragraph "(1)", replace "given in 3.10.3 of EN 1993-1-8 (if bolted) or 4.13 (if welded)" with "given in EN 1993-1-8 clauses 3.10.3 (if bolted) or 4.13 (if welded)".

## 6 Modifications to 6.4.2

Paragraph "(2)", replace "Figure 6.1" with the following one:



Підпункт "(2)", видалити останнє речення з "Примітки".

## 7 Зміни до 8

Підпункт "(2)", "Примітка", замінити "вказано у додатку С до EN 1993-3-2" на "вказано у додатку D до EN 1993-3-2".

## 8 Зміни до 9.2.1

Підпункт "(1)", замінити увесь пункт "(1)", включаючи "Примітку", наступним текстом:

"(1) Втомне навантаження ґратчастих башт, викликане поточними вібраціями (без вібрацій поперечного вітру), які викликані поривчастим вітром, не потрібно визначати.

**Примітка.** Для щоглових башт з відтяжками, враховуючи, що деталізована категорія конструкційних деталей більша ніж  $71 \text{ N/mm}^2$ , якщо ці конструкції зазнають лише поточних вібрацій (без вібрацій поперечного вітру), викликаних поривчастим вітром, допускається довговічність більша за 50 років.

## 9 Зміни до B.2.1.3

Підпункт "(1)", перший рядок, замінити " $c_f$ " на " $\sum c_f$ ".

Підпункт "(1)", рівняння "(B.1)", замінити " $c_f$ " на " $\sum c_f$ ".

## 10 Зміни до B.2.2.1

Підпункт "(1)", замінити " $c_f$ " на " $c_{f,S}$ ".

Підпункт "(1)", замінити рівняння "(B.2)" на "

$$c_{f,S} = K_{\theta} \cdot c_{f,S,0} \cdot \frac{A_s}{\sum A}$$

$$c_{f,A} = K_A \cdot c_{f,A,0} \cdot \sin^2 \psi \cdot \frac{A_A}{\sum A}$$

Підпункт "(1)", список під "where:...", додати наступні елементи:

" $A_S$  – це загальна задана площа зовнішньої поверхні конструкційних елементів, включаючи службові компоненти, які вважаються елементами конструкції поверхні, що розглядається, у межах висоти одного перерізу на відповідному рівні (див. рисунок B.2.1) та включаючи дію льоду там, де це необхідно;

$\sum A$  приймається за  $A_{ref}$  у 5.3(2) EN 1991-1-4 і може мати будь-яке номінальне значення (одиницю), якщо  $A_{ref}$  приймається з таким самим значенням."

Paragraph "(2)", delete the last sentence from the "NOTE".

## 7 Modification to Clause 8

Paragraph "(2)", "NOTE", replace "given in Annex C to EN 1993-3-2" with "given in Annex D to EN 1993-3-2".

## 8 Modification to 9.2.1

Paragraph "(1)", replace the whole paragraph "(1)" including the "NOTE" with the following text:

"(1) Fatigue loading of lattice towers due to in-line vibrations (without cross-wind vibrations) induced by gusty wind need not be determined.

NOTE: For guyed masts provided that the detail category of the structural details are greater than  $71 \text{ N/mm}^2$ , the fatigue life of these structures subject to in-line vibrations only (without cross-wind vibrations) induced by gusty wind may be assumed to be greater than 50 years."

## 9 Modifications to B.2.1.3

Paragraph "(1)", 1st line, replace " $c_f$ " with " $\sum c_f$ ".

Paragraph "(1)", Equation "(B.1)", replace " $c_f$ " with " $\sum c_f$ ".

## 10 Modifications to B.2.2.1

Paragraph "(1)", replace " $c_f$ " with " $c_{f,S}$ ".

Paragraph "(1)", replace equation "(B.2)" with

$$c_{f,S} = K_{\theta} \cdot c_{f,S,0} \cdot \frac{A_s}{\sum A}$$

$$c_{f,A} = K_A \cdot c_{f,A,0} \cdot \sin^2 \psi \cdot \frac{A_A}{\sum A}$$

Paragraph "(1)", list under "where:...", add the following elements:

" $A_S$  is the total area projected normal to the face of the structural components, including those ancillaries treated as structural elements, of the considered face within one section height at the level concerned (see Figure B.2.1) and including icing where appropriate;

$\sum A$  is taken as  $A_{ref}$  in 5.3(2) of EN 1991-1-4 and can be taken as any notional value (say unity) as long as  $A_{ref}$  is taken as the same value."



Підпункт "(6)", "Рисунок В.2.2", замінити рисунком на наступний:

### 11 Зміни до В.2.3

Підпункт "(1)", замінити "рівняння (В.6)" на " $c_{f,A} = K_A \cdot c_{f,A0} \cdot \sin^2 \psi \cdot \frac{A_A}{\sum A}$ ".

Підпункт "(1)", список під "де:...", додати наступні елементи:

" $A_A$  – це площа частини, яку видно при погляді у напрямку вітру, включаючи дію льоду, де необхідно. Для циліндрів з поясами значення  $A_A$  повинно базуватися на габаритній ширині з урахуванням подвійної товщини пояса;

$\sum A$  – як вказано у В.2.2.1(1)."

Підпункт "(2)", пункт списку "b)", замінити "рисунок В.2.1" на "Рисунок В.2.1".

Paragraph "(6)", "Figure B.2.2", replace the figure with the following one:

### 11 Modifications to B.2.3

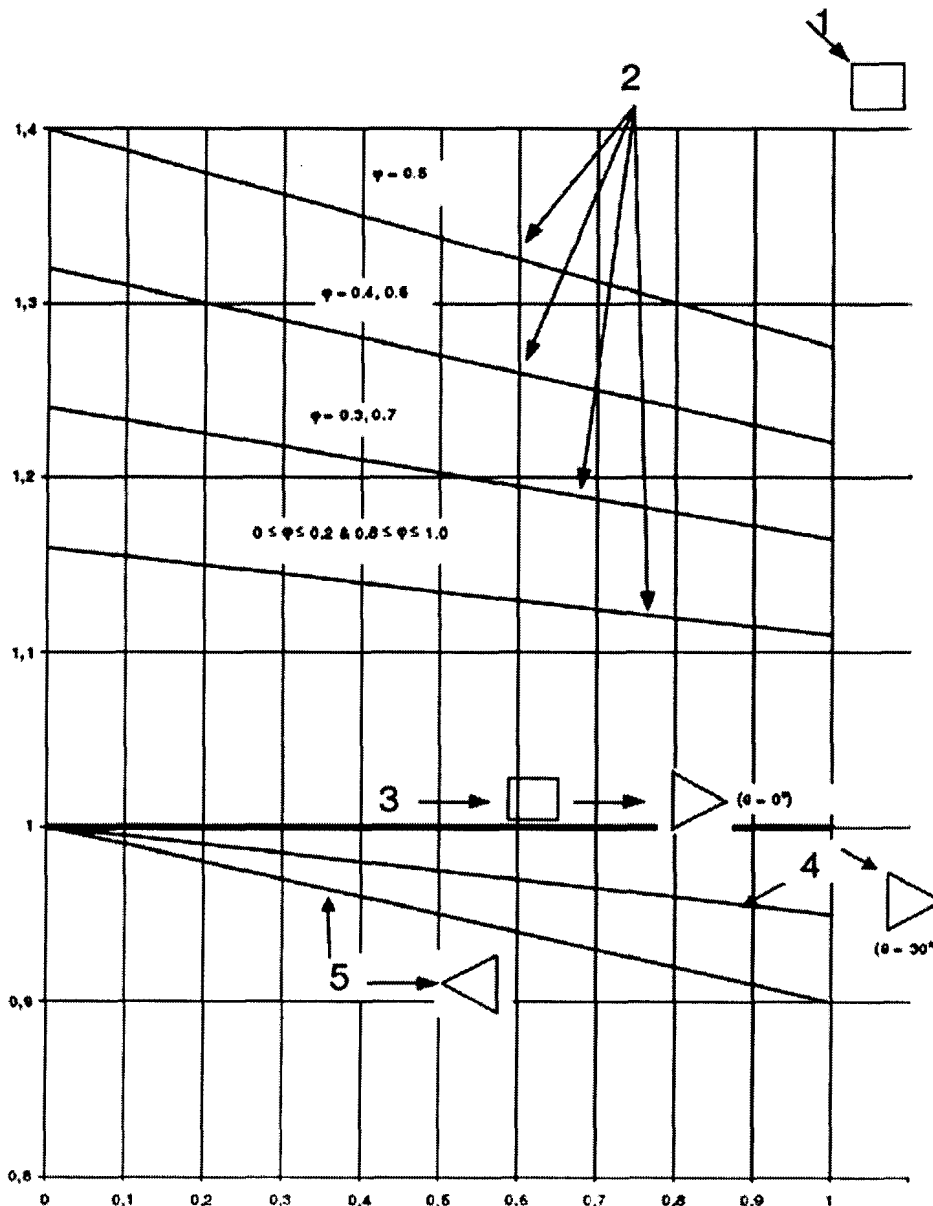
Paragraph "(1)", replace "Equation (B.6)" with " $c_{f,A} = K_A \cdot c_{f,A0} \cdot \sin^2 \psi \cdot \frac{A_A}{\sum A}$ ".

Paragraph "(1)", list under "where:...", add the following elements:

" $A_A$  is the area of the part visible when viewed in the wind direction including icing when appropriate. For cylinders with strakes, the value of  $A_A$  should be based on the overall width including twice the strake depth;

$\sum A$  as defined in B.2.2.1(1)."

Paragraph "(2)", list entry "b)", replace "figure B.2.1" with "Figure B.2.1".



Підпункт "(2)", "Таблиця В.2.1", перший рядок зверху (заголовок таблиці), третя колонка, замінити " $c_{f,G}$ " на " $c_{f,G,0}$ ".

#### 12 Зміни до В.2.5

Підпункт "(1)", замінити:

"де:  $c_{f,G}$  –..."

на:

"де:  $c_{f,G,0}$  –..."

#### 13 Зміни до В.2.7.1

Підпункт "(2)", між абзацом, що починається з " $c_{f,A1}$  до  $c_{f,A4}$ ", та абзацом, що починається з " $\eta_1$  та  $\eta_2$ ", додати:

" $\sum A$  приймається як  $A_{ref}$ , як у розділі 5.3(2) EN 1991-1-4 і може мати будь-яке номінальне значення (одиницю), якщо  $A_{ref}$  приймається з таким самим значенням."

#### 14 Зміни до В.3.1

Підпункт "(3)", рівняння "(В.12)", замінити " $c_{fT}$ " на " $c_{f,T}$ ".

#### 15 Зміни до В.3.2.1

Підпункт "(1)", замінити слово "опір", яке зустрічається два рази, на "силу вітру"; потім замінити посилання на "В.2.2" на "В.2".

#### 16 Зміни до В.3.2.2.1

Підпункт "(2)", рівняння "(В14а)", замінити " $A_{rcf}$ " на " $A_{ref}$ ".

Підпункт "(3)", під "де:...", замінити " $c_0$ " на " $c_{0(zm)}$ ".

#### 17 Зміни до В.3.2.2.2

Підпункт "(1)", замінити:

"де:  $S_W$ ..."

на:

"де:  $S_{m,W}$ ..."

Підпункт "(1)", під "де:...", додати:

" $c_{0(zm)}$  визначається у В.3.2.2.1(3)."

#### 18 Зміни до В.3.2.2.6

Підпункт "(4)", пункт списку "с)", перед "Примітка 1.", додати:

" $\sum c_f$  відповідно до В.2.1.3 (1)."

Підпункт "(5)", під рівнянням "(В.20)", додати:

Paragraph "(2)", "Table B.2.1", 1st row at the top (table heading), 3rd column, replace " $c_{f,G}$ " with " $c_{f,G,0}$ ".

#### 12 Modification to B.2.5

Paragraph "(1)", replace:

"where:  $c_{f,G}$  is..."

with:

"where:  $c_{f,G,0}$  is..."

#### 13 Modification to B.2.7.1

Paragraph "(2)", between the paragraph beginning with " $c_{f,A1}$  to  $c_{f,A4}$ " and the one beginning with " $\eta_1$  and  $\eta_2$ ", add:

" $\sum A$  is to be taken as  $A_{ref}$  as in clause 5.3(2) of EN 1991-1-4 and can be taken as any notional value (say unity) as long as  $A_{ref}$  is taken as the same value."

#### 14 Modification to B.3.1

Paragraph "(3)", Equation "(B.12)", replace " $c_{fT}$ " with " $c_{f,T}$ ".

#### 15 Modification to B.3.2.1

Paragraph "(1)", replace the two occurrences of "resistance" with "wind force"; then replace reference to "B.2.2" with "B.2".

#### 16 Modifications to B.3.2.2.1

Paragraph "(2)", Equation "(B14a)", replace " $A_{rcf}$ " with " $A_{ref}$ ".

Paragraph "(3)", under "where:...", replace " $c_0$ " with " $c_{0(zm)}$ ".

#### 17 Modifications to B.3.2.2.2

Paragraph "(1)", replace:

"where:  $S_W$ ..."

with:

"where:  $S_{m,W}$ ..."

Paragraph "(1)", under "where:...", add:

" $c_{0(zm)}$  is defined in B.3.2.2.1(3)."

#### 18 Modifications to B.3.2.2.6

Paragraph "(4)", list entry "c)", just before "NOTE 1", add:

" $\sum c_f$  according to B.2.1.3 (1)."

Paragraph "(5)", below Equation "(B.20)", add:

"де:  $S_{m,cw}$  – середній ефект навантаження на троси, отриманий з елемента навантаження у (B.16);

$S_{cables}$  – змінний ефект навантаження на троси, отриманий зі змінного компонента у (B.16)."

#### 19 Зміни до B.4.2

Підпункт "(3)", пункт списку "c)", замінити визначення "R" на: "середнє загальне значення виробу коефіцієнта сили при розрахунковій площі  $\sum A$ , помноженій на  $c_f$ , як визначено у B.2.2.1(1);".

#### 20 Зміни до B.4.3.2.1

Підпункт "(1)", рівняння "(B.22)", замінити " $F_{m,W}$ " на " $F_{m,W}(z)$ "; потім замінити "A" на " $A_{ref}$ ".

Підпункт "(1)", останній рядок, замінити посилання "B.4.2" на "B.2.1.3".

Підпункт "(3)", перший рядок, замінити " $F_{GW}$ " на " $F_{GW}(z)$ ".

Підпункт "(3)", рівняння "(B.23)", замінити " $F_{GW}$ " на " $F_{GW}(z)$ "; потім замінити " $c_{GZ}$ " на " $c_{f,G}(z)$ ".

Підпункт "(3)", замінити:

"де: ... " $c_G(z)$ "

на

"де: ... " $c_{f,G}(z)$ ".

Підпункт "(4)", замінити "повинно прийматися як" на "повинно базуватися на".

#### 21 Зміни до B.4.3.2.2

Підпункт "(2)", рівняння "(B.24)", замінити " $F_{PW}$ " на " $F_{PW}(z)$ ", та замінити "A" на " $A_{ref}$ ".

Підпункт "(2)", замінити:

" $k_s$  – масштабний коефіцієнт;"

на:

" $k_s$  – масштабний коефіцієнт, що визначає вірогідність виникнення;"

#### 22 Зміни до B.4.3.2.3

Підпункт "(1)", перший рядок, замінити " $F_{PG}$ " на " $F_{PG}(z)$ ".

Підпункт "(1)", рівняння "(B.25)", замінити " $F_{PG}$ " на " $F_{PG}(z)$ ".

Підпункт "(1)", рівняння "(B.25)" та два рядки під рівнянням, замінити " $c_G(z)$ " на " $c_{f,G}(z)$ " два рази.

"where:  $S_{m,cw}$  is the mean load effect on the cables derived from the load component in (B.16);

$S_{cables}$  is the fluctuating load effect on the cables derived from the fluctuating component in (B.16)."

#### 19 Modification to B.4.2

Paragraph "(3)", list entry "c)", replace the definition of "R" with: "the average total of the product of the force coefficient  $c_f$  times the reference area  $\sum A$  as defined in B.2.2.1(1);".

#### 20 Modifications to B.4.3.2.1

Paragraph "(1)", Equation "(B.22)", replace " $F_{m,W}$ " with " $F_{m,W}(z)$ "; then replace "A" with " $A_{ref}$ ".

Paragraph "(1)", last line, replace the reference to "B.4.2" with "B.2.1.3".

Paragraph "(3)", 1st line, replace " $F_{GW}$ " with " $F_{GW}(z)$ ".

Paragraph "(3)", Equation "(B.23)", replace " $F_{GW}$ " with " $F_{GW}(z)$ "; then replace " $c_{GZ}$ " with " $c_{f,G}(z)$ ".

Paragraph "(3)", replace:

"where: ... " $c_G(z)$ "

with

"where: ... " $c_{f,G}(z)$ ".

Paragraph "(4)", replace "should be taken as" with "should be based on".

#### 21 Modifications to B.4.3.2.2

Paragraph "(2)", Equation "(B.24)", replace " $F_{PW}$ " with " $F_{PW}(z)$ ", and replace "A" with " $A_{ref}$ ".

Paragraph "(2)", replace:

" $k_s$  is a scaling factor;"

with:

" $k_s$  is a scaling factor which defines the probability of occurrence;"

#### 22 Modifications to B.4.3.2.3

Paragraph "(1)", 1st line, replace " $F_{PG}$ " with " $F_{PG}(z)$ ".

Paragraph "(1)", Equation "(B.25)", replace " $F_{PG}$ " with " $F_{PG}(z)$ ".

Paragraph "(1)", Equation "(B.25)" and two lines below the equation, replace the two occurrences of " $c_G(z)$ " with " $c_{f,G}(z)$ ".

### 23 Зміни до В.4.4

Підпункт "(2)", замінити "(див. В.4.3.2), використовуючи  $k_s = 3,5$ ." на "(див. В.4.3.2). Значення  $k_s$  повинне прийматися  $k_s = 2,95$ ."

### 24 Зміни до С.5

Підпункт "(1)", замінити "один прохід рівню верхньої відтяжки" на "відтяжка чи відтяжки в одному проході на рівні верхньої відтяжки"; потім замінити "два проходи рівню верхньої відтяжки" на "відтяжка чи відтяжки в двох проходах на рівні верхньої відтяжки".

### 25 Зміни до С.6

Замінити номер пункту "(3)" на "(2)".

### 26 Зміни до F.2

Підпункт "(3)", замінити посилання "EN 1993-1-1" на "EN 1090-2"; потім замінити "(див. 4.2.2)" на "(див. F.4.2)".

### 27 Зміни до G.2

Підпункт "(1)", "Таблиця G.1", перша колонка зліва, рядок біля "Випадок (с)", замінити "Вторинне згинання на обох кінцях" на "Вторинні в'язеві елементи на обох кінцях".

Підпункт "(1)", "Таблиця G.2", частина "(b)", перший рядок таблиці, остання колонка справа, замінити " $K^{(3)(5)}$ " на " $k^{(3)(5)}$ ".

Підпункт "(1)", "Таблиця G.2", частина "(b)", останній рядок таблиці, "Примітка 3" та "Примітка 5", замінити "K" на "k".

### 28 Зміни до H.3.2

"Рисунок H.1", нижній рядок рисунка, ліва частина, комірка біля "IA", додати у комірку: "Одинарна решітка".

### 29 Зміни до H.4

Підпункт "(5)", четвертий рядок, замінити "коли початкова сила менша" на "коли початкова сила менша, ніж умовна сила".

### 23 Modification to B.4.4

Paragraph "(2)", replace "(See B.4.3.2) using  $k_s = 3,5$ ." with "(see B.4.3.2). The value of  $k_s$  should be taken as  $k_s = 2,95$ ."

### 24 Modification to C.5

Paragraph "(1)", replace "one lane of the top guy level" with "the guy or guys in one lane of the top guy level"; then replace "two lanes of the top guy level" with "the guy or guys in two lanes of the top guy level".

### 25 Modification to C.6

Replace the number of paragraph "(3)" with "(2)".

### 26 Modification to F.2

Paragraph "(3)", replace reference to "EN 1993-1-1" with "EN 1090-2"; then replace "(see 4.2.2)" with "(see F.4.2)".

### 27 Modifications to G.2

Paragraph "(1)", "Table G.1", 1st column on the left, row about "Case (c)", replace "Secondary bending at both ends" with "Secondary bracing at both ends".

Paragraph "(1)", "Table G.2", part "(b)", 1st row of the table, last column on the right, replace " $K^{(3)(5)}$ " with " $k^{(3)(5)}$ ".

Paragraph "(1)", "Table G.2", part "(b)", last row of the table, "NOTE 3" and "NOTE 5", replace "K" with "k".

### 28 Modification to H.3.2

"Figure H.1", bottom row of the figure, left-hand side, cell about "IA", add into the cell: "Single lattice".

### 29 Modification to H.4

Paragraph "(5)", 4th line, replace "when the primary force is smaller" with "when the primary force is smaller than the notional force".

Код УКНД: 91.080.10

**Ключові слова:** вібрації, відтяжка, втома, матеріали, міцність, придатність, навантаження, ожеледь.

\*\*\*\*\*

Редактор – А.О. Луковська  
Комп'ютерна верстка – І.С.Дмитрук

Формат 60x84<sup>1/8</sup>. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".  
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".  
вул. М. Кривоноса, 2А, м. Київ-37, 03037, Україна.  
Тел. 249-36-62  
Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)  
E-mail:uabi90@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців  
ДК № 690 від 27.11.2001 р.



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

**ЄВРОКОД 3. ПРОЕКТУВАННЯ  
СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**  
**Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби.**  
**Башти і щогли**  
**(EN 1993-3-1:2006, IDT)**

**Зміна № 1**  
**ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012**

Київ  
Мінрегіон України  
2014

**Право власності на цей документ належить державі.  
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований  
і розповсюджений як офіційне видання без дозволу Міністерства регіонального  
розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України**

**© Мінрегіон України, 2014**

Видавець нормативних документів у галузі будівництва  
і промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України  
Державне підприємство "Укрархбудінформ"

**ЄВРОКОД 3. ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**  
**Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли**  
**(EN 1993-3-1:2006, IDT)**

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю "Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського"
- РОЗРОБНИКИ: **В. Адріанов; В. Гордєєв**, д-р техн. наук; **О. Кордун**, (науковий керівник); **Я. Лимар; О. Шимановський**, д-р техн. наук
- 2 ПРИЙНЯТО ТА  
НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства України від 27.12.2013 р. № 623, чинна від 2014-07-01
- 3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**ТЕКСТ ЗМІНИ**

**1 Національний вступ доповнити положеннями наступного змісту:**

"Для забезпечення гармонізації нормативної бази України з нормативною базою Європейського Союзу встановлюється період одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу (або інших будівельних норм, кодів). Порядок застосування визначається Постановою Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 № 547 "Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу".

Період одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу, встановлюється з дати набрання чинності ДБН А.1.1-94:2010 "Система стандартизації та нормування у будівництві. Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення" до втрати ним чинності або втрати чинності відповідними будівельними нормами, розробленими на основі національних технологічних традицій.

Цей стандарт на території України слід застосовувати разом з параметрами, встановленими на національному рівні, наведеними у додатку НБ.

Вимоги щодо застосування цього стандарту разом з Національним додатком встановлені у ДБН А.1.1-94:2010 [1]."

**2 У змісті назву передостаннього заголовка структурного елемента викласти у новій редакції:**

"Додаток НА Перелік міжнародних (МС) і європейських стандартів (ЄС), на які є посилання у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, та відповідних нормативних документів України (НД)".

**3 Зміст доповнити наступними заголовками структурних елементів:**

"Додаток НБ Національний додаток до ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012";

"Додаток НВ Бібліографія".

**4 По всьому тексту Національного стандарту замінити словосполучення "частинні коефіцієнти" на "часткові коефіцієнти"**

**5 В формулах (С.3а) та (С.3б) замінити " $\gamma_w$ " на " $\psi_w$ " та " $\gamma_{ice}$ " на " $\psi_{ice}$ ".**

**6 Додаток НА викласти у новій редакції:**



"ДОДАТОК НА  
 (довідковий)

ПЕРЕЛІК МІЖНАРОДНИХ (МС) І ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ (ЄС), НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ  
 У ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, ТА ВІДПОВІДНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ (НД)

№ з/п	Познака МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Познака НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
1	EN 1990:2002 Eurocode: Basis of structural design	ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)	п. 1.5(1) Терміни і визначення п. 2.5(1) Проектування в комплексі з випробуваннями п. 8(1) Проектування в комплексі з випробуваннями Додаток А (примітка) Диференціація надійності і часткові коефіцієнти для дій	–
2	EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1-1:2002, IDT)	п. 2.3.4(2) Власна вага Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
3	EN 1991-1-2:2002 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-2: Fire actions	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)	Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
4	EN 1991-1-3:2003 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-3: General actions. Snow loads	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-1-3:2003, IDT)	Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–

№ з/п	Познака МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Познака НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
5	EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-4: General actions. Wind actions	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Вітрові навантаження (EN 1991-1-4:2005, IDT)	<p>Додаткова інформація щодо EN 1993-3-1 та EN 1993-3-2</p> <p>п. 2.3.1(1) (примітка) Вітрові дії</p> <p>п. 7.3(1) (примітка 1) Вібрації</p> <p>п. 8(2) Проектування в комплексі з випробуваннями</p> <p>п. 9.2.1(2) (примітка) Коливання вздовж вітру</p> <p>п. 9.2.2(примітка) Вібрації, викликані вихроутворенням</p> <p>п. 9.2.3(1) (примітка) Реакція окремих елементів</p> <p>Додаток В (примітка) Моделювання атмосферних дій</p> <p>п. В.1.2(1) Познаки</p> <p>п. В.2.1.1(3) Основні принципи</p> <p>п. В.2.2.1(2), (5) Загальні положення</p> <p>п. В.2.2.2(3) Коефіцієнти загальної нормальної сили (примітка)</p> <p>Таблиця В.2.1 Типові коефіцієнти навантаження <math>c_{f,A,0}</math> і <math>c_{f,G}</math> для окремих елементів, перший рядок, друга комірка</p> <p>п. В.2.7.1(3) Коефіцієнт загального вітрового навантаження</p>	–

## Продовження додатка НА

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
			<p>п. В.2.7.1(5) Коефіцієнт загального вітрового навантаження</p> <p>п. В.3.2.2.1(1), (3) Загальні положення</p> <p>п. В.3.2.2.4(1) Навантаження на троси і відтяжки, що підтримують башту</p> <p>п. В.3.3(1) Метод спектрального аналізу</p> <p>п. В.3.4(1) Коливання/вібрації, викликані вихровим збудженням</p> <p>п. В.4.3.2.2(2) Місцеві навантаження</p> <p>п. В.4.4(3) Метод спектрального аналізу</p> <p>п. В.4.5(1) Коливання/вібрації, викликані вихроутворенням</p> <p>п. С.4(3) Вітер та ожеледь</p> <p>Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром</p>	
6	EN 1991-1-5:2003 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-5: General actions. Thermal actions	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Загальні дії. Теплові дії (EN 1991-1-5:2003, IDT)	<p>п. 2.3.3(1) Теплові дії</p> <p>Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром</p>	-

Продовження додатка НА

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
7	EN 1991-1-6:2005 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-6: General actions. Actions during execution	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-6:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-6. Загальні дії. Дії під час зведення (EN 1991-1-6:2005, IDT)	п. 2.3.7(2) Інші дії Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
8	EN 1991-1-7:2006 Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-7: Accidental actions	ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-1-7:2006, IDT)	п. 2.3.7(1) Теплові дії Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
9	EN 1991-2:2003 Eurocode 1: Actions on structures. Part 2: Traffic loads on bridges	ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003, IDT)	Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
10	EN 1991-3:2006 Eurocode 1 – Actions on structures. Part 3: Actions induced by cranes and machinery	ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 3. Дії викликані кранами та обладнанням (EN 1991-3:2006, IDT)	Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
11	EN 1991-4:2006 Eurocode 1: Actions on structures. Part 4: Silos and tanks	ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 4. Бункери і резервуари (EN 1991-4:2006, IDT)	п. 9.2.1(2) (примітка) Коливання вздовж вітру Додаток С (примітка) Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	–
12	EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1.1: General rules. General rules and rules for buildings	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT)	п. 1.1.1 Сфера застосування Єврокоду 3 п. 1.1.2 (1) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3	–

№ з/п	Познака МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Познака НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
			п. 1.3 Допущення	-
			п. 1.4 Відмінності між принципами і правилами застосування	
			п. 1.6(1) Познаки	
			п. 1.7(2) Умовні познаки осей елементів конструкцій	
			п. 2.1.1(2) Основні вимоги	
			п. 2.2(1) Принципи розрахунку за граничними станами	
			п. 3.1(1) Конструкційна сталь	
			п. 5.1(2) Моделювання з метою визначення результатів дій	
			п. 5.1(5) Моделювання з метою визначення результатів дій	
			п. 6.2.1(1) Класифікація перерізів	
			п. 6.3.1(1) Стиснуті елементи	
			п. 6.3.1(1) (примітка 1) Стиснуті елементи	
			п. 6.3.1(3) Стиснуті елементи	
			п. 7.2.1(2) Вимоги	
			п. В.1.2(1), (2) Познаки	
			п. F.2(3) Болтові з'єднання	
			п. G.1(1) Опір втраті стійкості стиснутих елементів	
			п. H.2(5) (примітка), (6) Пояси	

Продовження додатка НА

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
13	EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)	п. 1.1.2(6) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3	—
14	EN 1993-1-3:2006 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Загальні правила. Додаткові правила для холодноформованих елементів і профільованих листів (EN 1993-1-3:2006, IDT)	п. 3.1(1) Конструкційна сталь п. 6.3.1(3) Стиснуті елементи п. 6.3.1(4) Стиснуті елементи	—
15	EN 1993-1-5:2006 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-5: General rules. Plated structural elements	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-5. Пластинчасті конструктивні елементи (EN 1993-1-4:2006, IDT)	п. 6.3.1(2) Стиснуті елементи п. 6.3.1(2) (примітка 3) Стиснуті елементи	—
16	EN 1993-1-8:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-8: Design of joints	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проектування з'єднань (EN 1993-1-8:2005, IDT)	п. 3.2(1) З'єднання п. 5.2.1(1) (примітка) Основні положення п. 5.2.2 (2) Повністю триангульовані конструкції (ферми з трикутними ґратками) п. 5.2.3(1) Нетриангульовані конструкції (нерозрізні ґратки) п. 6.2.2(1) Елементи ґратчастих башт і щогл	—

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
			<p>п. 6.4.1(1), (примітка) Загальні положення</p> <p>п. 6.4.2(2) (примітка) Фундаментні болти в анкерних плитах (фланцеві з'єднання)</p> <p>п. 6.4.3(1) (примітка) Анкерні болти</p> <p>п. 6.4.4(1) Зварні з'єднання</p> <p>п. Н.2(7) Пояси</p>	
17	EN 1993-1-9:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-9: Fatigue	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)	<p>п. 9.1(1) Загальні положення</p> <p>п. 9.3(1) Втомна міцність</p> <p>п. 9.4(1) Оцінка безпеки</p> <p>п. 9.5(1) (примітка) Часткові коефіцієнти втомної міцності</p>	-
18	EN 1993-1-10:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Ударна в'язкість (EN 1993-1-10:2005, IDT)	п. 3.1(2) Конструкційна сталь	-
19	EN 1993-1-11:2006 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-11: General rules. Design of structures with tension components made of steel	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-11:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проектування конструкцій з розтягнутими елементами (EN 1993-1-11:2006, IDT)	<p>п. 1.1.2 1) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3</p> <p>п. 2.3.4(2) Власна вага</p> <p>п. 2.3.5(1) Початкові натяги відтяжок</p> <p>п. 2.3.5(2) Початкові натяги відтяжок</p>	-

№ з/п	Познака МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Познака НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
			<p>п. 2.4(2) Перевірка граничних станів за несучою здатністю</p> <p>п. 3.3 Відтяжки і арматура</p> <p>п. 4.2(1) Відтяжки</p> <p>п. 5.1(6) Моделювання з метою визначення результатів дій</p> <p>п. 6.1(1) (примітка 2) Загальні положення</p> <p>п. 6.2.3(1) Відтяжки та арматура</p> <p>п. 6.5.2(1) З'єднання відтяжок</p> <p>п. 9.6(1) Втома відтяжок</p> <p>п. В.4.6(1) Вібрації відтяжок</p> <p>п. D.1.1(1) Металеві відтяжки і елементи, що працюють на розтяг</p> <p>п. F.4.2.2(2) (примітка) Щогли з відтяжками</p> <p>п. F.4.3(1) Обмеження натягу</p> <p>п. F.5(1) Попередній розтяг відтяжок</p>	-
20	EN 1993-3-2:2006 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 3-2: Towers, masts and chimneys. Chimneys	ДСТУ-Н Б EN 1993-3-2:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 3-2. Башти, щогли і димові труби. Димові труби (EN 1993-3-2:2007, IDT)	<p>п. 7.3(1) (примітка 1), (2) (примітка) Вібрації</p> <p>п. 8 (2) (примітка) Проектування в комплексі з випробуваннями</p> <p>п. D.2.1(1) (примітка) Віброгасії конструкції</p> <p>п. H.5(1) (примітка) Оболонкові конструкції</p>	-



## Продовження додатка НА

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
21	EN 1998-3:2005 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings	ДСТУ-Н Б EN 1998-3:2012 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 3. Оцінка стану та відновлення будівель (EN 1998-3:2005, IDT)	п. 1.1.2(5) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3	–
22	EN 365:1992 Personal protective equipment against falls from a height. General requirements for instructions for use, maintenance, periodic examination, repair, marking and packaging	ДСТУ EN 365-2001 Індивідуальне спорядження для захисту від падіння з висоти. Загальні вимоги до інструкції із застосування і маркування (EN 365:1992, IDT)	п. 1.2 Нормативні посилання п. 2.3.7(4) Інші дії	–
23	EN 795:1996 Protection against falls from a height. Anchor devices. Requirements and testing	ДСТУ EN 795:2006 Індивідуальне спорядження для захисту від падіння з висоти. Анкерні пристрої. Вимоги та випробування (EN 795:1996, IDT)	п. 1.2 Нормативні посилання п. 2.3.7(4) Інші дії	–
24	EN 1090-1:2009 Execution of steel structures and aluminium structures. Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components проект	ДСТУ Б EN 1090-1-2014 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 1. Вимоги щодо оцінки відповідності компонентів конструкцій (EN 1090-1:2009+A1:2011, IDT)	п. 1.2 Нормативні посилання п. 1.1.2(7) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3 п. 6.4.4(1) (примітка) Зварні з'єднання	–
25	EN 1090-2:2008 Execution of steel structures and aluminium structures. Part 2: Technical requirements for steel structures	ДСТУ Б EN 1090-2-2014 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій (EN 1090-2:2008+A1:2011, IDT)	п. 1.1.2(7) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3 п. 1.2 Нормативні посилання п. 6.4.4(1) (примітка) Зварні з'єднання п. F.1(1) Загальні положення п. F.4.1(1), (2) Загальні положення	–

Продовження додатка НА

№ з/п	Позначка МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Позначка НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
26	EN 40 Lighting columns	–	п. 1.2 Нормативні посилання 1.1.2(4) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3	ДБН В.2.5-28-2006 Штучне і природне освітлення; ДБН В.2.6-163:2010 Сталеві конструкції. Норми проектуван- ня, виготовлення і монтажу; Серія 3.320-1 Опори наружно- го освітлення и контактных сетей городского транспорта
27	EN 1090-3 Execution of steel struc- tures and aluminium structures. Technical requirements for alumi- nium structures	ДСТУ Б EN 1090-3:2014 вико- нання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 3. Технічні вимоги до алюмінієвих конст- рукцій (EN 1090-3:2008, IDT)	п. 1.1.2(7) Сфера застосування частини 3-1 Єврокоду 3 п. 1.2 Нормативні посилання п. 6.4.4(1) (примітка) Зварні з'єднання	–
28	EN 1337-6:2004 Structural bear- ings. Rocker bearings	Проект ДСТУ EN 1337-6:201X Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 6. Балан- сирні опорні частини (EN 1337-6:2004, IDT)	п. 6.5.1(1) З'єднання бази щогли	–
29	EN 50341 Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV General requi- rements. Common specifications	–	Додаткова інформація щодо EN 1993-3-1 та EN 1993-3-2	ДСТУ 3465-96 Системи елект- ропостачальні загального при- значення. Терміни та визначення; ДСТУ 2790-94 Системи елект- ропостачальні номінальною напругою понад 1000 В: джере- ла, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення

№ з/п	Познака МС або ЄС, наведеного у ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012	Познака НД, який відповідає МС або ЄС	№ з/п у тексті ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012, де є нормативні посилання	Інформація про нормативні акти та нормативні документи у відповідній сфері
30	EN ISO 1461 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles. Specifications and test methods	–	п. 1.2 Нормативні посилання п. 4.1(1) (примітка 2) Допуски на корозію	ДСТУ 2733-94 Корозія та тимчасовий протикорозійний захист. Терміни та визначення; СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии
31	EN ISO 12944 Corrosion protection of steel structures by protective paint systems	–	п. 1.2 Нормативні посилання п. 4.1(1) (примітка 2) Допуски на корозію	ДСТУ 2733-94 Корозія та тимчасовий протикорозійний захист. Терміни та визначення; СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии
32	EN ISO 14713 Protection against corrosion of iron and steel in structures. Zinc and aluminium coatings. Guidelines	–	п. 1.2 Нормативні посилання п. 4.1(1) (примітка 2) Допуски на корозію	СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии; ГОСТ 28302-89 Покрытия газотермические защитные из цинка и алюминия металлических конструкций. Общие требования к типичному технологическому процессу
33	ISO 12494 Atmospheric icing of structures	Проект ДСТУ ISO 12494:201X Обмерзання будівельних конструкцій внаслідок атмосферного впливу (ISO 12494:2001, IDT)	п. 1.2 Нормативні посилання п. В.1.1(1) (примітка) Сфера застосування даного додатка Таблиця В.2.1 Типові коефіцієнти навантаження $C_{f,A,0}$ і $C_{f,G}$ для окремих елементів п. С.2(1) Навантаження від ожеледі п. С.4 (2), (3) Вітер та ожеледь	–

## 7 Текст Національного стандарту доповнити додатком НБ:

"ДОДАТОК НБ  
(обов'язковий)

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДО ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012

## НБ.1 ПАРАМЕТРИ, ЩО ЗАЛИШИЛИСЯ ВІДКРИТИМИ В ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 ДЛЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ

Національний вибір дозволяється в ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 через наступні положення, які наведені у таблиці НБ.1.

Таблиця НБ.1

№ з/п	Пункт	Короткий опис параметра, який дозволено визначати на національному рівні
1	2.1.1(3)P	Інформація про розрив відтяжки
2	2.3.1(1)	Доповнення EN 1991-1-4 інформацією про башти і щогли
3	2.3.2(1)	Дані про дії від ожеледі, відповідну товщину льоду, розподіл і щільність, коефіцієнти сполучення дій вітру і ожеледі
4	2.3.6(2)	Дані про тимчасові навантаження на платформи і огорожі
5	2.3.7(1)	Дані про вибір аварійних навантажень
6	2.3.7(4)	Додаткова інформація щодо навантажень від кріплення засобів безпеки
7	2.5(1)	Додаткова інформація відносно конструкцій або елементів, що підлягають випробуванням за узгодженою повномасштабною програмою
8	2.6(1)	Додаткова інформація щодо проектного терміну експлуатації конструкції
9	4.1(1)	Додаткова інформація щодо антикорозійного захисту
10	4.2(1)	Додаткова інформація щодо антикорозійного захисту відтяжок
11	5.1(6)	Додаткова інформація щодо загального розрахунку щогл і димових труб з відтяжками
12	5.2.4(1)	Додаткова інформація щодо пружного розрахунку триангульованих конструкцій з урахуванням нерозрізності
13	6.1(1)	Значення коефіцієнтів $\gamma_M$
14	6.3.1(1)	Вибір методу проектування стиснутих елементів ґратчастих башт і щогл
15	6.4.1(1)	Часткові коефіцієнти для з'єднань в щоглах і баштах
16	6.4.2(2)	Додаткові дані про фланцеві з'єднання круглих порожнистих профілів і циліндричних оболонок
17	6.5.1(1)	Додаткові дані щодо ексцентриситетів і граничних значень тиску Герца
18	7.1(1)	Дані про граничні і асоціативні значення $\gamma_M$
19	9.5(1)	Числові значення $\gamma_{Ff}$ і $\gamma_{Mf}$
20	A.1(1)	Класи надійності на основі аналізу наслідків руйнування конструкцій
21	A.2(1)P, примітка 2	Числові значення $\gamma_G$ і $\gamma_Q$

Кінець таблиці НБ.1

№ з/п	Пункт	Короткий опис параметра, який дозволено визначати на національному рівні
22	A.2(1)P, примітка 3	інформація про використання розрахунку динамічних характеристик вітрових дій
23	B.1.1(1)	Додаткові дані щодо навантаження від ожеледі
24	B.2.1.1(5)	Дані стосовно випробувань в аеродинамічній трубі
25	B.2.3(1), примітка 4 до таблиці B.2.1	Значення чисел Рейнольдса і коефіцієнтів лобового опору
26	B.3.2.2.6(4)	Значення поправочного коефіцієнта $K_X$
27	B.3.3(1)	Додаткові дані щодо методу спектрального аналізу
28	B.3.3(2)	Додаткові дані щодо змінних вітрових навантажень
29	B.4.3.2.2(2)	Значення коефіцієнта масштабування $k_s$
30	B.4.3.2.3(1)	Значення коефіцієнта масштабування $k_s$
31	B.4.3.2.8.1(4)	Значення коефіцієнта $K_X$
32	C.2(1)	Додаткова інформація щодо навантажень від ожеледі
33	C.6.(1)	Додаткова інформація щодо коефіцієнтів сполучень
34	D.1.1(2)	Додаткова інформація щодо металевих наповнювачів в антенах
35	D.1.2(2)	Додаткова інформація щодо неметалевих відтяжок
36	D.3(6), примітка 1	Механічне навантаження і розвантаження керамічного ізолюючого матеріалу
37	D.3(6), примітка 2	Електричні характеристики ізолюючого матеріалу
38	D.4.1(1)	Додаткова інформація щодо сходів, платформ, огорож та інших елементів
39	D.4.2(3)	Додаткова інформація щодо грозозахисту
40	D.4.3(1)	Додаткова інформація щодо загороджувальних авіаційних вогнів
41	D.4.4(1)	Додаткова інформація щодо захисту від вандалізму
42	F.4.2.1(1)	Додаткова інформація щодо максимального відхилення верха башти
43	F.4.2.2(2)	Граничні допуски на монтаж щогл з відтяжками
44	G.1(3)	Коефіцієнт зменшення $\eta$
45	H.2(5)	Інформація про технологічні процеси, в яких максимальна відстань між сполучними болтами перевищує вказане у 6.4.4 EN 1993-1-1
46	H.2(7)	Додаткова інформація щодо поясів

## НБ.2 ПАРАМЕТРИ, ВИЗНАЧЕНІ НА НАЦІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

### НБ.2.1 Інформація про розрив відтяжки

До пункту 2.1.1(3)P.

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

### НБ.2.2 Доповнення EN 1991-1-4 інформацією про башти і щогли

До пункту 2.3.1(1).

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.3 Дані про дії від ожеледі, відповідну товщину льоду, розподіл і щільність, коефіцієнти сполучення дій вітру і ожеледі**

*До пункту 2.3.2(1).*

Детальна інформація міститься в НБ.4.

**НБ.2.4 Дані про тимчасові навантаження на платформи і огорожі**

*До пункту 2.3.6(2).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.5 Дані про вибір аварійних навантажень**

*До пункту 2.3.7(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.6 Додаткова інформація щодо навантажень від кріплення засобів безпеки**

*До пункту 2.3.7(4).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.7 Додаткова інформація відносно конструкцій або елементів, що підлягають випробуванням за узгодженою повномасштабною програмою**

*До пункту 2.5(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.8 Додаткова інформація щодо проектного терміну експлуатації конструкції**

*До пункту 2.6(1).*

Прийняти рекомендоване значення проектного терміну експлуатації конструкції – 30 років, якщо більший термін служби не обумовлений у технічному завданні на проектування.

**НБ.2.9 Додаткова інформація щодо антикорозійного захисту**

*До пункту 4.1(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.10 Додаткова інформація щодо антикорозійного захисту відтяжок**

*До пункту 4.2(1).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.11 Додаткова інформація щодо загального розрахунку щогл і димових труб з відтяжками**

*До пункту 5.1(6).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.12 Додаткова інформація щодо пружного розрахунку триангульованих конструкцій з урахуванням нерозрізності**

*До пункту 5.2.4(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.13 Значення коефіцієнтів  $\gamma_M$**

*До пункту 6.1(1).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.14 Вибір методу проектування стиснутих елементів ґратчастих башт і щогл**

*До пункту 6.3.1(1).*

Дозволяється користуватися будь-яким із вказаних методів.

**НБ.2.15 Часткові коефіцієнти для з'єднань в щоглах і баштах**

*До пункту 6.4.1(1).*

Приймати рекомендовані значення з врахуванням вимог Зміни №1 до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8.

**НБ.2.16 Додаткові дані про фланцеві з'єднання круглих порожнистих профілів і циліндричних оболонок.**

*До пункту 6.4.2(2).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.17 Додаткові дані щодо ексцентриситетів і граничних значень тиску Герца.**

*До пункту 6.5.1(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.18 Дані про граничні і асоціативні значення  $\gamma_M$**

*До пункту 7.1(1)*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.19 Числові значення  $\gamma_{FF}$  і  $\gamma_{Mf}$**

*До пункту 9.5(1).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.20 Класи надійності на основі аналізу наслідків руйнування конструкцій**

*До пункту А.1(1).*

Клас наслідків слід визначати згідно з вимогами НБ.3.1 Зміни №2 до ДСТУ-Н Б EN 1990:2008.

**НБ.2.21 Числові значення  $\gamma_G$  і  $\gamma_Q$**

*До пункту А.2(1)Р, примітка 2.*

Значення коефіцієнтів  $\gamma_G$  і  $\gamma_Q$  слід приймати згідно з таблицею НБ.2.1.

**Таблиця НБ.2.1 – Часткові коефіцієнти постійних і змінних дій**

Типи впливу	Клас надійності, див. НБ.2.20	Постійні дії	Змінні дії ( $Q_s$ )
Несприятливі	СС3	1,2	1,6
	СС2	1,1	1,4
	СС1	1,0	1,2
Сприятливі	Всі класи	1,0	0,0
Аварійні ситуації		1,0	1,0

**НБ.2.22 Інформація про використання розрахунку динамічних характеристик щодо вітрових дій**

*До пункту А.2(1)Р, примітка 3.*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.23 Додаткові дані щодо навантаження від ожеледі**

*До пункту В.1.1(1).*

Додаткова інформація приведена в НБ.4.

**НБ.2.24 Дані стосовно випробувань в аеродинамічній трубі**

*До пункту В.2.1.1(5).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.25 Значення чисел Рейнольдса і коефіцієнтів лобового опору**

*До пункту В.2.3(1), примітка 4 до таблиці В.2.1.*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.26 Значення поправочного коефіцієнта  $K_X$**

*До пункту В.3.2.2.6(4).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.27 Додаткові дані щодо методу спектрального аналізу**

*До пункту В.3.3(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.28 Додаткові дані щодо змінних вітрових навантажень**

*До пункту В.3.3(2).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.29 Значення коефіцієнта масштабування  $k_s$**

*До пункту В.4.3.2.2(2).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.30 Значення коефіцієнта масштабування  $k_s$**

*До пункту В.4.3.2.3(1).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.31 Значення коефіцієнта  $K_X$**

*До пункту В.4.3.2.8.1(4).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.32 Додаткова інформація щодо навантажень від ожеледі**

*До пункту С.2(1).*

Інформація стосовно визначення навантаження від ожеледі і вітру наведена в НБ.4.

**НБ.2.33 Додаткова інформація щодо коефіцієнтів сполучень**

*До пункту С.6.(1).*

Сполучення навантажень від ожеледі і вітру необхідно враховувати згідно з вимогами НБ.4.

**НБ.2.34 Додаткова інформація щодо металевих наповнювачів в антенах**

*До пункту D.1.1(2).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.35 Додаткова інформація щодо неметалевих відтяжок**

*До пункту D.1.2(2).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.36 Механічне навантаження і розвантаження керамічного ізолюючого матеріалу**

*До пункту D.3(6), примітка 1.*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.37 Електричні характеристики ізолюючого матеріалу**

*До пункту D.3(6), примітка 2.*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.38 Додаткова інформація щодо сходів, платформ, огорож та інших елементів**

*До пункту D.4.1(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.39 Додаткова інформація щодо грозозахисту**

*До пункту D.4.2(3).*

При виконанні грозозахисту необхідно враховувати вимоги [2] та [3].



## **НБ.2.40 Додаткова інформація щодо загороджувальних авіаційних вогнів**

*До пункту D.4.3(1).*

Вимоги стосовно загороджувальних вогнів і сигнального маркування перешкод встановлені в [4]:

**НБ.2.40.1.** На аеродромах цілодобової роботи світлоогорожі повинні мати всі нерухомі об'єкти, що підлягають денному маркуванню.

Світлоогороженню підлягають об'єкти радіосвітлотехнічного та метеорологічного обладнання, що розташовані на території аеродрому.

Допускається відсутність світлової огорожі на пам'ятниках, культових спорудах, а також на об'єктах, затінених більш високим нерухомим об'єктом, що має світлоогорожу.

**Примітка.** Наведений у даному розділі перелік об'єктів, що підлягають світловому огороженню, не означає, що не допускається світлове огороження інших об'єктів, які на думку експлуатуючої організації аеродрому його потребують.

**НБ.2.40.2.** Перешкоди повинні мати світлову огорожу на найвищій частині (точки) і нижче через кожних 45 м (не більше) ярусами, при цьому у верхніх точках перешкод повинні бути встановлені два загороджувальні вогні, що працюють одночасно.

На димових трубах або інших аналогічних спорудах верхні вогні повинні розміщатися нижче зрізу труби на 1,5-3 м.

Загороджувальні вогні, що встановлюються на об'єктах, що знаходяться на курсах зльоту і посадки повітряних суден (дальній привідний радіомаркерний пункт, ближній привідний радіомаркерний пункт, курсовий радіомаяк тощо), повинні бути розміщені на лінії, що перпендикулярна до осі злітно-посадкової смуги, з інтервалом між вогнями не менше трьох метрів. Вогонь повинен бути подвоєної конструкції.

**НБ.2.40.3.** На об'єктах, що мають велику протяжність, або групах близько розташованих об'єктів, верхні загороджувальні вогні, принаймні, на точках або краях об'єктів, що мають найбільше перевищення стосовно поверхні обмеження перешкод, повинні бути розміщені так, щоб можна було визначити загальні обриси і протяжність об'єкта. Якщо два або більше країв перешкоди знаходяться на одній і тій же висоті, допускається маркувати тільки край, найближчий до злітного поля.

Інтервали між загороджувальними вогнями в повздовжньому відношенні не повинні перевищувати 45 м.

**НБ.2.40.4.** Висотні будинки і споруди, розташовані всередині забудованих районів, повинні бути позначені загороджувальними вогнями зверху вниз до висоти 45 м над середнім рівнем висоти забудови (рисунок НБ.2.1).

**НБ.2.40.5.** Кількість і розташування загороджувальних вогнів на кожному рівні, що підлягає маркуванню, повинні бути такими, щоб із будь-якого напрямку в горизонтальній площині було видно не менше двох вогнів.

**НБ.2.40.6.** Загороджувальні вогні повинні бути вогнями постійного випромінювання червоного кольору.

Сила світла вогнів повинна бути такою, щоб вони були помітні, з огляду на інтенсивність сусідніх вогнів і загальну яскравість фону, на якому вони будуть спостерігатися. При цьому сила світла вогню в будь-якому напрямку повинна бути не менше 10 кандел червоного світла.

**НБ.2.40.7.** Об'єкти у вигляді будинків і споруд, ліній зв'язку і ліній електропередач, радіотехнічних і інших штучних споруд, що виступають за внутрішню горизонтальну, конічну або перехідну поверхню; поверхню зльоту або заходу на посадку в межах 6000 м від їх нижніх меж, повинні мати маркування, якщо ці перешкоди не затінені іншими нерухомими об'єктами.

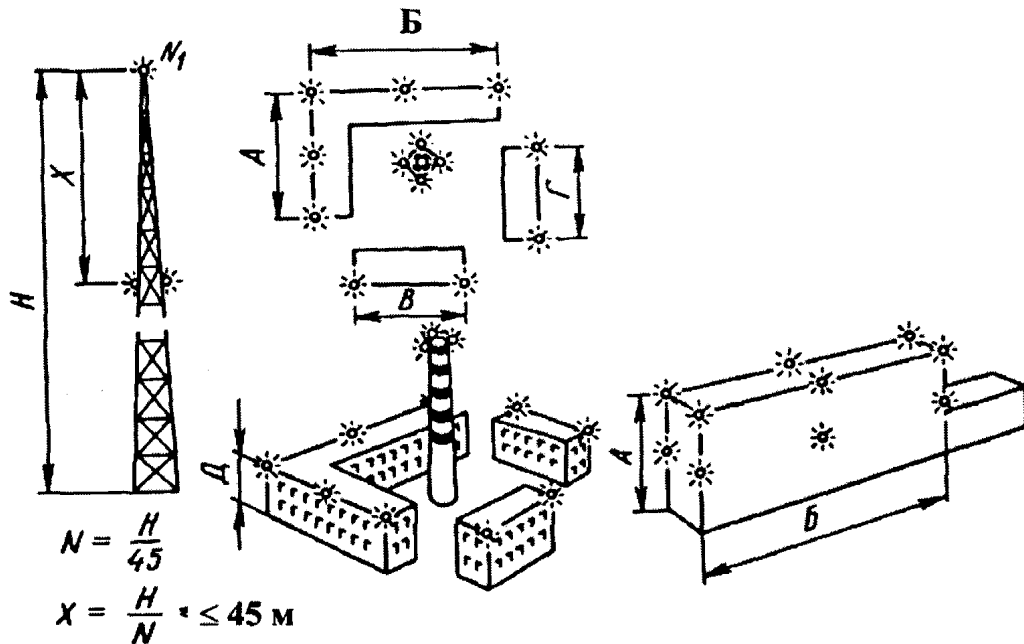


Рис. НБ.2.1. Приклад свілоогородження перешкод  
Примітка. Розміри А, Б дорівнюють 45-90 м; В, Г, Д менше або дорівнюють 45 м.

Допускається відсутність маркування на трубах і інших спорудах із червоної цегли, а також на пам'ятниках, культових спорудах і будинках за межами огорожі аеродрому.

Допускається відсутність маркування, якщо об'єкт:

- затінений іншим нерухомим об'єктом;
- оснащений загороджувальними вогнями високої інтенсивності, що використовуються в денний час.

**НБ.2.40.8.** Денне маркування повинне наноситися на об'єкти обслуговування повітряного руху та радіотехнічних засобів (крім аеродромно-диспетчерської вишки), розташованих у межах огорожі аеродрому.

**НБ.2.40.9.** Об'єкти (труби, теле- і метеозогли, опори ліній електропередач тощо):

- за висоти до 100 м повинні маркуватися від верхньої точки до лінії перетину з поверхнею обмеження перешкод, але не менше ніж на 1/3 їх висоти, що чергуються за кольором горизонтальними смугами шириною 0,5 м – 6,0 м. Мінімальна кількість смуг, що чергуються, – три, крайні смуги фарбуються в темний колір.

**НБ.2.40.10.** Споруди висотою більше 100 м і споруди каркасно-решітчастого типу (незалежно від їх висоти) повинні маркуватися від верха до низу смугами, що чергуються за кольором, ширина яких повинна відповідати наведеним у табл. НБ.2.2, але не більше 30 м. Смуги варто наносити перпендикулярно до більшого виміру, крайні смуги фарбуються в темний колір. Ширина смуг повинна бути однаковою і може відрізнятись від зазначеної в таблиці НБ.2.2 не більше ніж на 20%.

Таблиця НБ.2.2

Висота споруди, м	Ширина смуги в частках від висоти
1	2
100–210	1/7
210–270	1/9
270–330	1/11
330–390	1/13
390–450	1/15
450–510	1/17
510–570	1/19
570–630	1/21

**НБ.2.40.11.** Об'єкти, що мають практично суцільні поверхні, допускається фарбувати:

– у шаховому порядку прямокутниками (квадратами) із сторонами не менше 1,5 м і не більше 3 м, якщо проекція поверхонь об'єкта на будь-яку вертикальну площину дорівнює або перевищує 4,5 м в обох вимірах, до того ж кути фарбуються в більш темний колір. Для фарбування варто використовувати червоний і білий або жовтогарячий і білий кольори;

– в один добре помітний колір (червоний або жовтогарячий), якщо їх проекція на будь-яку вертикальну площину має ширину і висоту менше 1,5 м.

**НБ.2.41 Додаткова інформація щодо захисту від вандалізму**

*До пункту D.4.4(1).*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.42 Додаткова інформація щодо максимального відхилення верха башти**

*До пункту F.4.2.1(1).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.43 Граничні допуски на монтаж щогл з відтяжками**

*До пункту F.4.2.2(2).*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.44 Коефіцієнт зменшення  $\eta$**

*До пункту G.1(3)*

Слід керуватися рекомендаціями ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012.

**НБ.2.45 Інформація про технологічні процеси, в яких максимальна відстань між сполучними болтами перевищує вказане у 6.4.4 EN 1993-1-1**

*До пункту H.2(5)*

Додаткова інформація не надається.

**НБ.2.46 Додаткова інформація щодо поясів**

*До пункту H.2(7)*

Додаткова інформація не надається.

### НБ. 3 РІШЕННЯ ПРО СТАТУС ДОВІДКОВИХ ДОДАТКІВ ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012

Рішення щодо застосування довідкових додатків, що містяться в ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1, наведено в таблиці НБ.2.

**Таблиця НБ.2** – Статус застосування довідкових додатків

№ з/п	Назва довідкового додатка	Рішення щодо використання довідкового додатка
1	Додаток В [довідковий] – Моделювання атмосферних дій	Додаток може використовуватися без змін на території України
2	Додаток С [довідковий] – Навантаження від обмерзання і сполучення обмерзання з вітром	Положення додатка С можуть використовуватися на території України з урахуванням змін, що наведені у НБ.4
3	Додаток D [обов'язковий] – Відтяжки, віброгасії, ізолятори, службові та інші елементи	Додаток може використовуватися без змін на території України
4	Додаток Е [довідковий] – Розрив відтяжки	Те саме
5	Додаток F [довідковий] – Виготовлення	»»
6	Додаток G [довідковий] – Втрата стійкості при повздовжньому згині елементів щогл і башт	»»
7	Додаток H [довідковий] – Довжина повздовжнього згину і гнучкість елементів	»»

### НБ.4 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОЖЕЛЕДНО-ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ [5]

**НБ.4.1** Ожеледно-вітрові навантаження слід враховувати як сукупність ваги ожеледних відкладень і нормального тиску вітру на покриті ожеледдю елементи.

**НБ.4.2** Ожеледно-вітрові навантаження є змінними короточасними навантаженнями, для кожної складової яких (ожеледних відкладень і вітру) встановлено граничні розрахункові значення.

**НБ.4.3** Граничне розрахункове значення ваги ожеледних відкладень визначається за формулою

$$G_m = G_e \gamma_{fm}, \quad (\text{НБ.4.1})$$

де  $\gamma_{fm}$  – коефіцієнт надійності за граничним значенням ваги ожеледних відкладень, що визначається згідно з НБ.4.9;

$G_e$  – характеристичне значення ваги ожеледних відкладень, що визначається за НБ.4.4 для лінійного ожеледного навантаження, і за НБ.4.5 для поверхневого ожеледного навантаження. ▽

**НБ.4.4** Характеристичне значення лінійного ожеледного навантаження (Н/м) для елементів кругового перерізу діаметром до 70 мм включно (проводів, тросів, відтяжок щогл, вант тощо) слід визначати за формулою:

$$G_e = \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g 10^{-3}, \quad (\text{НБ.4.2})$$

де  $b$  – товщина стінки ожеледі, мм, що визначається за таблицею НБ.4.1 з урахуванням вимог НБ.4.6;

$k$  – коефіцієнт, який враховує зміну товщини стінки ожеледі по висоті  $h$  і приймається за таблицею НБ.4.2;

$d$  – діаметр проводу, троса, мм;

$\mu_1$  – коефіцієнт, що враховує зміну товщини стінки ожеледі залежно від діаметра елементів кругового перерізу  $d$  і приймається за таблицею НБ.4.3;

$\rho$  – густина льоду, яка приймається 0,9 г/см<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

**Таблиця НБ.4.1** – Значення товщини стінки ожеледі  $b$ 

Висота над поверхнею землі $h$ , м	Товщина стінки ожеледі $b$ , мм	
	1–3 ожеледні райони	4–6 ожеледні райони та гірські місцевості
200	35	Приймається на підставі спеціальних обстежень
300	45	Те саме
400	60	»»

**Таблиця НБ.4.2** – Значення коефіцієнта  $k$ 

Висота над поверхнею землі $h$ , м	5	10	20	30	50	70	100
Коефіцієнт $k$	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

**Таблиця НБ.4.3** – Значення коефіцієнта  $\mu_1$ 

Діаметр дроту, троса чи каната $d$ , мм	5	12	20	30	50	70
Коефіцієнт $\mu_1$	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Примітки (до таблиці НБ.4.1–НБ.4.3).

**Примітка 1.** Проміжні значення величин слід визначати лінійною інтерполяцією.

**Примітка 2.** Товщину стінки ожеледі на підвішених горизонтальних елементах кругового перерізу (тросах, проводах, канатах) допускається приймати на висоті розташування їхнього приведеного центра ваги.

**Примітка 3.** Товщину стінки ожеледі на провід діаметром до 10 мм слід приймати, як на провід діаметром 10 мм.

**Примітка 4.** Для визначення ожеледного навантаження на горизонтальні елементи кругової циліндричної форми діаметром до 70 мм товщину стінки ожеледі, наведену в таблиці НБ.4.1, слід знижувати на 10 %.

**НБ.4.5** Характеристичне значення для поверхневого ожеледного навантаження ( $G_e$ ) на площинні елементи слід визначати за формулою:

$$G_e = bk\mu_2\rho g, \quad (\text{НБ.4.3})$$

де  $\mu_2$  – відношення площі поверхні елемента, що піддається обледенінню, до повної площі поверхні елемента. За відсутності даних спостережень допускається приймати  $\mu_2$  таким, що дорівнює 0,6.

Інші позначки такі самі, як у формулі (НБ.4.2).

**НБ.4.6** Характеристичне значення товщини стінки ожеледі  $b$  (мм), яке перевищується в середньому один раз за 50 років на елементах кругового перерізу діаметром 10 мм, розташованих на висоті 10 м над поверхнею землі, визначається залежно від ожеледного району по карті (рисунок НБ.4.1).

Товщина стінки ожеледі  $b$  (мм) на висоті 200 м і вище приймається за таблицею НБ.4.1.

Для гірських районів Карпат і Криму, а також у дуже пересічених місцевостях (на вершинах гір і пагорбів, на перевалах, на високих насипах, у закритих гірських долинах, улоговинах, глибоких виїмках тощо) дані про товщину стінки ожеледі слід приймати на підставі спеціальних спостережень.

**НБ.4.7** Граничне розрахункове значення нормального тиску вітру на покриті ожеледдю елементи визначається за формулою:

$$W_g = W_0\gamma_{fw}, \quad (\text{НБ.4.5})$$

де  $\gamma_{fw}$  – коефіцієнт надійності за граничним значенням нормального тиску вітру на покриті ожеледдю елементи, що визначається згідно з НБ.4.10.

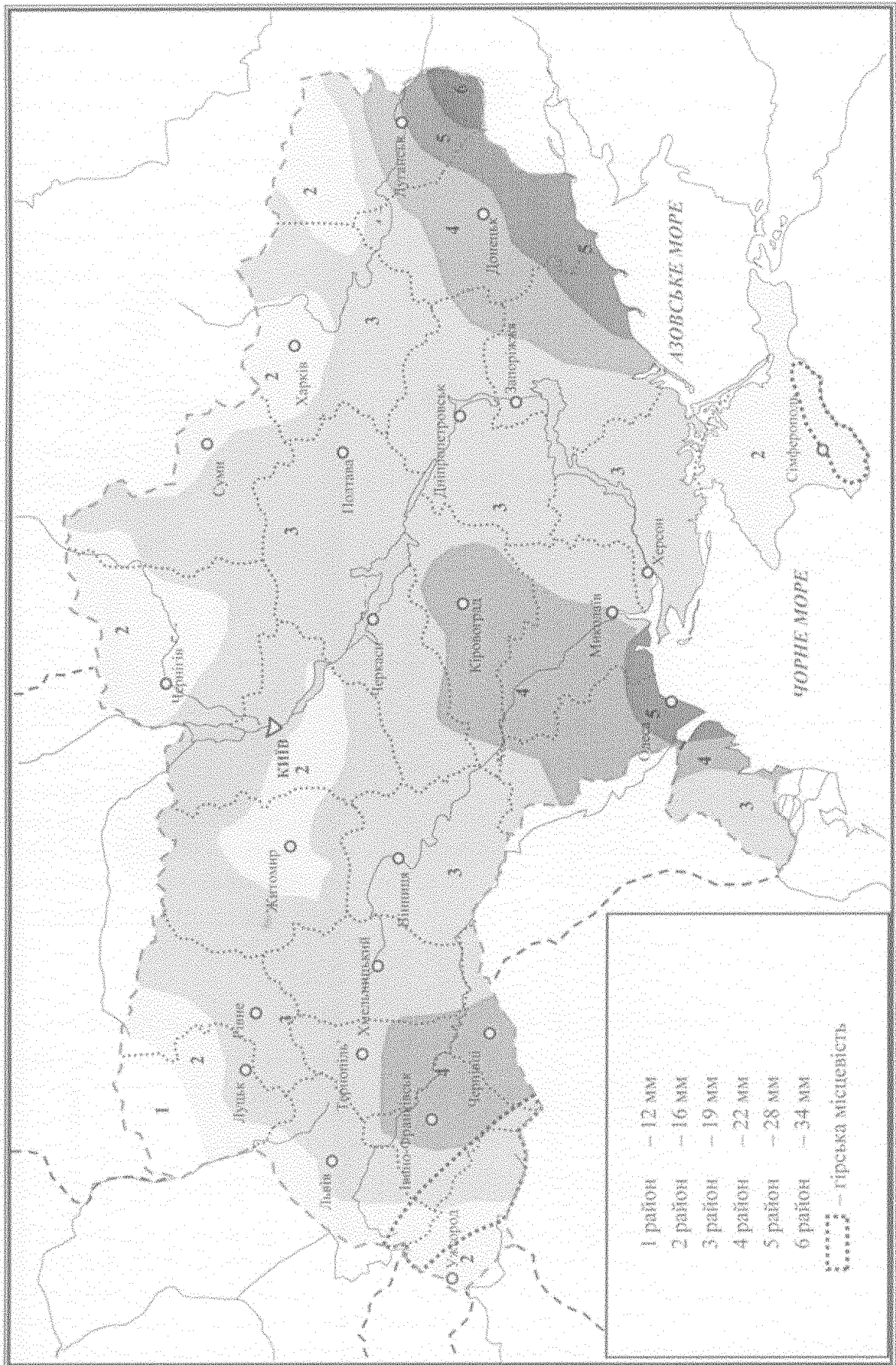


Рисунок НБ.4.1 – Карта районування території України за характеристичними значеннями товщини стінки ожеледі



**НБ.4.8** Характеристичне значення нормального тиску вітру на вкриті ожеледдю елементи на висоті 10 м над поверхнею землі, яке перевищується один раз за 50 років ( $W_B$ ), приймається залежно від вітрового району при ожеледі по карті (рисунок НБ.4.2).

Для гірських районів Карпат і Криму дані про вітровий тиск при ожеледі необхідно приймати на підставі спеціальних спостережень.

Тиск вітру  $W_0$  на вкриті ожеледдю елементи визначають згідно з вимогами ДСТУ-Н Б EN 1991-1-4.

**НБ.4.9** Коефіцієнт надійності за граничним значенням ваги ожеледних відкладень  $\gamma_{fm}$  визначається залежно від заданого середнього періоду повторюваності  $T$  за таблицею НБ.4.4.

**Таблиця НБ.4.4** – Коефіцієнт надійності за граничним значенням ваги ожеледних відкладень  $\gamma_{fm}$

$T$ , років	5	10	15	25	40	50	70	100	150	200	300	500
$\gamma_{fm}$	0,46	0,63	0,72	0,84	0,95	1,00	1,08	1,16	1,25	1,32	1,42	1,53

**Примітка.** Проміжні значення коефіцієнта  $\gamma_{fm}$  слід визначати лінійною інтерполяцією.

**НБ.4.10** Коефіцієнт надійності за граничним значенням нормального тиску вітру на покриті ожеледдю елементи  $\gamma_{fw}$  визначається залежно від заданого середнього періоду повторюваності  $T$  за таблицею НБ.4.5. Середній період повторюваності  $T$  визначається за НБ.4.11.

**Таблиця НБ.4.5** – Коефіцієнт надійності за граничним значенням нормального тиску вітру на покриті ожеледдю елементи  $\gamma_{fw}$

$T$ , років	5	10	15	25	40	50	70	100	150	200	300	500
$\gamma_{fw}$	0,45	0,61	0,71	0,83	0,95	1,00	1,08	1,16	1,26	1,33	1,43	1,55

**Примітка.** Проміжні значення коефіцієнта  $\gamma_{fw}$  слід визначати лінійною інтерполяцією.

**НБ.4.11** Для об'єктів масового будівництва допускається середній період повторюваності  $T$  приймати таким, що дорівнює встановленому терміну експлуатації конструкції  $T_{ef}$ .

Для об'єктів, що мають підвищений рівень відповідальності, для яких технічним завданням встановлена імовірність  $P$  неперевикнення (забезпеченість) граничного розрахункового значення ожеледно-вітрових навантажень протягом встановленого терміну служби, середній період повторюваності граничного розрахункового значення ожеледно-вітрових навантажень обчислюється за формулою:

$$T = T_{ef} K_p, \quad (\text{НБ.4.6})$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що визначається за таблицею НБ.4.6 залежно від імовірності  $P$ .

**Таблиця НБ.4.6** – Значення коефіцієнта  $K_p$

$P$	0,37	0,5	0,6	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99
$K_p$	1,00	1,44	1,95	4,48	6,15	9,50	19,50	99,50

**Примітка.** Проміжні значення коефіцієнта  $K_p$  слід визначати лінійною інтерполяцією.

**НБ.4.12** При визначенні вітрових навантажень на елементи споруд, розташованих на висоті понад 100 м над поверхнею землі, діаметр обледенілих проводів і тросів, установлений з урахуванням товщини стінки ожеледі, наведеної в таблиці НБ.4.1, для ожеледно-вітрових районів 1–3 за рисунком НБ.4.1 необхідно множити на коефіцієнт, що дорівнює 1,5.

**НБ.4.13** Температуру повітря при ожеледі незалежно від висоти споруд слід приймати в гірських районах з висотою: понад 1000 м – мінус 10 °С; для решти територій для споруд висотою до 100 м – мінус 5 °С, понад 100 м – мінус 10 °С.



**7 Текст Національного стандарту доповнити додатком НВ:**

**"ДОДАТОК НВ  
(довідковий)**

### **БІБЛІОГРАФІЯ**

[1] ДБН А.1.1-94:2010 Система стандартизації та нормування у будівництві. Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення;

[2] ДСТУ Б В.2.5-38 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд;

[3] ПУЕ-2009 Правила улаштування електроустановок;

[4] Наказ Державіаслужби № 201 від 17.03.2006р "Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України";

[5] ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування.

"

Код УКУД: 91.080.10

**Ключові слова:** вібрації, відтяжка, втома, матеріали, міцність, придатність, навантаження, ожеледь.

\*\*\*\*\*

Редактор – А.О. Луковська  
Комп'ютерна верстка – І.С.Дмитрук

Формат 60x84<sup>1/8</sup>. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".  
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".  
вул. М. Кривоноса, 2А, м. Київ-37, 03037, Україна.  
Тел. 249-36-62

Відділ реалізації: тел.факс (044) 249-36-62 (63, 64)  
E-mail: uabi90@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців  
ДК № 690 від 27.11.2001 р.