



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЄВРОКОД 9. ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ
КОНСТРУКЦІЙ**

**Частина 1-4. Холодноформовані листи
(EN 1999-1-4:2007, IDT)**

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:201X

(проект, остаточна редакція)

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

201X

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського»

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Гордєєв**, д.т.н., проф. (науковий керівник), **А. Гром**, к.т.н., **О. Кордун**, **Я. Левченко**, **Г. Ленда**, **Я. Лимар**, **К. Павлова**, **О. Шимановський**, д.т.н.

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від «___» _____ 20__ № _____

3 Національний стандарт відповідає EN 1999-1-4:2007 Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-4: Cold-formed structural sheeting. (Еврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-4. Холодноформовані листи) з технічною поправкою EN1999-1-4-2007/AC-2009 та зміною EN1999-1-4-2007/A1-2011.
Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

Цей стандарт видано з дозволу CEN

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований
і розповсюджений як офіційне видання без дозволу
Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України**

Мінрегіон України, 201X

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад EN 1999-1-4:2007 Eurocode 9 - Design of aluminium structures - Part 1-4: Cold-formed structural sheeting (Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-4. Холодноформовані листи) з технічною поправкою EN1999-1-4-2007/AC-2009 та зміною EN1999-1-4-2007/A1-2011.

EN 1999-1-4:2007 підготовлено Технічним комітетом CEN/TC 250, секретаріатом якого керує BSI.

До національного стандарту долучено англomовний текст.

На території України як національний стандарт діє ліва колонка тексту ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:2007 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-4. Холодноформовані листи (EN 1999-1-4:2007, IDT)», викладена українською мовою.

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

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству.

Науково-технічна організація, відповідальна за цей стандарт – Товариство з обмеженою відповідальністю «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 EN 1999-1-4:2007» у цей «національний вступ» взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- національний довідковий додаток наведено як настанову для користувачів.

Копії МС, не прийнятих як національні стандарти, на які є посилання в EN 1999-1-4:2007, можна отримати в Головному фонді нормативних документів ДП «УкрНДНЦ».

Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилання на які є в EN 1999-1-4:2007, наведено в додатку НА.

Технічна поправка EN1999-1-4-2007/AC-2009 та зміна EN1999-1-4-2007/A1-2011 до EN 1999-1-4:2007 подані в кінці ДСТУ-Н Б EN 1999-1-5:201X після бібліографії.

ЗМІСТ

| | | С |
|---|---|------|
| Вступ | Foreword | VIII |
| Основи програми Єврокоду | Background of the Eurocode programme | 1 |
| Статус та галузь застосування Єврокодів | Status and field of application of eurocodes | 3 |
| Національні стандарти, що впроваджують Єврокоди | National Standards implementing Eurocodes | 4 |
| Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs та ETAs) для виробів | Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products | 5 |
| Національний додаток до EN 1999-1-4:2007 | National annex for EN 1999-1-4:2007 | 5 |
| 1 Загальні положення | 1 General | 6 |
| 1.1 Галузь застосування | 1.1 Scope | 6 |
| 1.1.1 Галузь застосування EN 1999 | 1.1.1 Scope of EN 1999 | 6 |
| 1.1.2 Галузь застосування EN 1999-1-4 | 1.1.2 Scope of EN 1999-1-4 | 7 |
| 1.2 Нормативні посилання | 1.2 Normative references | 8 |
| 1.2.1 Загальні посилання | 1.2.1 General references | 8 |
| 1.2.2 Посилання на проектування конструкцій | 1.2.2 References on structural design | 8 |
| 1.2.3 Матеріали та випробування матеріалів | 1.2.3 Materials and materials testing | 8 |
| 1.2.4 Посилання на кріпильні деталі | 1.2.4 References on fasteners | 9 |
| 1.2.5 Інші посилання | 1.2.5 Other references | 9 |
| 1.3 Терміни та визначення | 1.3 Terms and definitions | 10 |
| 1.4 Позначення | 1.4 Symbols | 11 |
| 1.5 Геометрія та умовні позначення розмірів | 1.5 Geometry and conventions for dimensions | 12 |
| 1.5.1 Види профілів | 1.5.1 Form of sections | 12 |
| 1.5.2 Види елементів жорсткості | 1.5.2 Form of stiffeners | 12 |
| 1.5.3 Розміри поперечних перерізів | 1.5.3 Cross-section dimensions | 13 |
| 1.5.4 Умовні позначення осей | 1.5.4 Convention for member axis | 14 |
| 2 Основи проектування | 2 Basis of design | 14 |
| 3 Матеріали | 3 Materials | 15 |
| 3.1 Загальні положення | 3.1 General | 15 |
| 3.2 Конструкційні алюмінієві сплави | 3.2 Structural aluminium alloys | 16 |
| 3.2.1 Властивості матеріалів | 3.2.1 Material properties | 16 |
| 3.2.2 Товщина та геометричні допуски | 3.2.2 Thickness and geometrical tolerances | 17 |
| 3.3 Механічні кріпильні деталі | 3.3 Mechanical fasteners | 17 |
| 4 Довговічність | 4. Durability | 18 |
| 5 Розрахунок конструкцій | 5 Structural analysis | 18 |
| 5.1 Вплив заокруглених кутів | 5.1 Influence of rounded corners | 18 |
| 5.2 Геометричні пропорції | 5.2 Geometrical proportions | 21 |
| 5.3 Модування конструкцій для розрахунку | 5.3 Structural modelling for analysis | 21 |
| 5.4 Жолоблення полиць | 5.4 Flange curling | 22 |
| 5.5 Місцева та загальна втрата стійкості | 5.5 Local and distortional buckling | 23 |
| 5.5.1 Загальні положення | 5.5.1 General | 23 |
| 5.5.2 Плоскі частини поперечного перерізу без елементів жорсткості | 5.5.2 Plane cross-section parts without stiffeners | 23 |
| 5.5.3 Плоскі частини поперечного перерізу з | 5.5.3 Plane cross-section parts with | |

| | | |
|---|---|----|
| проміжними елементами жорсткості | intermediate stiffeners | 26 |
| 5.5.4 Трапецієвидні профільовані листи з проміжними елементами жорсткості | 5.5.4 Trapezoidal sheeting profiles with intermediate stiffeners | 36 |
| 6 Граничні стани за несучою здатністю | 6 Ultimate limit states | 42 |
| 6.1 Опір поперечних перерізів | 6.1 Resistance of cross-sections | 42 |
| 6.1.1 Загальні положення | 6.1.1 General | 42 |
| 6.1.2 Поздовжній розтяг | 6.1.2 Axial tension | 43 |
| 6.1.3 Поздовжній стиск | 6.1.3 Axial compression | 43 |
| 6.1.4 Згинальний момент | 6.1.4 Bending moment | 45 |
| 6.1.5 Перерізувальна сила | 6.1.5 Shear force | 48 |
| 6.1.6 Кручення | 6.1.6 Torsion | 49 |
| 6.1.7 Місцеві поперечні сили | 6.1.7 Local transverse forces | 50 |
| 6.1.8 Сумісна дія розтягу та згину | 6.1.8 Combined tension and bending | 55 |
| 6.1.9 Сумісна дія стиску та згину | 6.1.9 Combined compression and bending | 55 |
| 6.1.10 Сумісна дія перерізувальної сили, поздовжньої сили та згинального моменту | 6.1.10 Combined shear force, axial force and bending moment | 55 |
| 6.1.11 Сумісна дія згинального моменту та місцевого навантаження чи реакції опори | 6.1.11 Combined bending moment and local load or support reaction | 55 |
| 6.2 Опір втраті стійкості | 6.2 Buckling resistance | 56 |
| 6.2.1 Загальні положення | 6.2.1 General | 57 |
| 6.2.2 Поздовжній стиск | 6.2.2 Axial compression | 58 |
| 6.2.3 Згин та поздовжній стиск | 6.2.3 Bending and axial compression | 59 |
| 6.3 Проектування з урахуванням роботи обшивки | 6.3 Stressed skin design | 60 |
| 6.3.1 Загальні положення | 6.3.1 General | 60 |
| 6.3.2 Робота діафрагми | 6.3.2 Diaphragm action | 61 |
| 6.3.3 Необхідні умови | 6.3.3 Necessary conditions | 62 |
| 6.3.4 Діафрагми з профільованого алюмінієвого листа | 6.3.4 Profiled aluminium sheet diaphragms | 63 |
| 6.4 Перфорована обшивка з отворами у формі рівнобічних трикутників | 6.4 Perforated sheeting with the holes arranged in the shape of equilateral triangles | 65 |
| 7 Граничні стани за експлуатаційною придатністю | 7 Serviceability limit states | 66 |
| 7.1 Загальні положення | 7.1 General | 66 |
| 7.2 Пластичні деформації | 7.2 Plastic deformation | 67 |
| 7.3 Прогини | 7.3 Deflections | 67 |
| 8 З'єднання механічними кріпильними деталями | 8 Joints with mechanical fasteners | 67 |
| 8.1 Загальні положення | 8.1 General | 67 |
| 8.2 Глухі заклепки | 8.2 Blind rivets | 69 |
| 8.2.1 Загальні положення | 8.2.1 General | 69 |
| 8.2.2 Розрахунковий опір заклепкових з'єднань під зрізувальним навантаженням | 8.2.2 Design resistances of riveted joints loaded in shear | 70 |
| 8.2.3 Розрахунковий опір заклепкових з'єднань під розтягуювальним навантаженням | 8.2.3 Design resistances for riveted joints loaded in tension | 70 |
| 8.3 Самонарізальні та самосвердлувальні гвинти | 8.3 Self-tapping / self-drilling screws | 71 |
| 8.3.1 Загальні положення | 8.3.1 General | 71 |
| 8.3.2 Розрахунковий опір гвинтових з'єднань під зрізувальним навантаженням | 8.3.2 Design resistance of screwed joints loaded in shear | 72 |
| 8.3.3 Розрахунковий опір гвинтових з'єднань | 8.3.3 Design resistance of screwed joints | 73 |

пр. ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:201X

під розтягувальним навантаженням

9 Проектування за допомогою випробувань

Додаток А [обов'язковий] Процедури випробувань

- A.1 Загальні положення
- A.2 Випробування профільованих листів
 - A.2.1 Загальні положення
 - A.2.2 Випробування одного прогону
 - A.2.3 Випробування двох прольотів
 - A.2.4 Випробування проміжної опори
 - A.2.5 Випробування крайньої опори
- A.3 Обробка результатів випробувань
 - A.3.1 Загальні положення
 - A.3.2 Уточнення результатів випробувань
 - A.3.3 Характеристичні значення
 - A.3.4 Розрахункові значення
 - A.3.5 Експлуатаційна придатність

Додаток Б [довідковий] Строк роботи кріпильних деталей

Бібліографія

Додаток НА (довідковий)

Технічна поправка

EN1999-1-4-2007/AC-2009

Зміна EN1999-1-4-2007/A1-2011

loaded in tension

9 Design assisted by testing

Annex A [normative] – Testing procedures

- A.1 General 77
- A.2 Tests on profiled sheets 77
 - A.2.1 General 77
 - A.2.2 Single span test 79
 - A.2.3 Double span test 79
 - A.2.4 Internal support test 79
 - A.2.5 End support test 82
- A.3 Evaluation of test results 83
 - A.3.1 General 83
 - A.3.2 Adjustment of test results 83
 - A.3.3 Characteristic values 84
 - A.3.4 Design values 86
 - A.3.5 Serviceability 87

Annex B [informative] – Durability of fasteners

Bibliography

Annex NA (informative)

Modification

EN1999-1-4-2007/AC-2009

Modification EN1999-1-4-2007/A1-2011 100

Вступ

Даний документ (EN 1999-1-4:2007) був підготовлений Технічним Комітетом CEN/TC 250 “Будівельні Єврокоди”, секретаріат якого підтримується BSI.

Цьому Європейському стандарту буде наданий статус національного з публікацією ідентичного тексту або схваленням не пізніше листопада 2007 року і при скасуванні конфлікуючих національних стандартів не пізніше березня 2010 року.

CEN/TC 250 несе відповідальність за усі Будівельні Єврокоди. У відповідності з внутрішніми постановами CEN/CENELEC національні органи зі стандартизації таких країн зобов’язані здійснити імплементацію цього Європейського стандарту: Австрія, Бельгія, Болгарія, 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, Швейцарія, Швеція.

Foreword

This European Standard (EN 1999-1-4:2007) has been prepared by Technical Committee CEN/TC250 «Structural Eurocodes », the secretariat of which is held by BSI.

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

CEN/TC 250 is responsible for all Structural Eurocodes. According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Bulgaria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italia, Latvia, Lithuania, Luxemburg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 9. ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЧАСТИНА 1-4. ХОЛОДНОФОРМОВАНІ ЛИСТИ

ЕВРОКОД 9: ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЧАСТЬ 1-4. ХОЛОДНОФОРМИРОВАННЫЕ ЛИСТЫ

EUROCODE 9: DESIGN OF ALUMINIUM STRUCTURES PART 1-4: COLDFORMED STRUCTURAL SHEETING

Чинний від _____

Основи програми Єврокоду

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 Робочого комітету, до складу якого входили представники держав-членів, вела розробку програми Єврокодів, яка призвела до публікації комплексу 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 угоди¹ між Комісією та СЕН (Європейським комітетом зі стандартизації) вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів СЕН за допомогою серії Мандатів, що в результаті надало б Єврокодам у майбутньому статусу Європейського стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і Рішень

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 1980s.

In 1989, the Commission and the Member States of the EU and EFTA decided, on the basis of an agreement¹ between the Commission and CEN, to transfer the preparation and the publication of the Eurocodes to the CEN through a series of Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN). This links de facto the Eurocodes with the provisions of all the Council's Directives and/or Commission's Decisions dealing with European standards (e.g. the Council

Комісії щодо Європейських стандартів (тобто Директиви Ради 89/106/EEC щодо будівельних виробів – CPD – та Директив Ради 93/37/EEC, 92/50/EEC та 89/440/EEC відносно суспільних робіт та послуг і еквівалентних директив EFTA, започаткованих з метою 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.

¹Угода між Комісією Європейської Спільноти та Європейським комітетом зі стандартизації (CEN) щодо роботи над Єврокодами для проектування будівель і споруд (BC/CEN/03/89).

Directive 89/106/EEC on construction products - CPD – and Council Directives 93/37/EEC, 92/50/EEC and 89/440/EEC on public works and services and equivalent EFTA Directives initiated in pursuit of setting up the internal market).

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

EN 1990 Eurocode 0: Basis of Structural Design

EN 1991 Eurocode 1: Actions on structures

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

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

EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures

EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures

EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium structures

Eurocode standards 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.

¹Agreement 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).

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/ЕЕС, зокрема основній вимозі № 1 – Механічна міцність та стійкість – і основній вимозі № 2 – Пожежна безпека;

– як основа для укладання контрактів для будівель і споруд та пов'язаних з ними інженерних послуг;

– як основа для складання узгоджених технічних специфікацій для будівельних виробів (ENs та ETAs).

Єврокоди, оскільки вони безпосередньо відносяться до будівельних споруд, мають прямий зв'язок із тлумачними документами² розділу 12 CPD, незважаючи на те, що вони мають різну природу з гармонізованими стандартами на вироби³. 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.

²Відповідно 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 для гармонізованих ENs та ETAGs/ETAs.

³Відповідно до ст. 12 CPD тлумачні документи мають:

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

б) вказати методи встановлення співвідношення між цими класами або рівнями вимог із технічними вимогами, наприклад, методи розрахунку і перевірки, технічні правила проектування і т. ін.;

с) слугувати рекомендацією для встановлення узгоджених стандартів і настанов для Європейського технічного ухвалення.

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

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 No.1 – Mechanical resistance and stability, and Essential Requirement No 2 – Safety in case of fire

- as a basis for specifying contracts for the execution of construction works and related engineering services

- as a framework for drawing up harmonised technical specifications for construction products (EN's and ETA's)

The Eurocodes, as far as they concern the construction works themselves, have a direct relationship with the Interpretative Documents² referred to in Article 12 of the CPD, although they are of a different nature from harmonised product standards³. Therefore, technical aspects arising from the Eurocodes work need to be adequately considered by CEN Technical Committees and/or EOTA Working Groups working on product standards with a view to achieving full compatibility of these technical specifications with the Eurocodes..

²According 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.

³According 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.

Стандарти Єврокодів регламентують загальні правила проектування для практичного використання всіх конструкцій та їх компонентів як традиційного, так і інноваційного характеру. Унікальні форми конструкції або умови проектування спеціально не охоплюються, і в таких випадках проектувальнику потрібен додатковий експертний розгляд.

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 відносно 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 зведені у зацікавленій країні, а саме:

- значення часткових коефіцієнтів надійності та/або класифікацію випадків, для яких Єврокод регламентує використання альтернатив;
- значення, які слід використовувати там, де в Єврокодi наведено тільки позначення;
- специфічні дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта вітру;
- конкретні методики для тих випадків, коли Єврокод регламентує використання альтернатив.
- посилання на несуперечну додаткову інформацію, що може допомогти користувачу у використанні Єврокоду

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

National Standards implementing Eurocodes

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

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

**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 та будівельних робіт⁴. Крім того, у повній інформації, яка супроводжує CE маркування будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, має бути чітко зазначено, які національно визначені параметри були взяті до уваги.

**Національний додаток
для EN 1999-1-4**

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

Національним вибором дозволено ввійти до EN 1999-1-4 за допомогою:

2(3)
2(4)
2(5)
3.1(3)
7.3(3)
A.1(1)
A.3.4(3)

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

**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 works⁴. Furthermore, all the information accompanying the CE Marking of the construction products which refer to Eurocodes shall clearly mention which Nationally Determined Parameters have been taken into account.

**National annex
for EN 1999-1-4**

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 1999-1-4 should have a National Annex containing all Nationally Determined Parameters to be used for the design of aluminium structures to be constructed in the relevant country.

National choice is allowed in EN 1999-1-4 through clauses:

2(3)
2(4)
2(5)
3.1(3)
7.3(3)
A.1(1)
A.3.4(3)

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

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Галузь застосування

1.1.1 Галузь застосування EN 1999

(1)Р Стандарт EN 1999 регламентує питання проектування конструкцій будівель та споруд цивільного призначення з алюмінію. Він реалізує принципи і нормативні вимоги безпеки та придатності до експлуатації конструкцій, основні положення розрахунку і перевірки будівельних конструкцій, що викладені у документі EN 1990 – Основи проектування конструкцій.

(2) Стандарт EN 1999 висуває вимоги тільки до опору, придатності до експлуатації, довговічності та вогнестійкості алюмінієвих конструкцій. Інші вимоги, наприклад, ті, які стосуються тепло- або звукоізоляції конструкцій, у даному стандарті не розглядаються.

(3) Стандарт EN 1999 повинен використовуватися разом з наступними документами:

– EN 1990: “Основи проектування конструкцій”

– EN 1991 “Дії на конструкції”

– Європейські стандарти на вироби будівельної індустрії, які мають відношення до алюмінієвих конструкцій

– EN 1090-1: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – ч.1, Вимоги до забезпечення відповідності стандартам елементів будівельних конструкцій⁵

– EN 1090-3: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – ч.3, Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій⁵

(4) Стандарт EN 1999 включає п'ять частин:

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

1 GENERAL

1.1 Scope

1.1.1 Scope of EN 1999.

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

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

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

– EN 1990 “Basis of structural design”

– EN 1991 “Actions on structures”

– European Standards construction products relevant for aluminium structures

– EN 1090-1: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components⁵

– EN 1090-3: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures⁵

(4) EN 1999 is subdivided in five parts:

EN 1999-1-1 Design of Aluminium Structures: General structural rules.

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

EN 1999-1-3 Проектування алюмінієвих конструкцій: Конструкції, чутливі до витривалості.

EN 1999-1-4 Проектування алюмінієвих конструкцій: Холодноформовані профільовані листи.

EN 1999-1-5 Проектування алюмінієвих конструкцій: Конструкції оболонки.

1.1.2 Галузь застосування EN 1999-1-4

(1)P В EN 1999-1-4 надані вимоги щодо проектування холодноформованих трапецієвидних алюмінієвих профільованих листів. Він поширюється на холодноформовані алюмінієві вироби, які виготовлені холодним способом з гарячекатаних або холоднокатаних листів чи смуг шляхом роликового гнуття чи пресування. Виконання робіт з алюмінієвих конструкцій, що виготовлені з холодноформованих листів розглядається у 1090-3.

Примітка. Норми у цій частині доповнюють норми в інших частинах EN 1999-1.

(2) Також наведено методи проектування з урахуванням роботи обшивки з використанням алюмінієвих профільованих листів в якості конструктивної діафрагми.

(3) Ця частина не відноситься до холодноформованих алюмінієвих профілів, таких як C-, Z- і їм подібних профілів, холодноформованих та зварних круглих чи прямокутних пустотілих профілів.

(4) EN 1999-1-4 включає методи проектування на основі розрахунків та випробувань. Проектування на основі розрахунків використовуються тільки для матеріалів з відомими властивостями та геометричними характеристиками, що вже пройшли випробування і досвід проектування яких вже існує. Ці обмеження не розповсюджуються на проектування з випробуваннями.

EN 1999-1-2 Design of Aluminium Structures: Structural fire design.

EN 1999-1-3 Design of Aluminium Structures: Structures susceptible to fatigue.

EN 1999-1-4 Design of Aluminium Structures: Cold-formed structural sheeting.

EN 1999-1-5 Design of Aluminium Structures: Shell structures

1.1.2 Scope of EN 1999-1-4

(1)P EN 1999-1-4 gives design requirements for cold-formed trapezoidal aluminium sheeting. It applies to cold-formed aluminium products made from hot rolled or cold rolled sheet or strip that have been cold-formed by such processes as cold-rolled forming or press-breaking. The execution of aluminium structures made of cold-formed sheeting is covered in EN 1090-3.

NOTE: The rules in this part complement the rules in other parts of EN 1999-1.

(2) Methods are also given for stressed-skin design using aluminium sheeting as a structural diaphragm.

(3) This part does not apply to cold-formed aluminium profiles like C-, Z- etc profiles nor cold-formed and welded circular or rectangular hollow sections.

(4) EN 1999-1-4 gives methods for design by calculation and for design assisted by testing. The methods for the design by calculation apply only within stated ranges of material properties and geometrical properties for which sufficient experience and test evidence is available. These limitations do not apply to design by testing.

⁵ Буде опубліковано

⁵ To be published

пр. ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:201X

(5) В EN 1999-1-4 не розглядаються навантаження, що виникають під час зведення та експлуатації.

1.2 Нормативні посилання

(1) Наступні документи є обов'язковими для використання даного документу. Для датованих посилань використовуються лише зазначені видання. Для недатованих посилань використовується останнє видання документу, на який посилаються (включаючи будь-які зміни).

1.2.1 Загальні посилання

EN 1090-1: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – ч.1, Вимоги до забезпечення відповідності стандартам елементів будівельних конструкцій⁶

EN 1090-3: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – ч.3, Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій⁶

1.2.2 Посилання на проектування конструкцій

EN 1990 Єврокод: Основи проектування конструкцій

EN 1991 Єврокод 1: Дії на конструкції– усі частини

EN 1995-1-1 Eurocode 5: Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1 Загальні правила та правила для споруд

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

1.2.3 Матеріали та випробування матеріалів

EN 485-2:1994 Алюміній та алюмінієві сплави - Тонкі листи, смуги та пластини – Частина 2. Механічні властивості

EN 508-2:2000 Покрівельні вироби з металевого листа - Специфікації на самонесучі вироби із сталі, алюмінію та нержавіючої сталі- Частина 2. Алюміній

(5) EN 1999-1-4 does not cover load arrangement for loads during execution and maintenance

1.2 Normative references

(1) The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

1.2.1 General references

EN 1090-1: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components⁶

EN 1090-3: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 3: Technical requirements for aluminium structures⁶

1.2.2 References on structural design

EN 1990 Eurocode 0 - Basis of structural design

EN 1991 Eurocode 1 – Action on structures – All parts

EN 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1 General rules and rules for buildings

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

1.2.3 Materials and materials testing

EN 485-2:1994 Aluminium and aluminium alloys - Sheet, strip and plate - Part 2: Mechanical properties

EN 508-2:2000 Roofing products from metal sheet - Specification for self-supporting products of steel, aluminium or stainless steel sheet - Part 2: Aluminium

EN 1396:1996 Алюміній та алюмінієві сплави – Тонкі листи та смуги з покриттям у рулонах для загального використання - Специфікації

EN 10002-1 Сталеві матеріали – Випробування на розтяг – частина 1: Методи випробувань при температурі навколишнього середовища

EN 10088 Неіржавіючі сталі – частина 1: Перелік неіржавіючих сталей

1.2.4 Посилання на кріпильні деталі

EN ISO 1479 Гвинти-самонарізальні з шестигранною головкою

EN ISO 1481 Гвинти-самонарізальні з циліндричною головкою та шліцем

EN ISO 15480 Гвинти самосвердлувальні самонарізальні з шестигранною головкою з буртом.

EN ISO 15481 Гвинти самосвердлувальні самонарізальні з циліндричною скругленою головкою та хрестоподібним шліцом.

EN ISO 15973 Закриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та виступаючою головкою

EN ISO 15974 Закриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та потайною головкою

EN ISO 15977 Відкриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та виступаючою головкою

EN ISO 15978 Відкриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та потайною головкою

EN ISO 15981 Відкриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та виступаючою головкою

EN ISO 15982 Відкриті глухі заклепки зі зміцненим сердечником та потайною головкою

ISO 7049:1994 Гвинт-саморіз з хрестоподібним шліцом

1.2.5 Інші посилання

EN ISO 12944-2 Фарби та лаки – Антикорозійний захист сталевих конструкцій захисними фарбами – частина 2: Класифікація навколишнього середовища

EN 1396:1996 Aluminium and aluminium alloys - Coil coated sheet and strip for general applications- Specifications

EN 10002-1 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at ambient temperature

EN 10088 Stainless steels - Part 1: List of stainless steels

1.2.4 References on fasteners

EN ISO 1479 Hexagon head tapping screws

EN ISO 1481 Slotted pan head tapping screws

EN ISO 15480 Hexagon washer head drilling screws with tapping screw thread

EN ISO 15481 Cross recessed pan head drilling screws with tapping screw thread

EN ISO 15973 Closed end blind rivets with break pull mandrel and protruding head

EN ISO 15974 Closed end blind rivets with break pull mandrel and countersunk head

EN ISO 15977 Open end blind rivets with break pull mandrel and protruding head

EN ISO 15978 Open end blind rivets with break pull mandrel and countersunk head

EN ISO 15981 Open end blind rivets with break pull mandrel and protruding head

EN ISO 15982 Open end blind rivets with break pull mandrel and countersunk head

ISO 7049:1994 Cross recessed pan head tapping screws

1.2.5 Other references

EN ISO 12944-2 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 2: Classification of environments

1.3 Терміни та визначення

Додатково до EN 1999-1-1, у EN 1999-1-4 використовуються наступні позначення:

1.3.1 основа

плоский алюмінієвий лист, з якого шляхом холодного формування виготовляються профільовані листи

1.3.2 умовна межа текучості основи

напруження основи f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %.

1.3.3 діафрагмова робота

поведінка конструкції, яка враховує зсув у площині обшивки.

1.3.4 часткове закріплення

певне обмеження поперечного або кутового переміщення частини поперечного перерізу, що підвищує його опір поздовжньому згину

1.3.5 закріплення

повне обмеження поперечного або кутового переміщення плоскої частини поперечного перерізу, що підвищує його опір поздовжньому згину.

1.3.6 умовна гнучкість

нормалізована гнучкість, яка враховує властивості матеріалу.

1.3.7 проектування з урахуванням роботи обшивки

метод проектування, що враховує внесок діафрагмової роботи обшивки у жорсткість та міцність конструкції.

1.3.8 опора

місце, в якому елемент може передавати сили або моменти на фундамент або на інші конструктивні елементи.

1.3.9 ефективна товщина

розрахункове значення товщини для перевірки місцевої втрати стійкості плоскої частини поперечного перерізу.

1.3 Terms and definitions

Supplementary to EN 1999-1-1, for the purposes of EN 1999-1-4, the following definitions apply:

1.3.1 base material

the flat sheet aluminium material out of which profiled sheets are made by cold forming

1.3.2 proof strength of base material

the 0,2 % proof strength f_0 of the base material

1.3.3 diaphragm action

structural behaviour involving in-plane shear in the sheeting

1.3.4 partial restraint

restriction to some extent of the lateral or rotational displacement of a cross-section part, that increases its buckling resistance

1.3.5 restraint

full restriction of the lateral displacement or rotational movement of a plane cross-section part, that increases its buckling resistance

1.3.6 slenderness parameter

a normalised, material related slenderness ratio

1.3.7 stressed-skin design

a design method that allows for the contribution made by diaphragm action in the sheeting to the stiffness and strength of a structure

1.3.8 support

a location at which a member is able to transfer forces or moments to a foundation, or to another structural component

1.3.9 effective thickness

a design value of the thickness to allow for local buckling of plane cross section part.

1.3.10 *приведена ефективна товщина*

розрахункове значення товщини для перевірки загальної втрати стійкості з урахуванням рифів на другому етапі розрахунку для тих плоских частин поперечних перерізів, де допущена місцева втрата стійкості на першому етапі.

1.4 Позначення

(1) Додатково до вже наведених у EN 1999-1-1, тут використовуються наступні умовні позначення:

Розділи 1 - 6

C - поворотна жорсткість пружного елемента,

k - лінійна жорсткість пружного елемента,

θ - кут повороту,

b_p - умовна ширина смуги (що прилягає до рифу) плоскої частини поперечного перерізу;

h_w - висота стінки, виміряна між серединними лініями полиць,

s_w - похила висота стінки, виміряна між центрами кутів,

χ_d - понижувальний коефіцієнт для загальної втрати стійкості (згинальна втрата стійкості рифіс),

φ - кут між двома плоскими елементами,

ϕ - нахил стінки відносно полиць;

Розділ 8 З'єднання механічними кріпильними деталями

d_w - діаметр шайби або головки кріпильної деталі

$f_{u,min}$ - менша з границь міцності на розтяг для двох з'єднаних частин,

$f_{u,sup}$ - межа міцності на розтяг опорного елемента у якому зафіксовано гвинт,

1.3.10 *reduced effective thickness*

a design value of the thickness to allow for distortional buckling of stiffeners in a second step of the calculation procedure for plane cross section parts, where local buckling is allowed for in the first step

1.4 Symbols

(1) In addition to those given in EN 1999-1-1, the following main symbols are used:

Section 1 to 6

C rotational spring stiffness;

k linear spring stiffness;

θ rotation;

b_p notional flat width of plane cross-section part;

h_w web height, measured between system lines of flanges;

s_w slant height of web, measured between midpoints of corners;

χ_d reduction factor for distortional buckling (flexural buckling of stiffeners);

φ is the angle between two plane elements;

ϕ is the slope of the web relative to the flanges.

Section 8 Joints with mechanical fasteners

d_w diameter of the washer or the head of the fastener;

$f_{u,min}$ minor ultimate tensile strength of both connected parts;

$f_{u,sup}$ ultimate tensile strength of the supporting component into which a screw is fixed;

f_y - межа текучості опорного сталевого елемента,

t_{\min} - товщина найтоншої із з'єднаних пластин чи елементів;

t_{\sup} - товщина опорного елемента, в якому зафіксовано гвинт.

(2) Подальші символи будуть пояснюватися там, де з'являються.

1.5 Геометрія та умовні позначення розмірів

1.5.1 Види профілів

(1) Холодноформовані листи, в межах дозволених допусків, мають постійну товщину, однакову по всій довжині і постійний поперечний переріз по усій довжині.

(2) Поперечний переріз холодноформованих листів здебільшого складається з декількох прямолінійних частин поперечного перерізу з'єднаних криволінійними частинами.

(3) Типові форми поперечного перерізу для холодноформованого профільованого листа показані на рисунок 1.1

(4) Поперечний переріз холодноформованих листів може бути непідкріплений (без елементів жорсткості) чи мати поздовжні елементи жорсткості в своїх стінках та/або полицях

1.5.2 Види елементів жорсткості

(1) Типові види елементів жорсткості для холодноформованих листів показані на рисунок 1.2;

f_y yield strength of supporting component of steel;

t_{\min} thickness of the thinner connected part or sheet;

t_{\sup} thickness of the supporting member in which the screw is fixed;

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

1.5 Geometry and conventions for dimensions

1.5.1 Form of sections

(1) Cold-formed sheets have within the permitted tolerances a constant thickness nominal over their entire length and have a uniform cross-section along their length.

(2) The cross-sections of cold formed profiled sheets essentially comprise a number of plane cross-section parts joined by curved parts.

(3) Typical forms of cross-sections for cold formed profiled sheets are shown in Figure 1.1.

(4) Cross-sections of cold formed sheets can either be unstiffened or incorporate longitudinal stiffeners in their webs or flanges, or in both.

1.5.2 Form of stiffeners

(1) Typical forms of stiffeners for cold formed sheets are shown in Figure 1.2;

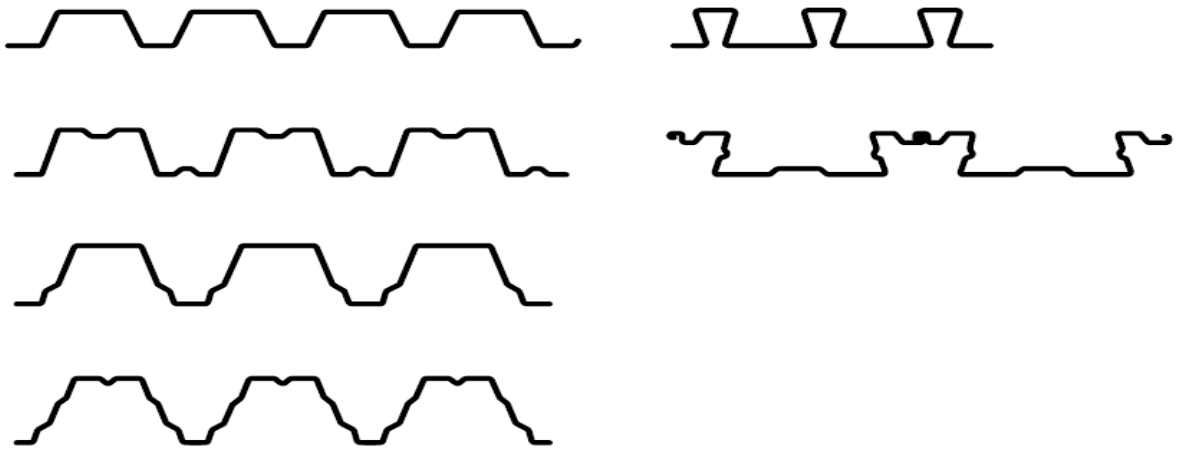


Рисунок 1.1 – Приклад холодноформованих листів
Figure 1.1 – Examples of cold-formed sheeting

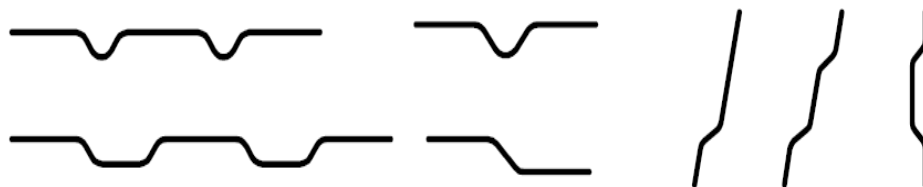


Рисунок 1.2 – Типові проміжні поздовжні елементи жорсткості
Figure 1.2 – Typical intermediate longitudinal stiffeners

1.5.3 Розміри поперечних перерізів

(1) Габаритні розміри холодноформованих листів, включаючи габаритну ширину b , габаритну висоту h , внутрішній радіус згину r та інші зовнішні розміри позначені символами без індексів, вимірюються до зовнішнього краю перерізу, якщо не вказано інше, див. рис 5.1

(2) Якщо не вказано інше, усі інші розміри поперечного перерізу холодноформованих листів, позначені символами з індексами, такі як b_p , h_w чи s_w , вимірюються або до серединної лінії листа, або до середини кута.

(3) Для похилих стінок в холодноформованих профільованих листах похила висота вимірюється паралельно до ухилу.

(4) Розгорнута висота стінки вимірюється вздовж її серединної лінії, включаючи будь-які елементи жорсткості

1.5.3 Cross-section dimensions

(1) Overall dimensions of cold-formed sheeting, including overall width b , overall height h , internal bend radius r and other external dimensions denoted by symbols without subscripts, are measured to the outer contour of the section, unless stated otherwise, see Figure 5.1.

(2) Unless stated otherwise, the other cross-sectional dimensions of cold-formed sheeting, denoted by symbols with subscripts, such as b_p , h_w or s_w , are measured either to the midline of the material or the midpoint of the corner.

(3) In the case of sloping webs of cold-formed profiled sheets, the slant height s is measured parallel to the slope.

(4) The developed height of a web is measured along its midline, including any web stiffeners.

стілки .

(5) Розгорнута ширина полиці вимірюється вздовж її середньої лінії, включаючи будь-які проміжні елементи жорсткості.

(6) Товщина t - розрахункова товщина алюмінію, якщо не вказано інше. Див 3.2.2.

1.5.4 Умовні позначення осей

(1) Для профільованих листів у EN 1999-1-4 використовуються наступні умовні позначення:

- $y-y$ - вісі, паралельні до площини обшивки.

- $z-z$ - вісі, перпендикулярні до площини обшивки.

2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

(1)Р Проектування холодноформованих листів має проводитися згідно з основними вимогами, викладеними у EN 1990 та EN 1999-1-1.

(2)Р Часткові коефіцієнти мають прийматися відповідно до граничних станів за несучою здатністю та за експлуатаційною придатністю.

(3) При розрахунках з використанням граничного стану за несучою здатністю, частковий коефіцієнт γ_M приймається як:

- для визначення опору поперечних перерізів та елементів при втраті стійкості:

$$\gamma_{M1}$$

- для визначення опору поперечних перерізів та елементів при розтягу: γ_{M2}

- для визначення опору з'єднань: γ_{M3}

Примітка. Числові значення для γ_M можна визначати згідно з національним додатком. Для будівель рекомендовано наступні числові значення: $\gamma_{M2} = 1,10$ $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$

(4) При розрахунках з використанням граничного стану за експлуатаційною придатністю, приймається частковий коефіцієнт $\gamma_{M,ser}$

(5) The developed width of a flange is measured along its midline, including any intermediate stiffeners.

(6) The thickness t is an aluminium design thickness if not otherwise stated. See 3.2.2.

1.5.4 Convention for member axis

(1) For profiled sheets the following axis convention is used in EN 1999-1-4:

- $y-y$ axis parallel to the plane of sheeting;

- $z-z$ axis perpendicular to the plane of sheeting.

2 BASIS OF DESIGN

(1)P The design of cold-formed sheeting shall be in accordance with the general rules given in EN 1990 and EN 1999-1-1.

(2)P Appropriate partial factors shall be adopted for ultimate limit states and serviceability limit states.

(3) For verification by calculation at ultimate limit states the partial factor γ_M shall be taken as follows:

- resistance of cross-sections and members to instability: γ_{M1}

- resistance of cross-sections in tension to fracture: γ_{M2}

- resistance of joints: γ_{M3}

NOTE: Numerical values for γ_M may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended for buildings: $\gamma_{M2} = 1,10$ $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$

(4) For verifications at serviceability limit states the partial factor $\gamma_{M,ser}$ should be used.

Примітка. Числові значення для $\gamma_{M,ser}$ можуть визначатися згідно з національним додатком. Для будівель рекомендовано наступні числові значення:
 $\gamma_{M,ser} = 1,0$.

(5) Для розрахунку конструкцій, виконаних з холодноформованих листів, слід розрізняти «**класи конструкцій**», що залежать від призначення конструкції і визначаються наступним чином:

Конструкції класу I: Конструкції, в яких враховується робота холодноформованих листів для забезпечення міцності та стійкості усїєї конструкції, див. 6.3.3;

Конструкції класу II: Конструкції, в яких враховується робота холодноформованих листів для забезпечення міцності та стійкості окремих частин конструкції;

Конструкції класу III: Конструкції, в яких холодноформованих листів використовуються тільки як елементи, що передають навантаження на конструкцію.

Примітка. 1 У національному додатку можуть бути правила щодо використання класів конструкцій і зв'язок з класами наслідків у EN 1990.

Примітка. 2 Для конструкцій класу I та II, вимоги щодо пробіт мають надаватися в документі про виконання, див. EN 1090-3

3 МАТЕРІАЛИ

3.1 Загальні положення

(1) Методи проектування шляхом розрахунків, наведені в EN 1999-1-4, можуть використовуватися для конструкційних сплавів зі ступенями твердості, вказаними у табл. 3.1.

(2) Для проектування шляхом розрахунків згідно EN 1999-1-4 умовна межа текучості f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %, має бути як мінімум $f_0 = 165 \text{ N/mm}^2$.

(3) Алюмінієві листи та смуги, що використовуються для холодноформованих профілів обшивки, мають бути придатними для конкретних поперечних перерізів в залежності від процесу холодного формування.

NOTE: Numerical values for $\gamma_{M,ser}$ may be defined in the National Annex. The following numerical value is recommended for buildings: $\gamma_{M,ser} = 1,0$.

(5) For the design of structures made of cold-formed sheeting a distinction should be made between “**Structural Classes**” dependent on its function in the structure defined as follows:

Structural Class I: Construction where cold-formed sheeting is designed to contribute to the overall strength and stability of the structure, see 6.3.3;

Structural Class II: Construction where cold-formed sheeting is designed to contribute to the strength and stability of individual structural components;

Structural Class III: Construction where cold-formed sheeting is used as a component that only transfers loads to the structure.

NOTE: 1 National Annex may give rules for the use of Structural Classes and the connection to Consequence Classes in EN 1990.

NOTE: 2 For Structural Class I and II the requirement for execution should be given in the execution specification, see EN 1090-3

3 MATERIALS

3.1 General

(1) The methods for design by calculation given in EN 1999-1-4 may be used for the structural alloys in the tempers listed in table 3.1.

(2) For design by calculation given in EN 1999-1-4 the 0,2 proof strength f_0 should be at least $f_0 = 165 \text{ N/mm}^2$.

(3) Aluminium sheet and strip used for cold-formed profile sheeting should be suitable for the specific cross-section depending on cold forming and cold forming process.

Примітка. Для інших алюмінієвих матеріалів та виробів див. національний додаток.

3.2 Конструкційні алюмінієві сплави

3.2.1 Властивості матеріалів

(1) Нормативні значення для умовної межі текучості f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %, та межі міцності на розтяг f_u розраховані шляхом прийняття мінімальних значень $R_{p0,2}$ та R_m згідно з відповідними стандартами на продукцію.

(2) Можна припустити, що для роботи на стиск ці властивості такі ж самі як і при роботі на розтяг.

(3) Якщо частковий пластичний момент опору враховується, то відношення межі міцності f_u до нормативного значення умовної межі текучості f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %, має бути не нижчим за 1,2.

(4) Фізичні властивості матеріалу (модуль пружності і т.д.) приймаються згідно з EN 1999-1-1.

NOTE: For other aluminium materials and products see National Annex.

3.2 Structural aluminium alloys

3.2.1 Material properties

(1) The characteristic values of 0,2% proof strength f_0 and tensile strength f_u have been obtained by adopting the values for minimum $R_{p0,2}$ and R_m direct from the relevant product standards.

(2) It may be assumed that the properties in compression are the same as those in tension.

(3) If partially plastic moment resistance is utilised, the ratio of the characteristic ultimate tensile strength f_u to the characteristic 0,2 proof strength f_0 should be not less than 1,2.

(4) The material constants (modulus of elasticity etc) should be taken as given in EN 1999-1-1.

Таблиця 3.1 – Нормативне значення умовної межі текучості f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %, межі міцності на розтяг f_u , величина подовження A_{50} листів та смуг для марок з $f_0 > 165 \text{кН} / \text{мм}^2$ і товщиною від 0,5 до 6 мм

Table 3.1 – Characteristic values of 0,2% proof strength f_0 , ultimate tensile strength, f_u , elongation

A_{50} , for sheet and strip for tempers with $f_0 > 165 \text{kN} / \text{mm}^2$ and thickness between 0,5 and 6 mm

| Числове позначення EN AW | Хімічне позначення EN AW | Клас довговічності ⁵⁾ | Ступінь твердості ^{1), 2), 3)} | Товщина, від 1,5 до 6мм | f_u R_m Н/мм ² | f_u $R_{p0,2}$ ¹⁾ N/mm ² | A_{50} % ⁴⁾ |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------------|
| Designation numerical EN AW | Designation chemical EN AW- | Durability rating ⁵⁾ | Temper ^{1), 2), 3)} | Thickness, up... to..., mm | | | |
| 3003 | AlMn1Cu | A | H18 | 3.0 | 190 | 170 | 2 |
| | | | H48 | 3.0 | 180 | 165 | 2 |
| 3004 | AlMn1Mg1 | A | H14 H24/H34 | 6 3 | 220 | 180 170 | 2-3 4 |
| | | | H16 H26/H36 | 4 3 | 240 | 200 190 | 1-2 3 |
| | | | H18 H28/H38 | 3 1,5 | 260 | 230 220 | 1-2 3 |
| | | | H44 | 3 | 210 | 180 | 4 |
| | | | H46 | 3 | 230 | 200 | 3 |
| | | | H48 | 3 | 260 | 220 | 3 |
| 3005 | AlMn1Mg0,5 | A | H16 | 4 | 195 | 175 | 2 |
| | | | H18 H28 | 3 | 220 | 200 190 | 2 2-3 |
| | | | H48 | 3 | 210 | 180 | 2 |

| | | | | | | | |
|------|---------------------|---|---------------|---------|-----|-----------|-----------|
| 3103 | <i>AlMn1</i> | A | H18 | 3 | 185 | 165 | 2 |
| 3105 | <i>AlMn0,5Mg0,5</i> | A | H18 H28 | 3 1,5 | 195 | 180 170 | 1 2 |
| | | | H48 | 3 | 195 | 170 | 2 |
| 5005 | <i>AlMg1(B)</i> | A | H18 | 3 | 185 | 165 | 2 |
| 5052 | <i>AlMg2,5</i> | A | H14 | 6 | 230 | 180 | 3-4 |
| | | | H16 H26/H36 | 6 | 250 | 210 180 | 3 4-6 |
| | | | H18 H28/H38 | 3 | 270 | 240 210 | 2 3-4 |
| | | | H46 | 3 | 250 | 180 | 4-5 |
| | | | H48 | 3 | 270 | 210 | 3-4 |
| 5251 | <i>AlMg2</i> | A | H14 | 6 | 210 | 170 | 2-4 |
| | | | H16 H26/H36 | 4 | 230 | 200 170 | 2-3 4-7 |
| | | | H18 H28/H38 | 3 | 255 | 230 200 | 2 3 |
| | | | H46 | 3 | 210 | 165 | 4-5 |
| | | | H48 | 3 | 250 | 215 | 3 |

- 1) Значення для марок H1x, H2x, H3x згідно з EN 485-2:1994-11
 2) Значення для марки H4x (полоси та рулони) згідно з EN 1396:1997-2
 3) Якщо в одній лінії вказано два (три) маркування, то марки розділені позначкою “|” мають різні технологічні властивості, а розділені позначкою “/” мають однакові технологічні властивості. (Марки розрізняються тільки за f_0 та A_{50})
 4) A_{50} може залежати від товщини матеріалу у заданих межах, також задаються межі для A_{50} .
 5) Показник довговічності, див. EN 1999-1-1.
- 1) The values for temper H1x, H2x, H3x according to EN 485-2:1994-11
 2) The values for temper H4x (coil coated sheet and strip) according to EN 1396:1997-2
 3) If two (three) tempers are specified in one line, tempers separated by “|” have different technological values, but separated by “/” have same values. (The tempers show differences only for f_0 and A_{50} .)
 4) A_{50} may be depending on the thickness of material in the listed range, therefore sometimes also a A_{50} - range is given.
 5) Durability rating, see EN 1999-1-1

3.2.2 Товщина та геометричні допуски

(1) Положення стосовно проектування шляхом розрахунків, наведені в EN 1999-1-4, можуть бути використані у заданих межах номінальної товщини листів t_{nom} , не враховуючи органічні покриття:

$$t_{nom} \geq 0,5 \text{ мм}$$

(2) Номінальна товщина t_{nom} має використовуватися як розрахункова товщина t , якщо від’ємне відхилення є меншим за 5 %. За інших умов:

$$t = t_{nom} (100 - dev) / 95 \quad (3.1)$$

де dev – від’ємне відхилення у %.

(3) Допуски для покрівельних виробів надаються у EN 508-2.

3.3 Механічні кріпильні деталі

(1) Використовуються наступні типи механічних кріпильних деталей:

- Гвинти-саморізи такі як самонарізальні гвинти або самосвердлувальні самонарізальні гвинти згідно з

3.2.2 Thickness and geometrical tolerances

(1) The provisions for design by calculation given in this EN 1999-1-4 may be used for alloy within the following ranges of nominal thickness t_{nom} of the sheeting exclusive of organic coatings:

$$t_{nom} \geq 0,5 \text{ mm}$$

(2) The nominal thickness t_{nom} should be used as design thickness t if a negative deviation is less than 5 %. Otherwise

$$t = t_{nom} (100 - dev) / 95 \quad (3.1)$$

where dev is the negative deviation in %.

(3) Tolerances for roofing products are given in EN 508-2.

3.3 Mechanical fasteners

(1) The following types of mechanical fasteners may be used:

- self-tapping screws as thread-forming self-tapping screws or self-drilling self-tapping screws according to standards listed in 8.3;

стандартами, переліченими у 8.3;

- глухі заклепки згідно стандартів, вказаних у 8.2

(2) Характеристичний опір зрізу $F_{v,Rk}$ та характеристичний опір розтягу $F_{t,Rk}$ механічних кріпильних деталей повинен обчислюватися згідно з 8.2 та 8.3.

(3) Особливості самонарізальних чи самосвердлувальних гвинтів та глухих заклепок розглянуто у EN 1090-3.

(4) Характеристичний опір зрізу та характеристичний опір розтягу механічних кріпильних деталей, що не наведені у даному Європейському стандарті, можуть бути взяті у сертифікатах ETA.

4 ДОВГОВІЧНІСТЬ

(1) Основні вимоги викладено у розділі 4 EN 1999-1-1

(2) Особливу увагу слід приділити випадкам, коли розглядається сумісна робота різних матеріалів, особливо якщо їхній електрохімічний склад може спровокувати появу корозії.

Примітка. У EN ISO 12944-2 наведено категорії корозійної стійкості під дією природних факторів для механічних кріпильних деталей, див. додаток В

(3) Слід взяти до уваги природні умови, що переважали з моменту виробництва, включаючи транспортування та зберігання на складальному майданчику.

5 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ

5.1 Вплив заокруглених кутів

(1) У поперечних перерізах з заокругленими кутами умовну ширину смуги b_p плоскої частини поперечного перерізу необхідно вимірювати від середніх точок прилеглих кутових частин поперечного перерізу, як показано на рисунок 5.1

(2) У поперечних перерізах з заокругленими кутами, обчислення геометричних характеристик перерізу має

- blind rivets according to standards listed in 8.2.

(2) The characteristic shear resistance $F_{v,Rk}$ and the characteristic tension resistance $F_{t,Rk}$ of the mechanical fasteners should be calculated according to 8.2 and 8.3.

(3) For details concerning suitable self-tapping screws, and self-drilling screws and blind rivets, reference should be made to EN 1090-3.

(4) Characteristic shear resistance and characteristic tension resistance of mechanical fasteners not covered in this European Standard may be taken from ETA certifications.

4. DURABILITY

(1) For basic requirements, see Section 4 of EN 1999-1-1

(2) Special attention should be given to cases in which different materials are intended to act compositely, if these materials are such that electrochemical phenomena might produce conditions leading to corrosion.

NOTE: For corrosion resistance of fasteners for the environmental corrosivity categories following EN ISO 12944-2, see Annex B.

(3) The environmental conditions prevailing from the time of manufacture, including those during transport and storage on site, should be taken into account.

5 STRUCTURAL ANALYSIS

5.1 Influence of rounded corners

(1) In cross-sections with rounded corners, the notional flat widths b_p of the plane cross-section parts should be measured from the midpoints of the adjacent corner cross-section parts, as indicated in Figure 5.1.

(2) In cross-sections with rounded corners, the calculation of section properties should be based upon the actual geometry of the cross-

базуватися на реальних геометричних даних поперечного перерізу.

(3) Якщо не використовуються більш відповідні методи обчислення площі поперечного перерізу, можна використати наступну приблизну процедуру. Якщо внутрішній радіус не перевищує $r \leq 10t$ і $r \leq 0,15b_p$ можна не брати до уваги вплив заокруглення кутів, і площа поперечного перерізу обчислюється як для такого, що має гострі кути.

(4) Вплив заокруглених кутів на геометричні характеристики перерізу, може бути взятий до уваги шляхом приведення площі, обчисленої для такого ж з гострими кутами, якщо брати до уваги наступні припущення:

$$A_g \approx A_{g,sh}(1 - \delta) \quad (5.1a)$$

$$I_g \approx I_{g,sh}(1 - 2\delta) \quad (5.1b)$$

з:

with:

$$\delta = 0,43 \sum_{j=1}^n (r_j \varphi_j / 90) / \sum_{i=1}^m b_{p,i} \quad (5.1b)$$

Де A_g площа поперечного перерізу брутто;

where: A_g is the area of the gross cross-section;

$A_{g,sh}$ значення A_g для поперечного перерізу з гострими кутами

$A_{g,sh}$ is the value of A_g for a cross-section with sharp corners;

$b_{p,i}$ умовна ширина смуги i -тої плоскої частини поперечного перерізу для поперечного перерізу з гострими кутами;

$b_{p,i}$ is the notional flat width of plane cross-section part i for a cross-section with sharp corners;

I_g момент інерції поперечного перерізу брутто;

I_g is the second moment of area of the gross cross-section;

$I_{g,sh}$ значення I_g для поперечного перерізу з гострими кутами;

$I_{g,sh}$ is the value of I_g for a cross-section with sharp corners;

φ кут між двома плоскими елементами;

φ is the angle between two plane elements;

m кількість плоских частин поперечного перерізу;

m is the number of plane cross-section parts;

n кількість криволінійних частин поперечного перерізу, не приймаючи до

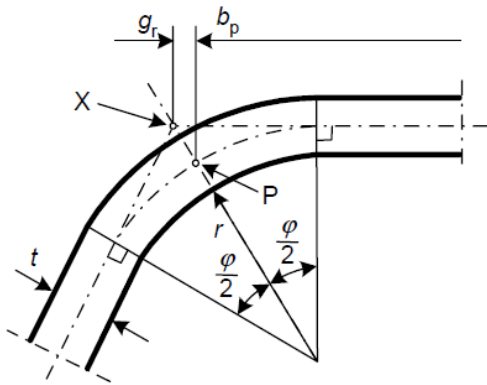
n is the number of curved cross-section parts without consideration of the curvature of

уваги кривизну елементів жорсткості на стінках та полицях;

r_j внутрішній радіус заокругленої частини перерізу.

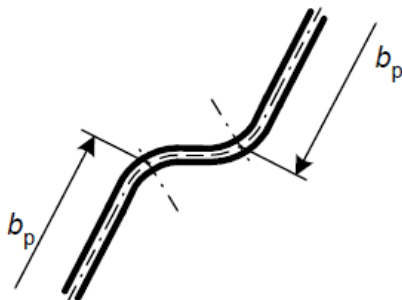
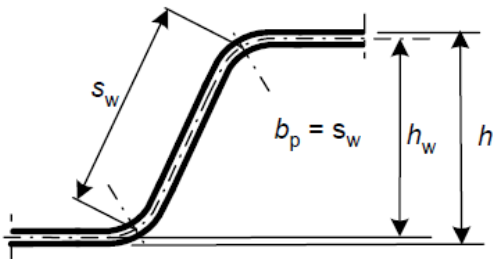
(5) Обмеження, вказані у виразі 5.1 можна також застосувати до розрахунків властивостей ефективного перерізу A_{eff} та $I_{y,eff}$, за умови що приведена умовна ширина смуги плоских частин поперечного перерізу виміряна до точок перетину їх серединних ліній.

(6) Якщо внутрішній радіус більший за $r \geq 0,04tE / f_0$; опір поперечного перерізу визначається шляхом випробувань.



$$r_m = r + t / 2$$

$$g_r = r_m \left(\tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$$



stiffeners in webs and flanges;

r_j is the internal radius of curved cross-section part.

(5) The reductions given by expression (5.1) may also be applied in calculating the effective section properties A_{eff} and $I_{y,eff}$ provided that the notional flat widths of the plane cross-section parts are measured to the points of intersection of their midlines.

(6) Where the internal radius $r \geq 0,04tE / f_0$, then the resistance of the cross-section should be determined by tests.

(a) середина кута чи згину

X перетин серединних ліній

P середина кута

(a) midpoint of corner or bend

X is intersection of midlines

P is midpoint of corner

(b) умовна ширина смуги b_p для стінки

($b_p =$ похила висота s_w)

(b) notional flat width b_p for a web

($b_p =$ slant height s_w)

(c) умовна ширина смуги b_p плоских частин, що прилягають до елементів жорсткості на стінці

(c) notional flat width b_p of plane parts adjacent to web stiffener

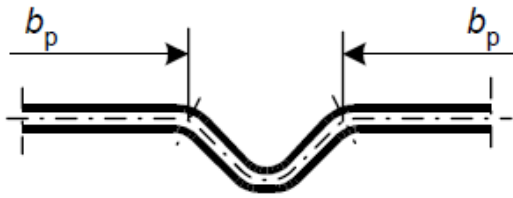


Рисунок 5.1 – Умовна ширина смуги плоских частин поперечного перерізу b_p з введенням поправки на радіус заокруглення

Figure 5.1 – Notional widths of plane cross-section parts b_p allowing for corner radii

(d) умовна ширина смуги b_p плоских частин прилеглих до елементів жорсткості на полиці

(d) notional flat width b_p of flat parts adjacent to flange stiffener

5.2 Геометричні пропорції

(1) Положення, що стосуються проектування шляхом розрахунків, які надані в EN 1999-1-4, не повинні застосовуватися до поперечних перерізів, що перевищують межі відношень ширини до товщини b/t та s_w/t , наведені у (2)

(2) Максимальні співвідношення ширини до товщини:

- для стиснутих полиць $b/t \leq 300$
- для стінок $s_w/t \leq 0,5E/f_0$

Примітка. Границі b/t та s_w/t , наведені у (2), описують область, для якої вже існує достатній експериментальний досвід. Поперечні перерізи з більшими співвідношеннями «товщина/ширина», також можуть використовуватися, за умови, що їхній опір при граничних станах за несучою здатністю та за експлуатаційною придатністю підкріплюється експериментами та/чи розрахунками, що підтвержені відповідною кількістю експериментів.

5.3 Моделювання конструкцій для розрахунку

(1) Плоскі частини поперечного перерізу для розрахунку можна моделювати як показано в Табл. 5.1

(2) Також слід взяти до уваги взаємний вплив численних елементів жорсткості.

5.2 Geometrical proportions

(1) The provisions for design by calculation given in EN 1999-1-4 should not be applied to cross-sections outside the range of width-to-thickness ratios b/t and s_w/t given in (2).

(2) The maximum width-to-thickness ratios are:

- for compressed flanges $b/t \leq 300$
- for webs $s_w/t \leq 0,5E/f_0$


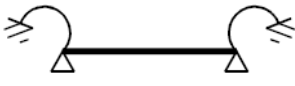





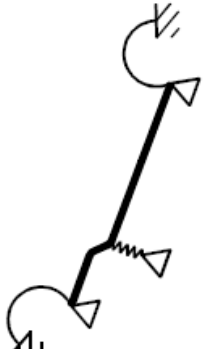
NOTE: These limits b/t and s_w/t given in (2) may be assumed to represent the field for which sufficient experience and verification by testing is available. Cross-sections with larger width-to-thickness ratios may also be used, provided that their resistance at ultimate limit states and their behaviour at serviceability limit states are verified by testing and/or by calculations, where the results are confirmed by an appropriate number of tests.

5.3 Structural modelling for analysis

(1) The parts of a cross-section may be modelled for analysis as indicated in Table 5.1

(2) The mutual influence of multiple stiffeners should be taken into account.

Таблиця 5.1 – Моделювання плоских частин поперечного перерізу
Table 5.1 – Modelling of parts of a cross-section

| Тип частини поперечного перерізу Type of cross-section part | Модель Model | Тип частини поперечного перерізу Type of cross-section part | Модель Model |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

5.4 Жолоблення полиць

(1) У профілі з дуже широкою полицею, що вгинається, чи у профілі з попередньо увігнутою полицею у випадку, коли увігнута полиця стиснута, вплив жолоблення на несучу здатність не береться до уваги, якщо це жолоблення (глибина жолоба, вимірювана від нейтральної площини полиці) менше, ніж 5% висоти поперечного перерізу профілю. Якщо жолоблення перевищує цей рівень, слід враховувати зменшення несучої здатності профілю, наприклад, через зменшення плеча внутрішнього моменту для частини ширини полиці.

5.4 Flange curling

(1) The effect on the load bearing resistance of curling (i.e. inward curvature towards the neutral plane) of a very wide flange in a profile subject to flexure, or of an initially curved profile subject to flexure in which the concave side is in compression, should be taken into account unless such curling is less than 5 % of the depth of the profile cross-section. If curling is larger, then the reduction in load bearing resistance, for instance due to decrease in length of the lever arm for part of the wide flange, and to the possible effect of bending should be taken into account.

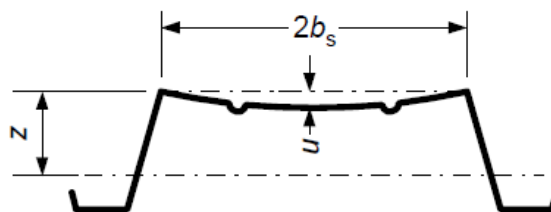


Рисунок 5.2 – Жолоблення полиць
Figure 5.2 – Flange curling

(2) Розрахунок жолоблення можна зробити наступним чином. Формули придатні як для стиснутих так і для

(2) Calculation of the curling may be carried out as follows. The formulae apply to both compression and tensile flanges, both

розтягнутих полиць, з елементами жорсткості чи без них, але без близько розташованих поперечних елементів жорсткості в полицях.

- Для профілю, що не був зігнутим до прикладення навантаження, див. рисунок 5.2:

$$u = \frac{2\sigma_a^2 b_s^4}{E^2 t^2 z} \quad (5.1e)$$

- Для попередньо зігнутого профілю:

$$u = \frac{2\sigma_a^2 b_s^4}{E t^2 r} \quad (5.1f)$$

Де: u - прогин полиці відносно нейтральної осі (жолоблення), див. рисунок 5.2;

b_s - половина відстані між стінками.

z - відстань від полиці, що розглядається, до нейтральної осі профілю;

r - радіус кривизни попередньо зігнутого профілю;

σ_a - середнє напруження у полиці, обчислене за площею бруто. Якщо напруження обчислено для ефективного поперечного перерізу, то середнє напруження можна отримати шляхом множення напруження ефективного поперечного перерізу на відношення ефективної площі перерізу до загальної площі полиці.

5.5 Місцева та загальна втрата стійкості

5.5.1 Загальні положення

(1) При визначенні опору та жорсткості холодноформованих листів слід приймати до уваги вплив місцевої та загальної втрати стійкості.

(2) Вплив місцевої втрати стійкості можна враховувати шляхом використання характеристик ефективного поперечного перерізу, що обчислюються на основі ефективної товщини, див. EN 1999-1-1.

(3) При визначенні опору місцевій втраті стійкості, необхідно використовувати умовну границю

with and without stiffeners, but without closely spaced transverse stiffeners in flanges.

- For a profile, which is straight prior to application of loading, see Figure 5.2:

- For an initially curved profile

where: u is bending of the flange towards the neutral axis (curling), see Figure 5.2;

b_s is half the distance between the webs;

z is distance of flange under consideration from neutral axis;

r is radius of curvature of initially curved profile;

σ_a is mean stress in the flange calculated with the gross area. If the stress is calculated for the effective cross-section, the mean stress is obtained by multiplying the stress for the effective cross-section by the ratio of the effective flange area to the gross flange area.

5.5 Local and distortional buckling

5.5.1 General

(1) The effects of local and distortional buckling should be taken into account in determining the resistance and stiffness of cold-formed sheeting.

(2) Local buckling effects may be considered by using effective cross-sectional properties, calculated on the basis of the effective thickness, see EN 1999-1-1.

(3) In determining resistance to local buckling, the 0,2 proof strength f_0 should be

тежучості f_0 , що відповідає залишковій деформації 0,2 %.

(4) Для перевірки характеристик ефективного поперечного перерізу за експлуатаційною придатністю див. 7.1(3)

(5) Загальна втрата стійкості частин поперечного перерізу з проміжними елементами жорсткості розглянута в 5.5.3.

5.5.2 Плоскі частини поперечного перерізу без елементів жорсткості

(1) Ефективна товщина стиснутих частин поперечного перерізу t_{eff} має обчислюватися як:

$t_{eff} = \rho \cdot t$, де ρ понижувальний коефіцієнт, що вводить поправку на місцеву втрату стійкості.

(2) Умовна ширина смуги b_p плоскої частини поперечного перерізу має визначатися згідно з вказаним у 5.1. Для плоских частин поперечного перерізу похилої стінки використовується відповідна похила висота.

(3) Понижувальний коефіцієнт ρ для визначення t_{eff} має базуватися на найбільшому стискальному напруженні $\sigma_{com,Ed}$ у відповідній частині поперечного перерізу (обчисленому на основі ефективного поперечного перерізу), при досягненні найбільшого опору перерізу.

(4) Якщо $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$, то понижувальний коефіцієнт ρ має обчислюватися наступним чином:

- якщо $\bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim}$:

used.

(4) For effective cross-section properties for serviceability verifications, see 7.1(3)

(5) The distortional buckling of cross-section parts with intermediate stiffeners is considered in 5.5.3.

5.5.2 Plane cross-section parts without stiffeners

(1) The effective thickness t_{eff} of compression cross-section parts should be obtained as

$t_{eff} = \rho \cdot t$, where ρ is a reduction factor allowing for local buckling.

(2) The notional flat width b_p of a plane cross-section part should be determined as specified in 5.1. In the case of plane cross-section parts in a sloping web, the appropriate slant height should be used.

(3) The reduction factor ρ to determine t_{eff} should be based on the largest compressive stress $\sigma_{com,Ed}$ in the relevant cross-section part (calculated on the basis of the effective cross-section), when the resistance of the cross-section is reached.

(4) If $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$ the reduction factor ρ should be obtained from the following:

- if $\bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim}$:

$$\rho = 1,0 \quad (5.2a)$$

- if $\bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{lim}$:

$$\rho = \alpha \left(1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p \right) / \bar{\lambda}_p \quad (5.2b)$$

де $\bar{\lambda}_p$ - гнучкість пластини, обчислювана так:

in which the plate slenderness $\bar{\lambda}_p$ is given by:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_0}{\sigma_{cr}}} \equiv \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)f_0}{\pi^2 E k_\sigma}} \cong 1,052 \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E k_\sigma}} \quad (5.3)$$

k_σ - відповідний коефіцієнт втрати стійкості з таблиці 5.3. Параметри $\bar{\lambda}_{lim}$ та α можна взяти з табл. 5.2

k_σ is the relevant buckling factor from Table 5.3. The parameters $\bar{\lambda}_{lim}$ and α may be taken from Table 5.2.

Таблиця 5.2 – Значення $\bar{\lambda}_{lim}$ та α
Table 5.2 – Parameters $\bar{\lambda}_{lim}$ and α

| $\bar{\lambda}_{lim}$ | α |
|-----------------------|----------|
| 0,517 | 0,90 |

(5) Якщо $\sigma_{com,Ed} \leq f_0 / \gamma_{M1}$, то понижувальний коефіцієнт ρ визначається наступним чином:

(5) If $\sigma_{com,Ed} \leq f_0 / \gamma_{M1}$ the reduction factor ρ may be determined as follows:

Використовуються формули (5.2 а) та (5.2 б) але з заміною гнучкості пластини $\bar{\lambda}_p$ на приведену гнучкість пластини $\bar{\lambda}_{p,red}$, що наведена в:

Use expressions (5.2 a) and (5.2 b) but replace the plate slenderness $\bar{\lambda}_p$ by the reduced plate slenderness $\bar{\lambda}_{p,red}$ given by:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed}}{f_0 / \gamma_{M1}}} \quad (5.4)$$

(6) Для розрахунку ефективної жорсткості по граничному стану за експлуатаційною придатністю див. 7.1(3)

(6) For calculation of effective stiffness at serviceability limit states, see 7.1(3)

(7) При визначенні ефективної товщини полиці поперечного перерізу під впливом змінного напруження, коефіцієнт напружень ψ , що використовується у таблиці 5.3, повинен базуватися на характеристиках поперечного перерізу бругто.

(7) In determining the effective thickness of a flange cross-section part subject to stress gradient, the stress ratio ψ used in Table 5.3 may be based on the properties of the gross cross-section.

(8) При визначенні ефективної товщини стінки поперечного перерізу, коефіцієнт напружень ψ , що використовується у таблиці 5.3, визначається на базі площі стиснутої полиці і площі стінки. При цьому площа полиці – ефективна, а площа стінки – бругто.

(8) In determining the effective thickness of a web cross-section part the stress ratio ψ used in Table 5.3 may be obtained using the effective area of the compression flange but the gross area of the web.

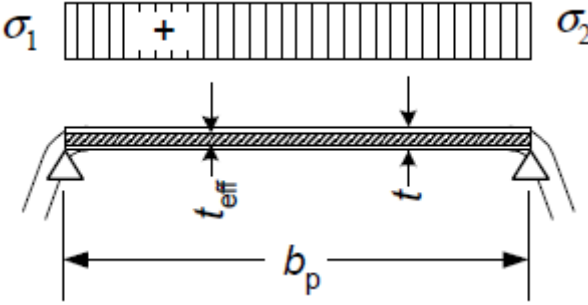
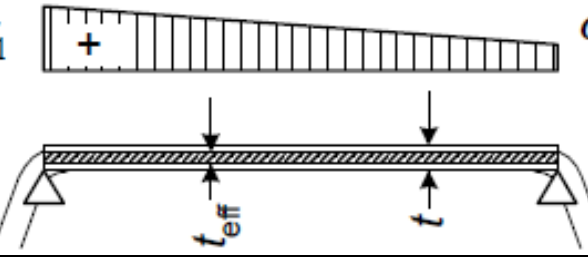

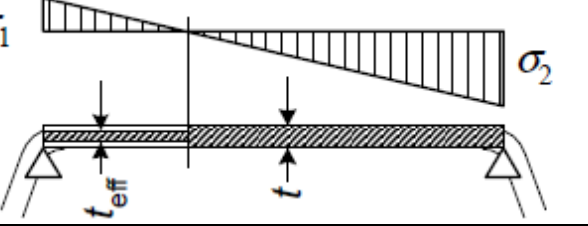
(9) За бажанням, характеристики ефективного перерізу можуть бути уточнені шляхом ітеративного повторення пунктів (6) та (7), але з використанням вже знайденого ефективного поперечного перерізу, замість поперечного перерізу

(9) Optionally the effective section properties may be refined by repeating (6) and (7) iteratively, but using the effective cross-section already found in place of the gross cross-section. The minimum steps in the iteration dealing with stress gradient are two.

брутто. Мінімальна кількість ітерацій, при роботі зі змінним напруженням – дві.

Таблиця 5.3 – Коефіцієнт втрати стійкості k_σ для стиснутих частин поперечного перерізу

Table 5.3 – Buckling coefficient k_σ for cross-section parts in compression

| Частина поперечного перерізу (+ = стиск) | $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ | Коефіцієнт втрати стійкості k_σ |
|---|-------------------------------|---|
| Cross-section part (+ = compression) | $\psi = +\sigma_2 / \sigma_1$ | Buckling factor k_σ |
|  | $\psi = +1$ | $k_\sigma = 4,0$ |
|  | $+1 > \psi \geq 0$ | $k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$ |
|  | $0 > \psi \geq -1$ | $k_\sigma = 7,81 - 6,26\psi + 9,78\psi^2$ |
|  | $-1 > \psi \geq -3$ | $k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2$ |

5.5.3 Плоскі частини поперечного перерізу з проміжними елементами жорсткості

(1) Проектування стиснутих частин поперечного перерізу з проміжними елементами жорсткості повинне базуватися на припущенні, що елемент жорсткості поводить як стиснутий елемент з неперервним частковим защемленням та

5.5.3 Plane cross-section parts with intermediate stiffeners

(1) The design of compression cross-section parts with intermediate stiffeners should be based on the assumption that the stiffener behaves as a compression member with continuous partial restraint, with a spring stiffness that depends on the boundary

підкріпленням у вигляді пружини, жорсткість якої залежить від граничних умов та жорсткості на згин прилеглих плоских частин поперечного перерізу.

(2) Жорсткість підкріплення у вигляді пружини визначається шляхом прикладення одиничного вантажу u на одиничну довжину, як показано на рисунок 5.3. Жорсткість підкріплення у вигляді пружини k на одиницю довжини може бути визначена за формулою:

$$k = u / \delta \quad (5.5)$$

де δ - прогин поперечної пластинчастої смуги під одиничним вантажем u , що діє на центр ваги (b_1) ефективної частини елемента жорсткості.

conditions and the flexural stiffness of the adjacent plane cross-section parts.

(2) The spring stiffness of a stiffener should be determined by applying a unit load per unit length u as illustrated in Figure 5.3. The spring stiffness k per unit length may be determined from:

where δ is the deflection of a transverse plate strip due to the unit load u acting at the centroid (b_1) of the effective part of the stiffener.

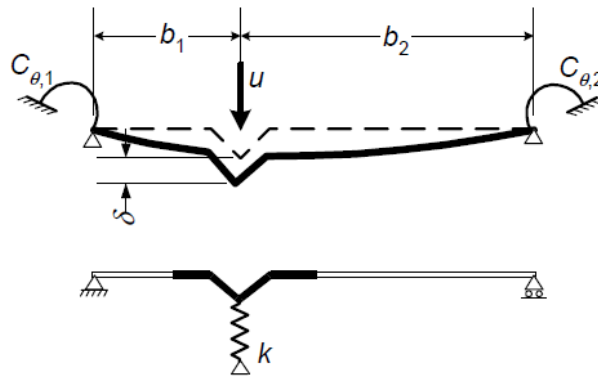


Рисунок 5.3 – Модель для визначення жорсткості підкріплення у вигляді пружини

Figure 5.3 – Model for determination of spring stiffness

(3) При визначенні значення поворотної жорсткості пружного елемента $C_{\theta,1}$ та $C_{\theta,2}$ виходячи з геометрії поперечного перерізу, слід звернути увагу на можливий вплив інших елементів жорсткості, присутніх у даному поперечному перерізі, або у будь-якій іншій частині поперечного перерізу, що піддається стиску.

(4) При розрахунку у запас для проміжного елемента жорсткості значення поворотних жорсткостей пружних елементів $C_{\theta,1}$ і $C_{\theta,2}$ можуть бути прийняті рівними нулю, а прогин δ може бути обчислений наступним чином:

(3) In determining the values of the rotational spring stiffness $C_{\theta,1}$ and $C_{\theta,2}$ from the geometry of the crosssection, account should be taken of the possible effects of other stiffeners that exist on the same cross-section part, or on any other parts of the cross-section that is subject to compression.

(4) For an intermediate stiffener, as a conservative alternative, the values of the rotational spring stiffnesses $C_{\theta,1}$ and $C_{\theta,2}$ may be taken as equal to zero, and the deflection δ may be obtained from:

$$\delta = \frac{ub_1^2b_2^2}{3(b_1+b_2)} \frac{12(1-\nu^2)}{Et^3} \quad (5.6)$$

(5) Понижувальний коефіцієнт χ_d для загальної втрати стійкості елемента жорсткості (втрата стійкості при згині проміжного елемента жорсткості) має обчислюватися з таблиці 5.4 для заданого у 5.7 значення умовної гнучкості:

(5) The reduction factor χ_d for the distortional buckling resistance of a stiffener (flexural buckling of an intermediate stiffener) should be obtained from Table 5.4 for the slenderness parameter given in (5.7)

$$\bar{\lambda}_s = \sqrt{f_0 / \sigma_{cr,s}} \quad (5.7)$$

де $\sigma_{cr,s}$ - пружне критичне напруження для елемента жорсткості з 5.5.3.3 чи 5.5.4.2

where: $\sigma_{cr,s}$ is the elastic critical stress for the stiffener from 5.5.3.3 or 5.5.4.2.

Таблиця 5.4 – Понижувальний коефіцієнт χ_d при загальній втраті стійкості елементів жорсткості.

Table 5.4 – Reduction factor χ_d for distortional buckling of stiffeners

| $\bar{\lambda}_s$ | χ_d |
|---------------------------------|-------------------------------|
| $\bar{\lambda}_s \leq 2,25$ | 1,00 |
| $0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$ | $1,155 - 0,62\bar{\lambda}_s$ |
| $1,04 \leq \bar{\lambda}_s$ | $0,53 / \bar{\lambda}_s$ |

5.5.3.1 Умови використання методів проектування

5.5.3.1 Condition for use of the design procedure

(1) Наступний порядок може застосовуватись для одного або двох рівних проміжних елементів жорсткості, що сформовані гофрами або вигинами, за умови, що всі плоскі частини розраховані виходячи з 5.5.2.

(1) The following procedure is applicable to one or two equal intermediate stiffeners formed by grooves or bends provided that all plane parts are calculated according to 5.5.2.

(2) Елементи жорсткості мають бути однокової форми і їх має бути не більше ніж два. При більшій кількості елементів жорсткості мають враховуватися тільки два.

(2) The stiffeners should be equally shaped and not more than two in number. For more stiffeners not more than two should be taken into account.

(3) Якщо задовольняються умови (1) і (2), ефективність елемента жорсткості визначається з розрахунку, наведеного у 5.5.3.3.

(3) If the criteria in (1) and (2) are met the effectiveness of the stiffener may be determined from the design procedure given in 5.5.3.3.

5.5.3.2 Методика розрахунку

5.5.3.2 Design procedure

(1) Поперечний переріз проміжного елемента жорсткості має включати сам елемент та прилеглі ефективні відрізки

(1) The cross-section of an intermediate stiffener should be taken as comprising the stiffener itself plus the adjacent effective

прилеглих плоских частин поперечного перерізу $b_{p,1}$ і $b_{p,2}$, як показано на рисунок 5.4.

portions of the adjacent plane cross-section parts $b_{p,1}$ and $b_{p,2}$ shown in Figure 5.4.

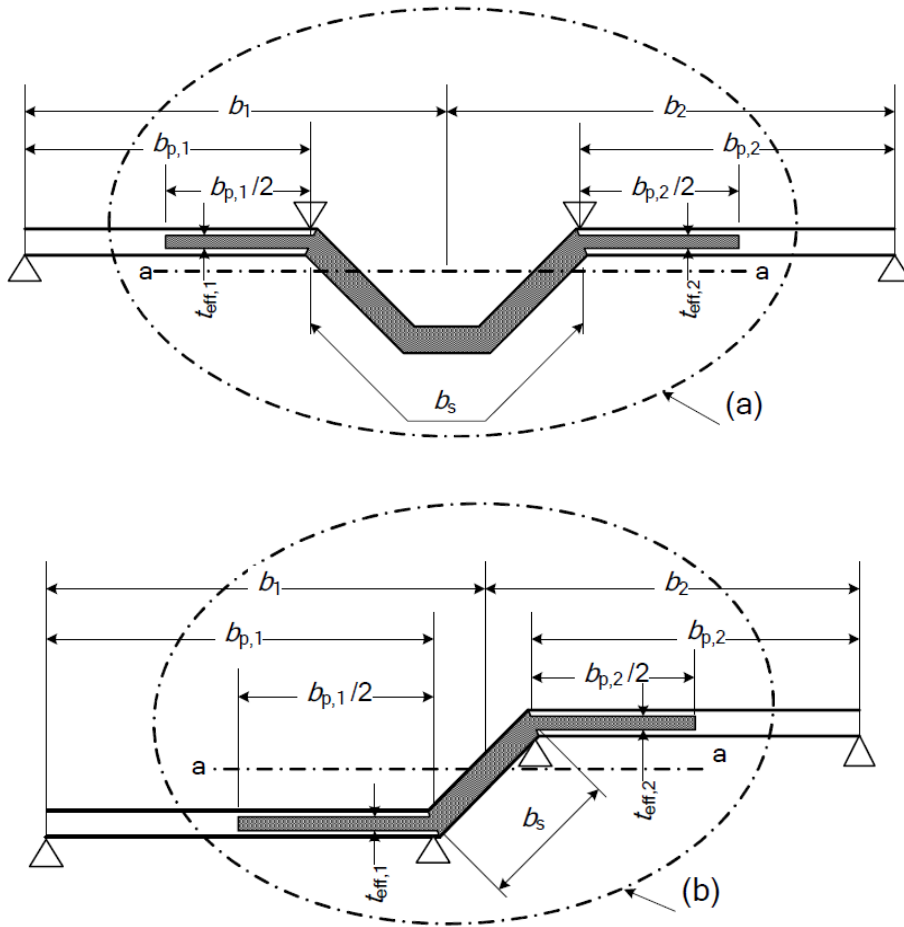


Рисунок 5.4 – Площа початкового ефективного поперечного перерізу A_s для проміжних елементів жорсткості на полиці (a) та стінці (b)

Figure 5.4 – Initial effective cross-section area A_s for intermediate stiffeners in (a) flange and (b) web

(2) Процедура, проілюстрована на рисунок 5.5, має виконуватися поетапно, як вказано далі.

- **Етап 1:** Визначити початковий ефективний поперечний переріз для елемента жорсткості, щоб розрахувати площу перерізу A_s з використанням ефективної товщини, за умови, що елемент жорсткості обпертим мають поздовжню опору, та що $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$, див. (3) і (4);

- **Етап 2:** Використати інший ефективний поперечний переріз елемента жорсткості для обчислення моменту інерції ефективного поперечного перерізу, щоб

(2) The procedure, which is illustrated in Figure 5.5, should be carried out in steps as follows:

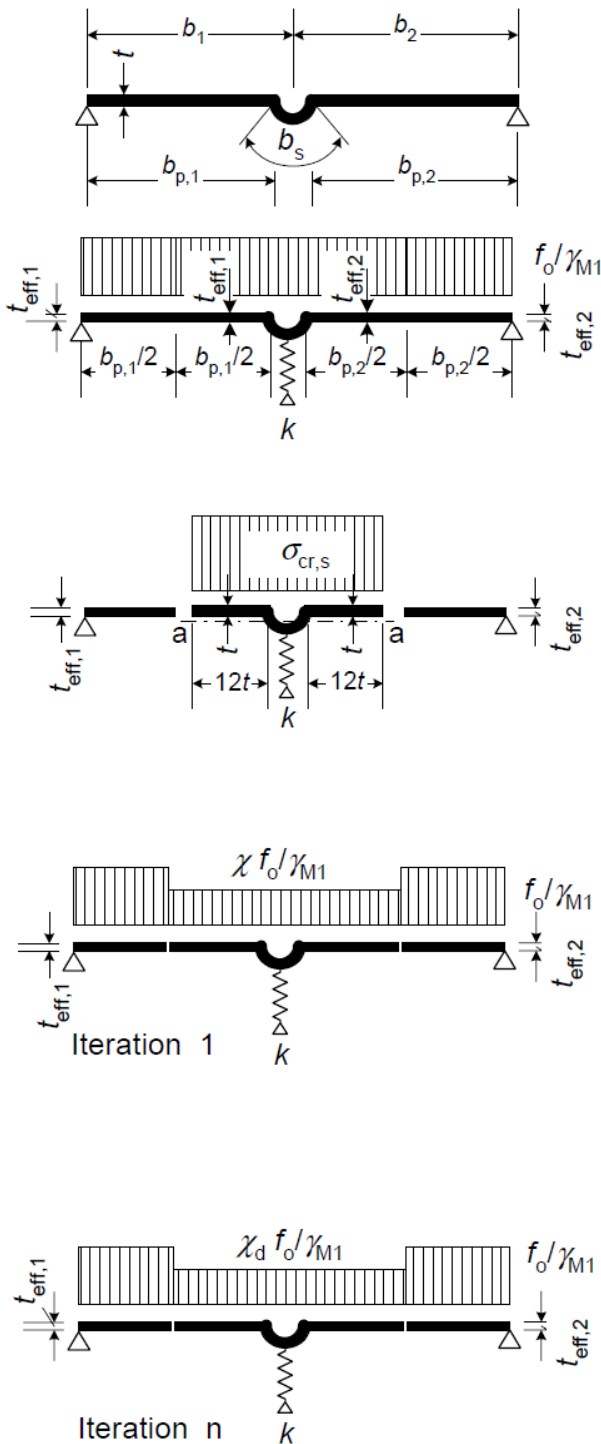
- **Step 1:** Obtain an initial effective cross-section for the stiffener to calculate the cross-section area A_s using effective thickness determined by assuming that the stiffener is longitudinally supported and that

$$\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}, \text{ see (3) and (4);}$$

- **Step 2:** Use another effective cross-section of the stiffener to calculate the effective second moment of inertia in order to determine the reduction factor for distortional

визначити понижувальний коефіцієнт загальної втрати стійкості, з урахуванням безперервного пружного підкріплення, див. (5) і (6);

- **Етап 3:** Для уточнення значення понижуючого коефіцієнту для прогину елемента жорсткості, можна використати метод ітерації, див. (7) і(8).



buckling, allowing for the effects of the continuous spring restraint, see (5) and (6);

- **Step 3:** Optionally iterate to refine the value of the reduction factor for buckling of the stiffener, see (7) and (8).

a) поперечний переріз бруто та граничні умови

a) Gross cross-section and boundary conditions

b) Етап 1: ефективний поперечний переріз для $k = \infty$, що базується на $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$

b) Step 1: Effective cross-section for $k = \infty$ based on $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$

c) Етап 2: Критичне пружне напруження $\sigma_{cr,s}$ для ефективного поперечного перерізу, що залежить від ефективної товщини $12t$ та жорсткості пружного елемента k .

c) Step 2: Elastic critical stress $\sigma_{cr,s}$ for effective cross-section based on effective width $12t$ and spring stiffness k

d) Приведена сила $\chi_d f_0 / \gamma_{M1}$ для елемента жорсткості з ефективною площею A_s та понижувальним коефіцієнтом χ_d , що залежить від $\sigma_{cr,s}$

d) Reduced strength $\chi_d f_0 / \gamma_{M1}$ for effective area of stiffener A_s , with reduction factor χ_d based on $\sigma_{cr,s}$

e) Етап 3: Якщо необхідно, повторіть крок 1, обчисливши ефективну товщину зі зменшеним стискаючим напруженням $\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_0 / \gamma_{M1}$ з χ_d з попередньої ітерації, продовжуючи так доки $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,n-1}$ але $\chi_{d,n} \leq \chi_{d,n-1}$.

e) Step 3: Optionally repeat step 1 by calculating the effective thickness with a reduced compressive stress $\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_0 / \gamma_{M1}$ with χ_d from previous iteration, continuing until $\chi_{d,n} \approx \chi_{d,n-1}$ but

$$\chi_{d,n} \leq \chi_{d,n-1}$$

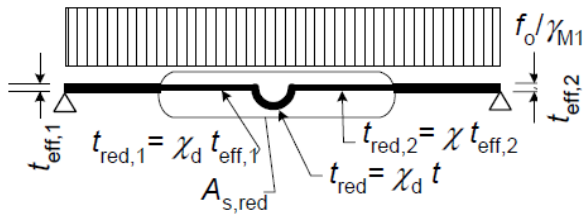


Рисунок 5.5 – Модель для розрахунку опору стиску полиці з проміжними елементами жорсткості

Figure 5.5 – Model for calculation of compression resistance of a flange with intermediate stiffener

f) прийняти ефективний поперечний переріз $A_{s,red}$ з приведеною товщиною t_{red} , відповідно до $\chi_{d,n}t$ елемента жорсткості і приведеної ефективної товщини $\chi_{d,n}t_{eff}$ для прилеглих плоских частин.

f) Adopt an effective cross-section $A_{s,red}$ with reduced thickness t_{red} corresponding to $\chi_{d,n}t$ for stiffener and reduced effective thickness $\chi_{d,n}t_{eff}$ for adjacent flat parts.

(3) Початкові значення ефективної товщини $t_{eff,1}$ і $t_{eff,2}$, показані на рисунку 5.4, мають бути визначені згідно з 5.5.2 з припущенням, що плоскі частини поперечного перерізу $b_{p,1}$ і $b_{p,2}$ мають дві опори, див. Табл.5.1.

(3) Initial values of the effective thickness $t_{eff,1}$ and $t_{eff,2}$ shown in Figure 5.4 should be determined from 5.5.2 by assuming that the plane cross-section parts $b_{p,1}$ and $b_{p,2}$ are doubly supported, see Table 5.1.

(4) Ефективна площа поперечного перерізу проміжного елемента жорсткості A_s має обчислюватися за формулою:

(4) The effective cross-sectional area of an intermediate stiffener A_s should be obtained from:

$$A_s = t_{eff,1}b_{p,1}/2 + tb_s + t_{eff,2}b_{p,2}/2 \quad (5.8)$$

у якій ширина елемента жорсткості b_s є такою, як показано на рисунку 5.4.

in which the stiffener width b_s is as shown in Figure 5.4.

(5) Критичне напруження при поздовжньому згині $\sigma_{cr,s}$ для проміжного елемента жорсткості має обчислюватися так:

(5) The critical buckling stress $\sigma_{cr,s}$ for an intermediate stiffener should be obtained from:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2\sqrt{kEI_s}}{A_s} \quad (5.9)$$

де k - жорсткість пружного елемента на одиницю довжини, див. 5.5.3.1(2);

where: k is the spring stiffness per unit length, see 5.5.3.1(2);

I_s - ефективний момент інерції елемента жорсткості, з використанням товщини t , і умовної ефективної ширини, рівної $12t$ прилеглої плоскої частини поперечного перерізу, навколо центральної осі $a - a$ її ефективного поперечного

I_s is the effective second moment of area of the stiffener, using the thickness t and notional effective width $12t$ of adjacent plane cross-section parts about the centroidal axis $a - a$ of its effective crosssection, see Figure 5.6(a).

перерізу, див. рисунок 5.6(a).

(6) Понижувальний коефіцієнт χ_d для загальної втрати стійкості проміжного елемента жорсткості має обчислюватися через значення $\sigma_{cr,s}$ за методикою, наведеною у 5.5.3.1(5).

(7) Якщо $\chi_d < 1$, він може бути уточнений шляхом ітерації, починаючи з змінених значень ρ , що розраховані згідно 5.5.2(4) з $\sigma_{con,Ed}$, що дорівнює $\chi_d f_0 / M_1$, так що:

$$\lambda_{p,red} = \lambda_p \sqrt{\chi_d} \quad (5.10)$$

(8) Якщо розпочато ітерацію, її необхідно продовжувати доки відповідне значення χ_d не буде приблизно рівним, але не більшим, ніж попереднє значення.

(9) Приведена ефективна площа елемента жорсткості $A_{s,red}$, що допускає загальну втрату стійкості має бути прийнята, як:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_0 / \gamma_{M1}}{\sigma_{con,Ed}} \text{ but } A_{s,red} \leq A_s \quad (5.11)$$

де $\sigma_{con,Ed}$ - стискаюче напруження по центральній лінії елемента жорсткості, що розраховується для ефективного поперечного перерізу.

(10) При визначенні геометричних характеристик ефективного перерізу, приведена ефективна площа $A_{s,red}$ має бути визначена з використанням приведеної товщини $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ для усіх частин перерізу, що входять в A_s

5.5.4 Трапецієвидні профільовані листи з проміжними елементами жорсткості

5.5.4.1 Загальні положення

(1) Цей підпункт використовується лише разом з 5.5.3.3 для полиць та стінок з проміжними елементами жорсткості

(2) Врахування сумісної роботи проміжних елементів жорсткості на полицях та проміжних елементів жорсткості на стінках при загальній втраті

(6) The reduction factor χ_d for the distortional buckling resistance of an intermediate stiffener should be obtained from the value of $\sigma_{cr,s}$ using the method given in 5.5.3.1(5).

(7) If $\chi_d < 1$ it may optionally be refined iteratively, starting the iteration with modified values of ρ obtained using 5.5.2(4) with $\sigma_{con,Ed}$ equal to $\chi_d f_0 / M_1$, so that:

(8) If iteration is carried out, it should be continued until the current value of χ_d is approximately equal to, but not more than, the previous value.

(9) The reduced effective area of the stiffener $A_{s,red}$ allowing for distortional buckling should be taken as:

where $\sigma_{con,Ed}$ is compression stress at the centreline of the stiffener calculated on the basis of the effective cross-section.

(10) In determining effective section properties, the reduced effective area $A_{s,red}$, should be represented by using a reduced thickness $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ for all the cross-section parts included in A_s

5.5.4 Trapezoidal sheeting profiles with intermediate stiffeners

5.5.4.1 General

(1) This sub-clause should be used in association with 5.5.3.3 for flanges with intermediate flange stiffeners and for webs with intermediate stiffeners.

(2) Interaction between distortional buckling of intermediate flange stiffeners and intermediate web stiffeners should also be taken into account using the method given in

стійкості проводиться згідно з методикою, наведеною у 5.5.4.4.

5.5.4.2 *Полиці з проміжними елементами жорсткості*

(1) При рівномірному стиску, можна прийняти, що площа ефективного поперечного перерізу полиці з проміжними елементами жорсткості складається з приведених ефективних площ $A_{s,red}$ двох елементів жорсткості шириною $0,5b_p$ та товщиною t_{eff} , що прилягають до полиць, які спираються на стінки, див. рисунок 5.5 е)

(2) Для одного центрального елемента жорсткості полиці пружне критичне напруження при поздовжньому згині $\sigma_{cr,s}$ має визначатися так:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2k_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{4b_p^2(2b_p + 3b_s)}} \quad (5.12)$$

де b_p - умовна ширина смуги плоскої частини поперечного перерізу, показаної на рисунок 5.6;

b_s - ширина елемента жорсткості, виміряна по периметру елемента жорсткості, див. рисунок 5.6(с);

k_w - коефіцієнт, що враховує часткове закріплення від повороту елемента жорсткості полиць стінками, див. (5) та (6);

і A_s і I_s наведені у 5.5.3.3 та на рисунок 5.6

5.5.4.4.

5.5.4.2 *Flanges with intermediate stiffeners*

(1) If it is subject to uniform compression, the effective cross-section of a flange with intermediate stiffeners should be assumed to consist of the reduced effective areas $A_{s,red}$ of up to two intermediate stiffeners and two strips of width $0,5b_{p,p}$ and thickness t_{eff} adjacent to the edges supported by webs, see Figure 5.5f).

(2) For one central flange stiffener, the elastic critical buckling stress $\sigma_{cr,s}$ should be obtained from:

where: b_p is the notional flat width of plane cross-section part shown in Figure 5.6;

b_s is the stiffener width, measured around the perimeter of the stiffener, see Figure 5.6(c);

k_w is a coefficient that allows for partial rotational restraint of the stiffened flange by the webs, see (5) and (6);

and A_s and I_s are as defined in 5.5.3.3 and Figure 5.6.

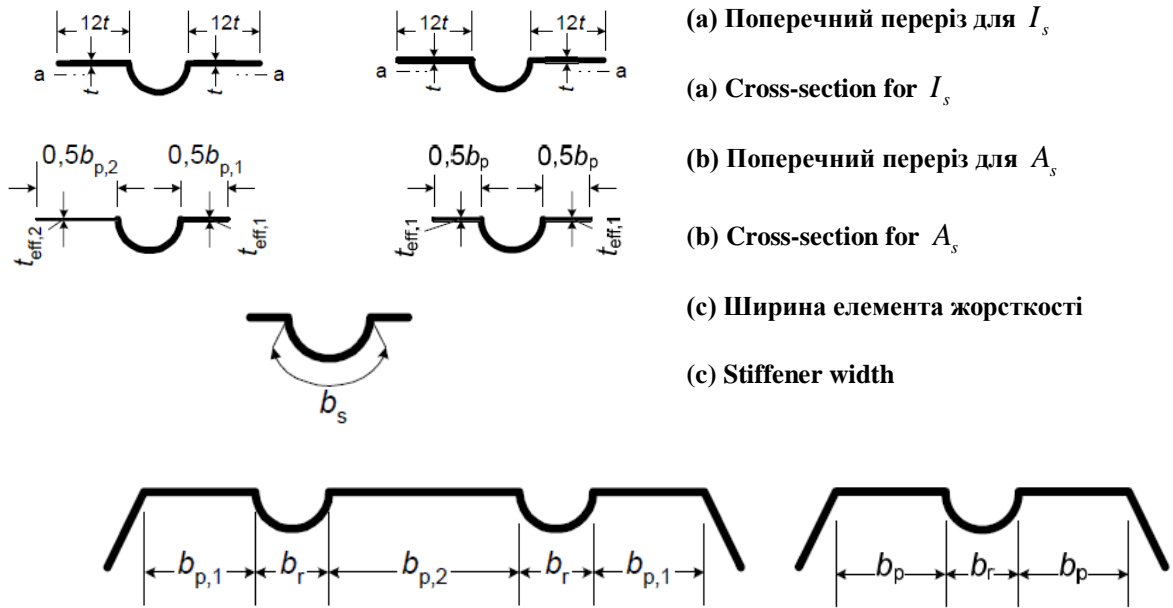


Рисунок 5.6 – Ефективний поперечний переріз для обчислення I_s та A_s для стиснутої полиці з двома чи одним елементом жорсткості

Figure 5.6 – Effective cross section for calculation of I_s and A_s for compression flange with two or one stiffener

(3) Для двох симетрично розташованих елементів жорсткості полиць, пружне критичне напруження при поздовжньому згині $\sigma_{cr,s}$ має обчислюватися за формулою:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2k_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{8b_l^2 (3b_e - 4b_l)}} \quad (5.13)$$

з:

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s$$

$$b_l = b_{p,1} + 0,5b_r$$

де $b_{p,1}$ - умовна ширина смуги зовнішньої плоскої частини поперечного перерізу, як показано на рисунку 5.6;

$b_{p,2}$ - умовна ширина смуги центральної плоскої частини поперечного перерізу, як показано на рисунку 5.6;

b_s - ширина елемента жорсткості, виміряна по периметру елемента жорсткості, див. рисунок 5.6.(с).

(4) якщо є три елемента жорсткості, то центральний приймається за неефективний.

(3) For two symmetrically placed flange stiffeners, the elastic critical buckling stress $\sigma_{cr,s}$ should be obtained from:

with:

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s$$

$$b_l = b_{p,1} + 0,5b_r$$

where: $b_{p,1}$ is the notional flat width of an outer plane cross-section part, as shown in Figure 5.6;

$b_{p,2}$ is the notional flat width of the central plane cross-section part, as shown in Figure 5.6;

b_s is the stiffener width, measured around the perimeter of the stiffener, see Figure 5.6(c).

(4) If there are three stiffeners, the one in the middle should be assumed to be ineffective.

(5) Значення k_w може бути розраховане, з врахуванням довжини хвилі l_b стиснутої полиці при втраті її стійкості, наступним чином:

$$\text{if } l_b / s_w \geq 2: \quad k_w = k_{wo} \quad (5.14a)$$

$$\text{- if } l_b / s_w < 2: \quad k_w = k_{wo} - (k_{wo} - 1)[2l_b / s_w - (l_b / s_w)^2] \quad (5.14b)$$

де s_w - похила висота стінки, див. рисунок 5.7(a).

l_b - половина довжини хвилі при пружному поздовжньому згині елемента жорсткості, див. (7)

(6) Як альтернатива, коефіцієнт закріплення від повороту k_w згідно консервативного підходу може бути прийнятий рівним одиниці, що відповідає умові шарнірного з'єднання.

(7) Значення l_b і k_{wo} можна визначати з наступного:

- для стиснутої полиці з одним проміжним елементом жорсткості:

$$l_b = 3,07^4 \sqrt{I_s b_p^2 (2b_p + 3b_s) / t^3} \quad (5.15)$$

$$k_{wo} = \sqrt{\frac{s_w + 2b_d}{s_w + 0,5b_d}} \quad (5.16)$$

з:

$$b_d = 2b_p + b_s$$

- для стиснутої полиці з двома чи трьома проміжними елементами жорсткості:

$$l_b = 3,65 \sqrt{I_s b_1^2 (3b_e - 4b_1) / t^3} \quad (5.17)$$

$$k_{wo} = \sqrt{\frac{(2b_e + s_w)(3b_e - 4b_1)}{b_1(4b_e - 6b_1) + s_w(3b_e - 4b_1)}} \quad (5.18)$$

(8) Приведену ефективну площу елемента жорсткості $A_{s,red}$, що враховує загальну втрату стійкості (згинальну втрату стійкості внутрішніх елементів жорсткості), слід визначати як:

(5) The value of k_w may be calculated from the compression flange buckling wavelength l_b as follows:

where: s_w is the slant height of the web, see Figure 5.7(a).

l_b half wavelength for elastic buckling of stiffener, see (7).

(6) Alternatively, the rotational restraint coefficient k_w may conservatively be taken as equal to 1,0 corresponding to a pin-jointed condition.

(7) The values of l_b and k_{wo} may be determined from the following:

- for a compression flange with one intermediate stiffener:

with:

$$b_d = 2b_p + b_s$$

- for a compression flange with two or three intermediate stiffeners:

(8) The reduced effective area of the stiffener $A_{s,red}$ allowing for distortional buckling (flexural buckling of an intermediate stiffener) should be taken as:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_0 / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{but } A_{s,red} < A_s \quad (5.19)$$

(9) Якщо стінки не підкріплені елементами жорсткості, понижувальний коефіцієнт χ_d має обчислюватися за методикою, вказаною у 5.5.3.1(5), виходячи з $\sigma_{cr,s}$.

(10) Якщо стінки мають елементи жорсткості, понижувальний коефіцієнт χ_d має обчислюватися за методикою, наведеною у 5.5.3.1(5), але зі змінним пружним критичним напруженням $\sigma_{cr,mod}$, наведеним у 5.5.4.4.

(11) При визначенні властивостей ефективного перерізу, приведена ефективна площа $A_{s,red}$ повинна бути визначена з врахуванням приведеної товщини $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ для всіх частин поперечного перерізу, що входять до A_s .

5.5.4.3 Стінки з більше ніж двома елементами жорсткості під змінним напруженням по висоті стінки

(1) Ефективний поперечний переріз стиснутої зони стінки складається з приведених ефективних площ $A_{s,red}$ не більше ніж двох проміжних елементів жорсткості, смуги, що прилягає до стиснутої полиці та смуги, що прилягає до центральної осі поперечного перерізу профілю, див. рисунок 5.7. Стінки під рівномірним стискальним напруженням розраховуються так само, як підкріплені полиці.

(2) Ефективний поперечний переріз стінки, як показано на рисунку 5.7, має включати в себе:

a) смугу, прилеглу до стиснутої полиці, ширина якої $s_a / 2$ і ефективна товщина $t_{eff,a}$.

b) приведену ефективну площу $A_{s,red}$ кожного елемента жорсткості в стінці, але не більше ніж двох елементів;

c) смугу, ширина якої $2s_n / 3$, що прилягає до центральної осі ефективного перерізу;

d) розтягнута частина стінки.

(9) If the webs are unstiffened, the reduction factor χ_d should be obtained directly from $\sigma_{cr,s}$ using the method given in 5.5.3.1(5).

(10) If the webs are also stiffened, the reduction factor χ_d should be obtained using the method given in 5.5.3.1(5), but with the modified elastic critical stress $\sigma_{cr,mod}$ given in 5.5.4.4.

(11) In determining effective section properties, the reduced effective area $A_{s,red}$ should be represented by using a reduced thickness $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ for all the cross-section parts included in A_s .

5.5.4.3 Webs with up to two intermediate stiffeners under stress gradient

(1) The effective cross-section of the compressed zone of a web should be assumed to consist of the reduced effective areas, $A_{s,red}$ of up to two intermediate stiffeners, a strip adjacent to the compression flange and a strip adjacent to the centroidal axis of the profile cross-section, see Figure 5.7. Webs under uniform compression stress should be treated analogously to stiffened flanges.

(2) The effective cross-section of a web as shown in Figure 5.7 should be taken to include:

a) a strip of width $s_a / 2$ and effective thickness $t_{eff,a}$ adjacent to the compression flange;

b) the reduced effective area $A_{s,red}$ of each web stiffener up to a maximum of two;

c) a strip of width $2s_n / 3$ adjacent to the effective centroidal axis;

d) the part of the web in tension.

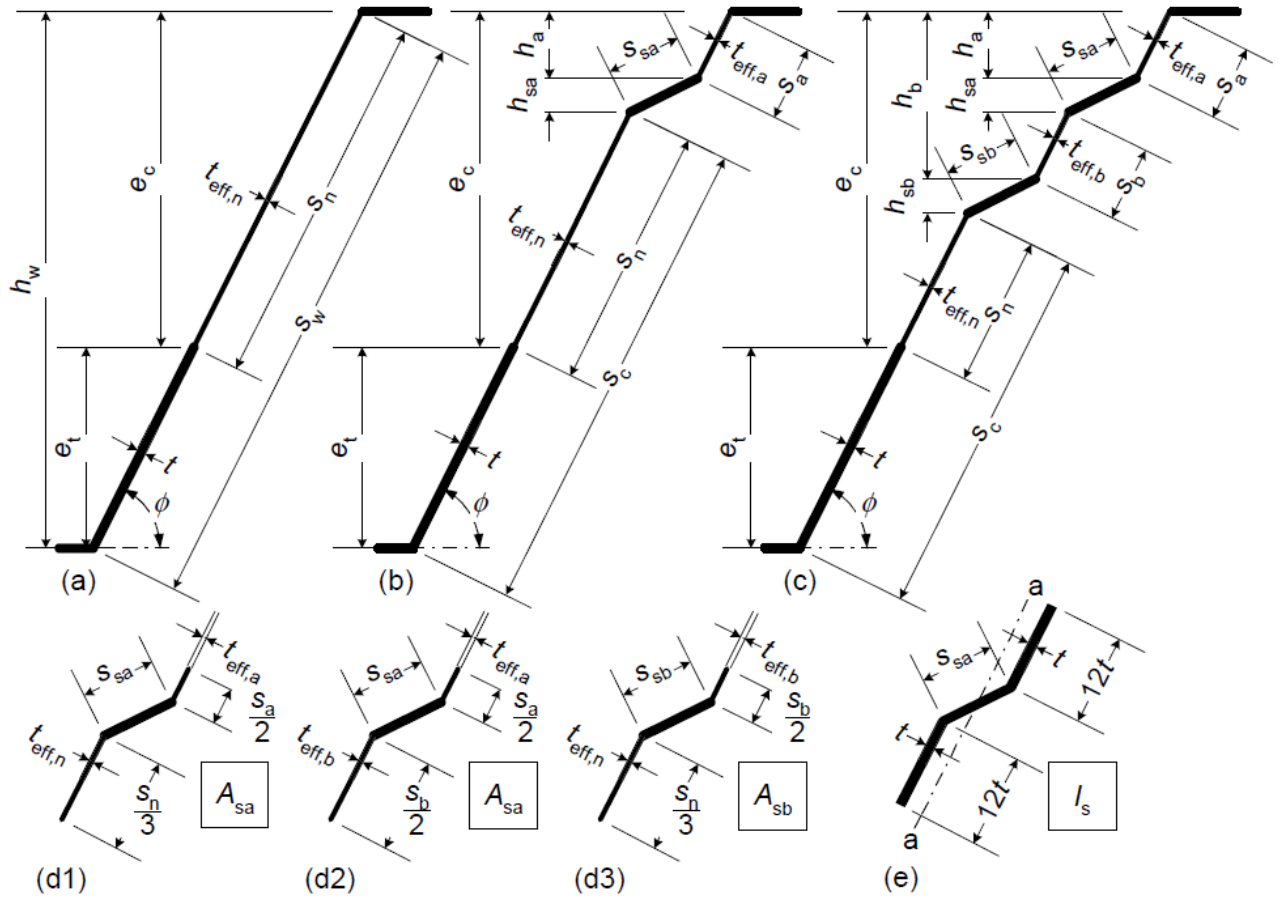


Рисунок 5.7 – Ефективний поперечний переріз стінок холодноформованих листів
Figure 5.7 – Effective cross-sections of webs of cold-formed profiled sheets

(3) Початкові ефективні площі визначаються наступним чином:

- для одинарного елемента жорсткості:

$$A_{sa} = \left(t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t s_{sa} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right),$$

Figure 5.7(d1) (5.20a)

Рисунок 5.7(d1) (5.20a)

- для елемента жорсткості, розташованого ближче до стиснутої полиці у стінках з двома елементами жорсткості:

$$A_{sa} = \left(t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t s_{sa} + t_{eff,b} \frac{s_b}{3} \right),$$

Figure 5.7(d2) (5.20b)

Рисунок 5.7(d2) (5.20b)

- для другого елемента жорсткості:

$$A_{sb} = \left(t_{eff,b} \frac{s_b}{2} + t s_{sb} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right),$$

Figure 5.7(d3) (5.21)

Рисунок 5.7(d3) (5.21)

де розміри s_a , s_{sa} , s_b , s_{sb} , та s_n такі ж, як

(3) The initial effective areas should be obtained from the following:

- for a single stiffener:

- for the stiffener closer to the compression flange in webs with two stiffeners:

- for a second stiffener

in which the dimensions s_a , s_{sa} , s_b , s_{sb} , and

вказано на рисунку 5.7 і $t_{eff,a}$, $t_{eff,b}$ і $t_{eff,n}$ наведені у (5).

(4) Початково місце ефективної центральної осі визначається на базі площ полиць і стінок. При цьому площі полиць – ефективні, а площі стінок – бруто.

(5) Якщо гнучкість $\bar{\lambda}_p$ стиснутої зони стінки є більшою за $\bar{\lambda}_{lim}$ (див. 5.5.2(4)), то ефективна товщина $t_{eff,a}$, $t_{eff,b}$ і $t_{eff,n}$ має визначатися наступним чином:

де ρ обчислюється за допомогою формули (5.2) з гнучкістю $\bar{\lambda}_p$ та коефіцієнтом співвідношення навантажень ψ згідно таблиці 5.5, де e_c та e_t - відстані від ефективної центральної осі до системної лінії стиску і розтягу полиці, див. рисунок 5.7, та розміри h_a , h_b , h_{sa} , h_{sb} , s_n та ϕ показані на рисунку 5.7.

(6) Щоб розрахувати початкову ефективну площу A_{sa} та A_{sb} елементів жорсткості стінки, s_a і s_b діляться на дві рівні частини $s_a/2$ і $s_b/2$. Частина стінки s_n над центральною віссю ділиться на одну частину $s_n/3$, що прилягає до елемента жорсткості, рисунок 5.7 (d1) і (d3) і одну частину $2s_n/3$, що прилягає до центральної осі.

s_n are as shown in Figure 5.7 and $t_{eff,a}$, $t_{eff,b}$ and $t_{eff,n}$ are given in (5).

(4) Initially the location of the effective centroidal axis should be based on the effective area of the flanges but with the gross area of the webs.

(5) If the slenderness $\bar{\lambda}_p$ of the part of the web which is in compression is larger than $\bar{\lambda}_{lim}$ (see 5.5.2(4)), the effective thickness $t_{eff,a}$, $t_{eff,b}$ and $t_{eff,n}$ should be determined as follows:

$$t_{eff} = \rho t \quad (5.22)$$

where ρ is calculated using expression (5.2) with slenderness $\bar{\lambda}_p$ and stress relation factor ψ according to Table 5.5, where e_c and e_t are the distances from the effective centroidal axis to the system line of the compression and tension flange, see Figure 5.7, and the dimensions h_a , h_b , h_{sa} , h_{sb} , s_n and ϕ are as shown in Figure 5.7.

(6) To calculate the initial effective area A_{sa} and A_{sb} of web stiffeners, s_a and s_b are divided into two equal parts $s_a/2$ and $s_b/2$. The web part s_n over the centroidal axis is divided into one part $s_n/3$ adjacent to the stiffener, Figure 5.7 (d1) and (d3), and one part $2s_n/3$ adjacent to the centroidal axis.

Таблиця 5.5 – Гнучкість $\bar{\lambda}_p$ та коефіцієнт співвідношення напружень ψ для стінки з елементами жорсткості

Table 5.5 – Slenderness $\bar{\lambda}_p$ and stress relation factor ψ for a web with stiffeners

| Місцезрештування полиці | Частина стінки | Гнучкість $\bar{\lambda}_p$ | Коефіцієнт співвідношення навантажень ψ |
|--|----------------|-------------------------------|--|
| Розташування частини стінки | Web part | Slenderness $\bar{\lambda}_p$ | Stress relation factor ψ |
| Без елементів жорсткості, Рисунок 5.7 (a) No stiffeners, Figure 5.7 (a) | | | |

| Продовження таблиці 5.5 | | | |
|--|-------|---|---|
| Між стиснутою полицею та центральною віссю Between compression flange and centroidal axis | s_n | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = -\frac{e_t}{e_c}$ |
| Один елемент жорсткості, рисунок 5.7 (b) One stiffener, Figure 5.7 (b) | | | |
| Прилегла до стиснутої полиці Adjacent to compression flange | s_a | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$ |
| Прилегла до центральної осі Adjacent to centroidal axis | s_b | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$ |
| Два елемента жорсткості, рисунок 5.7 (c) Two stiffeners, Figure 5.7 (c) | | | |
| Прилегла до стиснутої полиці Adjacent to compression flange | s_a | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$ |
| Між двома елементами жорсткості Between stiffeners | s_b | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_b}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_b}{e_c - h_a - h_{sa}}$ |
| Прилегла до центральної осі Adjacent to centroidal axis | s_n | $\bar{\lambda}_p = \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$ |

(7) Для одинарного елемента жорсткості, або для елемента жорсткості, розташованого ближче до стиснутої полиці, у стінці з двома елементами жорсткості, пружне згинальне напруження $s_{cr,sa}$ має визначатися з використанням:

(7) For a single stiffener, or for the stiffener closer to the compression flange in webs with two stiffeners, the elastic buckling stress $s_{cr,sa}$ should be determined using:

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05k_f E \sqrt{I_{sa} t^3 s_1}}{A_{sa} s_2 (s_1 - s_2)} \quad (5.23)$$

де s_1 та s_2 задаються наступним чином:
- для одного елемента жорсткості:

in which s_1 and s_2 are given by the following:
- for a single stiffener:

$$s_1 = 0,9(s_a + s_{sa} + s_c) ,$$

$$s_2 = s_1 - s_a - 0,5s_{sa} \quad (5.24)$$

- для елемента жорсткості, розташованого ближче до стиснутої полиці, у стінці з двома елементами жорсткості, в яких інший елемент жорсткості є розтягненим, або розташованим ближче до центральної осі:

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_b + 0,5(s_{sb} + s_c) ,$$

$$s_2 = s_1 - s_a - 0,5s_{sa} \quad (5.25)$$

де: k_f - коефіцієнт, що враховує часткове обмеження повороту елемента жорсткості стінки полицями;

I_{sa} - момент інерції поперечного перерізу з елементами жорсткості, що включає згин, товщину s_{sa} , та дві прилеглі смуги, кожна шириною $12t$, відносно його власної центральної осі, паралельної до плоских частин поперечного перерізу стінки, див. рисунок 5.7(е). При обчисленні I_{sa} можливою різницею ухилів плоских частин поперечного перерізу з кожного боку елемента жорсткості можна знехтувати.

(8) За відсутності більш детальних досліджень, у запас, коефіцієнт обмеження повороту k_f може бути прийнятий за одиницю, що відповідає умові шарнірного обпирання.

(9) Для одиночного стиснутого елемента жорсткості, або для елемента жорсткості, розташованого ближче до стиснутої полиці, у стінці з двома елементами жорсткості приведена ефективна площа $A_{sa,red}$ (Крок 2 нарисунку 5.5) має визначатися наступним чином:

$$A_{sa,red} = \frac{\chi_d A_{sa}}{1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{e_c}}$$

(10) Якщо на полицях також є елементи жорсткості, понижувальний коефіцієнт χ_d обчислюється за методикою, що вказана у 5.5.3.1(5), але зі зміненим значенням пружного критичного напруження $\sigma_{cr,mod}$, що наведене у 5.5.4.4.

- for the stiffener closer to the compression flange, in webs with two stiffeners where the other stiffener is in tension or close to the centroidal axis:

where: k_f is a coefficient that allows for partial rotation restraint of the stiffened web by the flanges;

I_{sa} is the second moment of area of a stiffener cross-section comprising the fold, width s_{sa} , and two adjacent strips, each of width $12t$, about its own centroidal axis parallel to the plane web cross-section parts, see Figure 5.7(e). In calculating I_{sa} the possible difference in slope between the plane cross-section parts on either side of the stiffener may be neglected.

(8) In the absence of a more detailed investigation, the rotational restraint coefficient k_f may conservatively be taken as equal to 1,0 corresponding to a pin-jointed condition.

(9) For a single stiffener in compression, or for the stiffener closer to the compression flange in a web with two stiffeners, the reduced effective area $A_{sa,red}$ (Step 2 in Figure 5.5) should be determined from:

$$\text{але/ but } A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (5.26)$$

(10) If the flanges are also stiffened, the reduction factor χ_d should be obtained using the method given in 5.5.3.1(5), but with the modified elastic critical stress $\sigma_{cr,mod}$ given in 5.5.4.4.

(11) Якщо одинарний елемент жорсткості є розтягнутим, приведена ефективна площа $A_{sa,red}$ приймається рівною A_{sa} .

(12) Для стінок з двома елементами жорсткості приведена ефективна площа $A_{sb,red}$ другого елемента, ближчого до нейтральної осі, приймається рівною A_{sb} .

(13) При визначенні геометричних характеристик ефективного перерізу, приведена ефективна площа $A_{sa,red}$ повинна бути визначена з урахуванням приведеної товщини $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ для усіх частин поперечних перерізів, що входять до A_{sa} .

(14) Якщо $\chi_d < 1$, то, за необхідності, її можна розрахувати шляхом ітерації, див. 5.5.3(7).

(15) Для властивостей ефективного перерізу при граничних станах за експлуатаційною придатністю, див. 7.1.

5.5.4.4 Профільовані листи з елементами жорсткості на полицях та стінках

(1) Для профільованих листів з проміжними елементами жорсткості на полицях та стінках, див. рисунок 5.8, взаємодія між загальною втратою стійкості елементів жорсткості на полицях та стінках повинна враховуватись з використанням приведенного пружного критичного напруження $\sigma_{cr,mod}$ для обох типів елементів, що обчислене за формулою:

$$\sigma_{cr,mod} = \frac{\sigma_{cr,s}}{\sqrt[4]{1 + \left[\beta_s \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}} \right]^4}} \quad (5.27)$$

де: $\sigma_{cr,s}$ - пружне критичне напруження для проміжних елементів жорсткості полиць, див. 5.5.4.2(2), для полиці з одиночним елементом жорсткості чи 5.5.4.2(3) для полиці з двома елементами жорсткості.

$\sigma_{cr,sa}$ - пружне критичне напруження для одиночного елемента жорсткості стінки, чи для елемента жорсткості, що розташований ближче до стиснутої полиці для стінки з

(11) For a single stiffener in tension, the reduced effective area $A_{sa,red}$ should be taken as equal to A_{sa} .

(12) For webs with two stiffeners, the reduced effective area $A_{sb,red}$ for the second stiffener, close to the neutral axis, should be taken as equal to A_{sb} .

(13) In determining effective section properties, the reduced effective area $A_{sa,red}$ should be represented by using a reduced thickness $t_{red} = \chi_d t_{eff}$ for all the cross-section parts included in A_{sa} .

(14) If $\chi_d < 1$ it may optionally be refined iteratively, see 5.5.3(7).

(15) For the effective section properties at serviceability limit states, see 7.1.

5.5.4.4 Sheeting with flange stiffeners and web stiffeners

(1) In the case of sheeting with intermediate stiffeners in the flanges and in the webs, see Figure 5.8, interaction between the distortional buckling of the flange stiffeners and the web stiffeners should be allowed for by using a modified elastic critical stress $\sigma_{cr,mod}$ for both types of stiffeners, obtained from:

where: $\sigma_{cr,s}$ is the elastic critical stress for an intermediate flange stiffener, see 5.5.4.2(2) for a flange with a single stiffener or 5.5.4.2(3) for a flange with two stiffeners;

$\sigma_{cr,sa}$ is the elastic critical stress for a single web stiffener, or the stiffener closer to the compression flange in webs with two stiffeners, see 5.5.4.3(7).

двома елементами жорсткості, див. 5.5.4.3(7).

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5h_{sa}) / e_c$ - для профілю під дією згину

$\beta_s = 1$ - для профілю під дією поздовжнього стиску

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5h_{sa}) / e_c$ for a profile in bending

$\beta_s = 1$ for a profile in axial compression

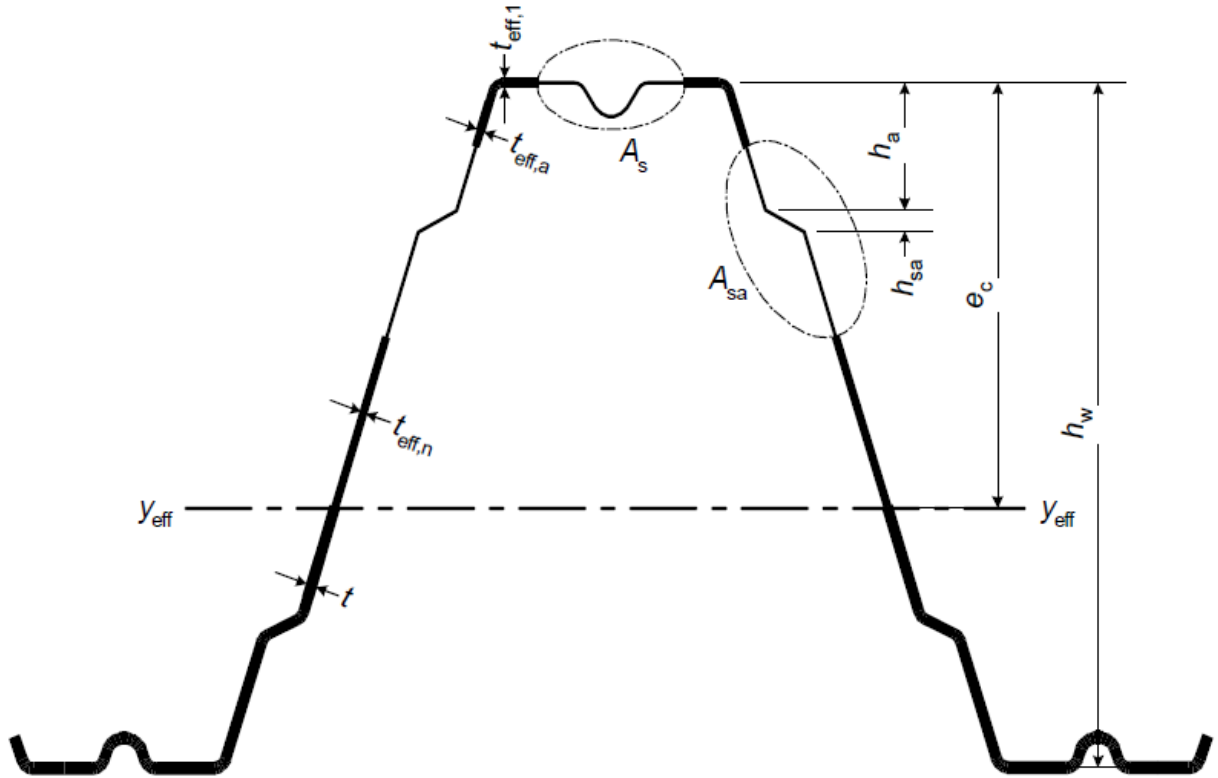


Рисунок 5.8 – Ефективний поперечний переріз холодноформованого профільованого листа з елементами жорсткості на полицях та стінках

Figure 5.8 – Effective cross section of cold-formed profiled sheeting with flange stiffeners and web stiffeners

6 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА НЕСУЧОЮ ЗДАТНІСТЮ

6.1 Опір поперечних перерізів

6.1.1 Загальні положення

(1) Норми у цьому розділі відносяться до проектування шляхом розрахунків.

(2) Проектування шляхом випробувань завжди може замінити проектування шляхом розрахунків, див. розділ 9 та Додаток А.

Примітка. Розрахунок шляхом випробувань є пріоритетним для поперечних перерізів з відносно високим співвідношенням b_p/t , наприклад у випадку непружної роботи, пружно-пластичної

6 ULTIMATE LIMIT STATES

6.1 Resistance of cross-sections

6.1.1 General

(1) The rules in this section apply to the design by calculation.

(2) Design assisted by testing may be used instead of design by calculation for any resistance, see Section 9 and Annex A.

NOTE: Design assisted by testing is particularly likely to be beneficial for cross sections with relatively high b_p/t ratios, e.g. in relation to inelastic behaviour, web

втрати стійкості стінки чи в разі впливу запізненого зсуву.

(3) При проектуванні шляхом розрахунків, до уваги слід брати вплив місцевої та загальної втрати стійкості, для чого слід врахувати характеристики ефективного перерізу, що визначаються, як вказано у 5.5.

(4) Опір втраті стійкості елементів профільованого листа під впливом стиску має перевірятися згідно вимог 6.2.

6.1.2 Поздовжній розтяг

(1) Розрахунковий опір поперечного перерізу при дії рівномірного розтягу $N_{t,Rd}$ слід визначати за формулою:

$$N_{t,Rd} = \frac{f_0 A_g}{\gamma_{M1}}$$

де: A_g – площа бруutto поперечного перерізу;

$F_{net,Rd}$ - опір перерізу-нетто для відповідного типу механічної кріпильної деталі

6.1.3 Поздовжній стиск

(1) Розрахунковий опір поперечного перерізу при дії стиску $N_{c,Rd}$ слід визначати так:

- якщо ефективна площа A_{eff} є меншою за площу бруutto A_g (переріз зменшено для врахування місцевої та/або загальної втрати стійкості)

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.2)$$

- якщо ефективна площа A_{eff} дорівнює площі бруutto A_g (переріз не зменшено для врахування місцевої та/або загальної втрати стійкості)

$$N_{c,Rd} = A_g f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.3)$$

де:

A_{eff} - ефективна площа поперечного перерізу, обчислена за 5.5.2, якщо припустити, що рівномірне стискаюче

crippling or shear lag.

(3) For design by calculation, the effects of local buckling and distortional buckling should be taken into account by using effective section properties determined as specified in 5.5.

(4) The buckling resistance of sheeting members in compression should be verified as specified in 6.2.

6.1.2 Axial tension

(1) The design resistance of a cross-section for uniform tension $N_{t,Rd}$ should be determined from:

$$\text{але / but} \quad N_{t,Rd} \leq F_{net,Rd} \quad (6.1)$$

where: A_g is the gross area of the cross-section;

$F_{net,Rd}$ is the net-section resistance for the appropriate type of mechanical fastener.

6.1.3 Axial compression

(1) The design resistance of a cross-section for compression $N_{c,Rd}$ should be determined from:

- if the effective area A_{eff} is less than the gross area A_g (section with reduction due to local and/or distortional buckling)

- if the effective area A_{eff} is equal to the gross area A_g (section with no reduction due to local or distortional buckling)

where:

A_{eff} is the effective area of the cross-section, obtained from 5.5.2 by assuming a uniform compressive stress equal to f_0 / γ_{M1} .

напруження дорівнює f_0 / γ_{M1} .

(2) Внутрішнє нормальне зусилля у елементі повинно бути прикладене до центра ваги його поперечного перерізу брутто. Це традиційний підхід, але його можна використовувати без подальшого аналізу. Подальший аналіз дасть більш реальну картину розподілу внутрішніх зусиль, наприклад, у випадку рівномірно зростаючого вертикального напруження у стиснутій частині поперечного перерізу.

(3) Міцність поперечного перерізу при рівномірному стиску слід розраховувати від поздовжнього навантаження, що прикладене в центрі ваги ефективного поперечного перерізу. Якщо центр ваги ефективного поперечного перерізу не співпадає з центром ваги повного поперечного перерізу, то слід прийняти до уваги ексцентриситет e_N відносно центральної осі (див. рисунок 6.1), визначений по методиці, що наведена у 6.1.9. Якщо врахування ексцентриситету дає кращий результат, тоді ним можна знехтувати за умови, що ексцентриситет розрахований при врахуванні умовної межі текучості, а не дійсних стискаючих зусиль.

(2) The internal normal force in a member should be taken as acting at the centroid of its gross cross-section. This is a conservative assumption, but can be used without further analysis. Further analysis may give a more realistic situation of the internal forces for instance in case of uniformly building-up of normal force in the compression cross-section part.

(3) The design compression resistance of a cross-section for uniform compression should be assumed to act at the centroid of its effective cross-section. If this does not coincide with the centroid of its gross cross-section, the shift e_N of the centroidal axes (see Figure 6.1) should be taken into account, using the method given in 6.1.9. If the shift of the neutral axis gives a favourable result, then that shift should be neglected only if the shift has been calculated at yield strength and not with the actual compressive stresses.

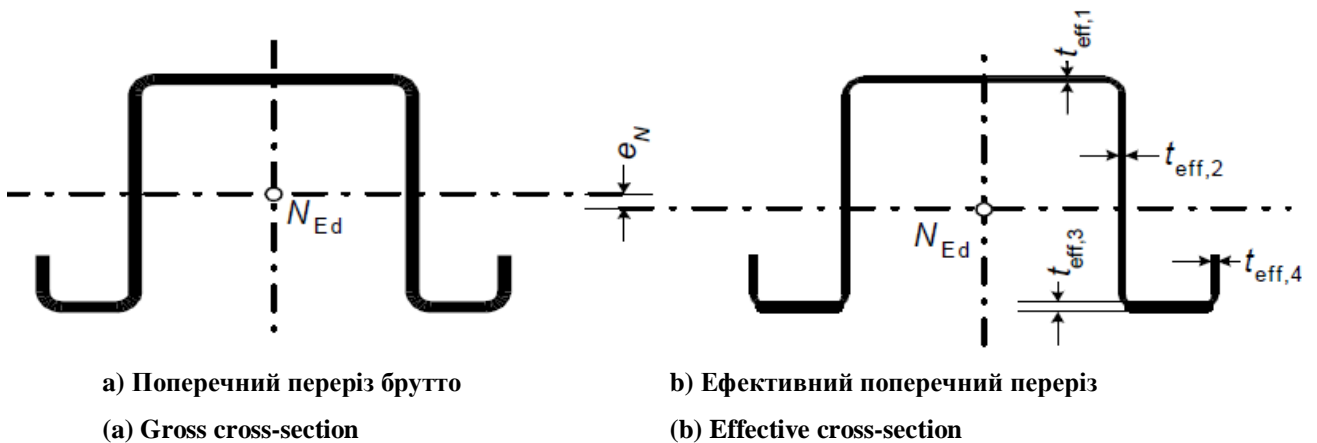


Рисунок 6.1 – Демонстрація ексцентриситету у поперечному перерізі під дією стиску

Figure 6.1 – Illustration of shift of neutral axis in cross-section under compression

6.1.4 Згинальний момент

6.1.4.1 Пружний та пружно-пластичний опір з пластичними деформаціями стиснутої полиці

(1) Розрахунковий момент опору при згині $M_{c,Rd}$ для поперечного перерізу обчислюється наступним чином:

- якщо W_{eff} - момент опору ефективного перерізу є меншим за пружний момент опору повного перерізу W_{el} :

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.4)$$

- якщо W_{eff} - момент опору ефективного перерізу дорівнює пружному моменту опору повного перерізу W_{el} :

$$M_{c,Rd} = f_0 W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) 4(1 - \lambda / \lambda_{e1}) / \gamma_{M1} \text{ але не більше ніж/ but not more than } W_{pl} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.5)$$

де λ - гнучкість частини поперечного перерізу, що відповідає найбільшому значенню λ / λ_{e1} ;

Для двічі обпертих плоских частин поперечного перерізу $\lambda = \bar{\lambda}_p$ і $\lambda_{e1} = \bar{\lambda}_{lim}$ де $\bar{\lambda}_{lim}$ знаходиться за табл. 5.2;

Для підсиленої частини поперечного перерізу $\lambda = \bar{\lambda}_s$ і $\lambda_{e1} = 0,25$, див. 5.5.3.1.

Примітка. Результований опір згинальному моменту, як функція гнучкості найбільш гнучкої частини поперечного перерізу, показаний нарисунку 6.2.

6.1.4 Bending moment

6.1.4.1 Elastic and elastic-plastic resistance with yielding at the compressed flange

(1) The design moment resistance of a cross-section for bending $M_{c,Rd}$ should be determined as follows:

- if the effective section modulus W_{eff} is less than the gross elastic section modulus W_{el} :

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.4)$$

- if the effective section modulus W_{eff} is equal to the gross elastic section modulus W_{el} :

$$M_{c,Rd} = f_0 W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) 4(1 - \lambda / \lambda_{e1}) / \gamma_{M1} \text{ але не більше ніж/ but not more than } W_{pl} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.5)$$

where: λ is the slenderness of the cross-section part which correspond to the largest value of λ / λ_{e1} ;

For double supported plane cross-section parts $\lambda = \bar{\lambda}_p$ and $\lambda_{e1} = \bar{\lambda}_{lim}$ where $\bar{\lambda}_{lim}$ is found in Table 5.2;

For stiffened cross-section parts $\lambda = \bar{\lambda}_s$ and $\lambda_{e1} = 0,25$, see 5.5.3.1.

NOTE: The resulting bending moment resistance as a function of the slenderness of the most slender cross-section part is illustrated in Figure 6.2.

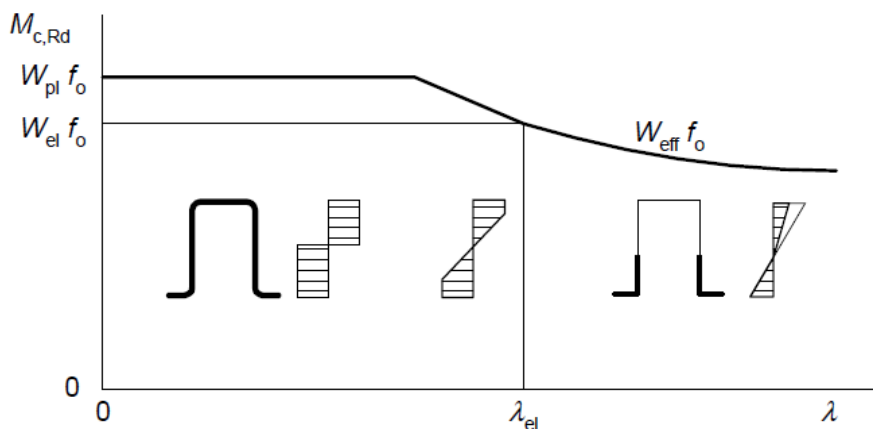


Рисунок 6.2 – Опір згинальному моменту, як функція гнучкості
Figure 6.2 – Bending moment resistance as a function of the slenderness

(2) Формулу (6.5) можна застосовувати за умови, що нахил стінки відносно полиці ϕ (див. рисунок 6.5) менший за 60° .

(3) Якщо умова (2) не виконується, слід використовувати наступну формулу:

$$M_{c,Rd} = W_{e1} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.6)$$

(4) Ефективний момент опору W_{eff} має визначатися на основі ефективного поперечного перерізу, на який діє лише згинальний момент, при максимальному напруженні $\sigma_{max,Ed}$, що дорівнює f_0 / γ_{M1} і при врахуванні впливу місцевої та загальної втрати стійкості, як вказано у 5.5. Ефект запізненого зсуву, береться до уваги, якщо він суттєвий (див. EN 1999-1-1).

(5) Коефіцієнт напруження $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$, що використовується для визначення ефективних частин стінки, може бути розрахований через ефективну площу стиснутої полиці та площу стінки бруто, див. рисунок 6.3.

(6) При початковому розвитку текучості на стиснутому краю поперечного перерізу, окрім врахування умови, що наведена в 6.1.4.2, значення W_{eff} повинне визначатися з врахуванням лінійного розподілу напружень по всьому поперечному перерізу.

(2) Expression (6.5) is applicable provided that the slope ϕ of the web relative to the flanges (see Figure 6.5) is less than 60° .

(3) If (2) is not fulfilled the following expression should be used:

$$M_{c,Rd} = W_{e1} f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.6)$$

(4) The effective section modulus W_{eff} should be based on an effective cross-section that is subject only to bending moment, with a maximum stress $\sigma_{max,Ed}$ equal to f_0 / γ_{M1} , allowing for the effects of local and distortional buckling as specified in 5.5. Where shear lag is relevant (see EN 1999-1-1), allowance should also be made for its effects.

(5) The stress ratio $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$ used to determine the effective portions of the web may be obtained by using the effective area of the compression flange but the gross area of the web, see Figure 6.3.

(6) If yielding occurs first at the compression edge of the cross-section, unless the conditions given in 6.1.4.2 are met the value of W_{eff} should be based on a linear distribution of stress across the cross-section.

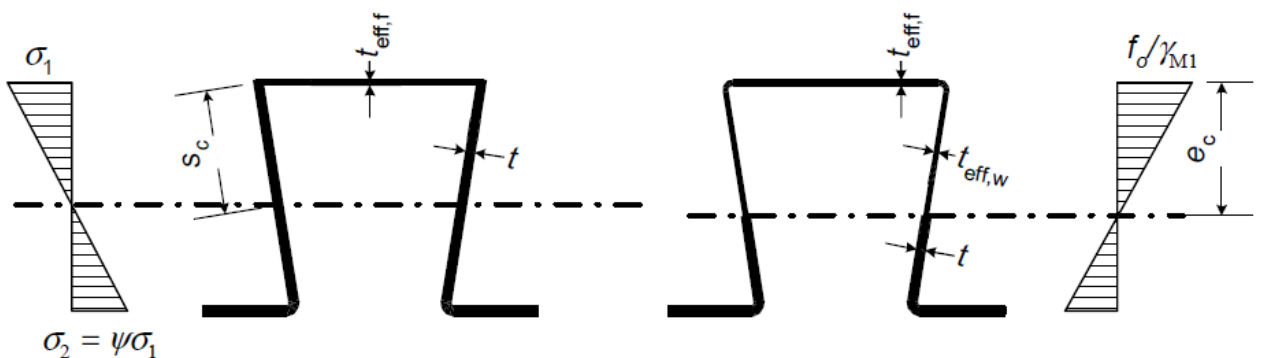


Рисунок 6.3 – Ефективний поперечний переріз для визначення опору згинальним моментам

Figure 6.3 – Effective cross-section for resistance to bending moments

(7) Якщо при виконанні загального розрахунку допускається перерозподіл згинальних моментів, то слід задовольнити

(7) If redistribution of bending moments is assumed in the global analysis the provisions given in 7.2 should be satisfied. If the residual

умову 7.2. Якщо залишковий момент на проміжній опорі не вважається рівним нулю, то діючий залишковий момент повинен визначатися експериментально.

6.1.4.2 Пружний та пружно-пластичний опір з пластичними деформаціями лише для розтягнутої полиці

(1) За умови, що пластична деформація спочатку з'являється на розтягнутому краю, здатність протистояти пластичним деформаціям у розтягнутій зоні може бути використана без обмеження напружень доти, доки максимальне стискаюче напруження $\sigma_{com,Ed}$ не досягне f_0/γ_{M1} . Для поздовжнього навантаження та згину слід використовувати 6.1.8 чи 6.1.9

(2) У цьому випадку ефективний частковий пластичний момент опору $W_{pp,eff}$, слід визначати, виходячи з того, що розподіл напружень є білінійним у розтягнутій зоні, але лінійним у стиснутій.

(3) За відсутності більш детального розрахунку, ефективну товщину стінок t_{eff} можна визначити з використанням 5.5.2, базуючись на розмірі e_c для білінійного розподілу напружень (див. рисунок 6.4) з використанням $\psi = -1$.



Рисунок 6.4 – Розмір e_c для визначення ефективної товщини
Figure 6.4 – Measure e_c for determination of effective thickness

(4) Якщо у загальному розрахунку допускається перерозподіл згинальних моментів, то має задовольнятися умова 7.2. Якщо залишковий момент на проміжній опорі не вважається рівним нулю, то діючий залишковий момент повинен визначатися експериментально.

moment at the intermediate support is not assumed to be zero, the acting residual moment should be determined by test.

6.1.4.2 Elastic and elastic-plastic resistance with yielding at the tension flange only

(1) Provided that yielding occurs first at the tension edge, plastic reserves in the tension zone may be utilised without any strain limitation until the maximum compressive stress $\sigma_{com,Ed}$ reaches f_0/γ_{M1} . In this clause only the bending case is considered. For axial load and bending 6.1.8 or 6.1.9 should be applied.

(2) In this case, the effective partially plastic section modulus $W_{pp,eff}$ should be based on a stress distribution that is bilinear in the tension zone but linear in the compression zone.

(3) In the absence of a more detailed analysis, the effective thickness t_{eff} of the webs may be obtained using 5.5.2 by basing e_c on the bilinear stress distribution (see Figure 6.4), by assuming $\psi = -1$.

(4) If redistribution of bending moments is assumed in the global analysis the provisions given in 7.2 should be satisfied. If the residual moment at the intermediate support is not assumed to be zero, the acting residual moment should be determined by test.

6.1.4.3 Ефекти запізненого зсуву

(1) Ефекти запізненого зсуву слід враховувати згідно EN 1999-1-1.

(2) Якщо полиці з $b/t \leq 300$, то ефектом запізненого зсуву можна знехтувати.

6.1.5 Перерізувальна сила

(1) Опір зрізу $V_{b,Rd}$ має визначатися за формулою:

$$V_{b,Rd} = (h_w / \sin \phi) t f_{bv} / \gamma_{M1} \quad (6.7)$$

де: f_{bv} - межа міцності на зріз з урахуванням втрати стійкості, згідно Таблиці 6.1;

h_w - висота стінки, виміряна між серединними лініями полиць, див. рисунок 6.5;

ϕ - нахил стінки відносно полиць.

6.1.4.3 Effects of shear lag

(1) The effects of shear lag should be taken into account according to EN 1999-1-1.

(2) Shear lag effects may be ignored for flanges with $b/t \leq 300$.

6.1.5 Shear force

(1) The shear resistance $V_{b,Rd}$ should be determined from:

where: f_{bv} is the shear strength considering buckling according to Table 6.1;

h_w is the web height between the midlines of the flanges, see Figure 6.5;

ϕ is the slope of the web relative to the flanges.

Таблиця 6.1 – Зв'язок між межею міцності на зріз з урахуванням втрати стійкості f_{bv} та значенням умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$

Table 6.1 – Shear buckling strength f_{bv} in relation to web slenderness parameter $\bar{\lambda}_w$

| Умовна гнучкість стінки | Стінка без елемента жорсткості на опорі | Стінка з елементом жорсткості на опорі ¹⁾ |
|--|---|--|
| Web slenderness parameter | Web without stiffening at the support | Web with stiffening at the support ¹⁾ |
| $\bar{\lambda}_w \geq 0,83$ | $0,58 f_0$ | $0,58 f_0$ |
| $0,83 < \bar{\lambda}_w \leq 1,40$ | $0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$ | $0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$ |
| $\bar{\lambda}_w \geq 1,40$ | $0,67 f_0 / \bar{\lambda}_w^2$ | $0,48 f_0 / \bar{\lambda}_w$ |
| 1) Закріплення на опорі, такі як ребра жорсткості, що мають попереджати деформацію стінки й розраховані, щоб витримувати опорні реакції. | | |
| 1) Stiffening at the support, such as cleats, arranged to prevent distortion of the web and designed to resist the support reaction. | | |

(2) Умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_w$ має розраховуватися наступним чином:
- для стінок без поздовжніх елементів жорсткості:

(2) The web slenderness parameter $\bar{\lambda}_w$ should be obtained from the following:
- for webs without longitudinal stiffeners:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.8a)$$

- для стінок з поздовжніми елементами жорсткості, див. рисунок 6.5;

- for webs with longitudinal stiffeners, see Figure 6.5:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5,34 f_0}{k_\tau E}} \quad \text{але/but} \quad \bar{\lambda}_w \geq 0,346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.8b)$$

з/with:

$$k_\tau = 5,34 + \frac{2,10}{t} \sqrt[3]{\frac{\sum I_s}{s_d}} \quad (6.9)$$

де: I_s - момент інерції окремого поздовжнього елемента жорсткості, що визначається відносно осі a-a, як показано на рисунку 6.5;

where: I_s is the second moment of area of the individual longitudinal stiffener, about the axis a - a as indicated in Figure 6.5;

s_d - розгорнута загальна похила висота стінки, як позначено на рисунку 6.5;

s_d is the total developed slant height of the web, as indicated in Figure 6.5;

s_p - похила висота найбільшої плоскої частини стінки, див. рисунок 6.5;

s_p is the slant height of the largest plane part in the web, see Figure 6.5;

s_w - похила висота стінки, що показана на рисунку 6.5, виміряна між центрами кутів, див. рисунок 6.5;

s_w is the slant height of the web, as shown in Figure 6.5, between the midpoints of the corners, see Figure 6.5.

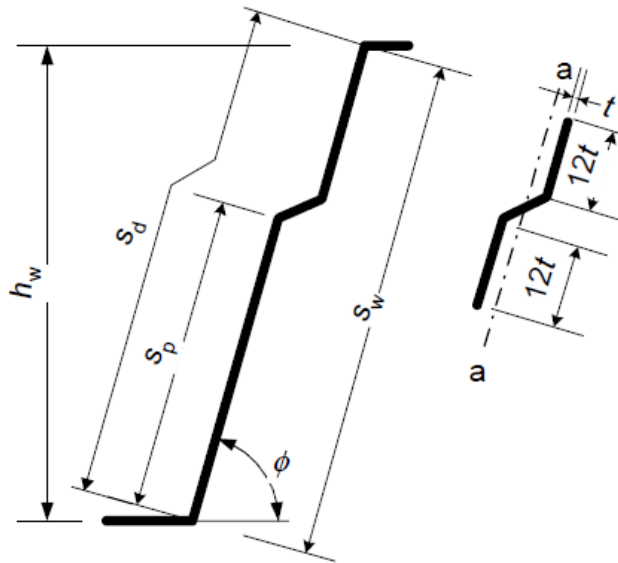


Рисунок 6.5 – Геометрія стінки з поздовжніми елементами жорсткості та ефективний поперечний переріз елементів жорсткості

Figure 6.5 – Geometry of a longitudinally stiffened web and effective cross section of stiffener

6.1.6 Кручення

(1) У профільованих листах зазвичай нехтують крутильною жорсткістю та опором крученню.

6.1.6 Torsion

(1) Torsion stiffness and resistance is negligible in profiled sheeting.

6.1.7 Місцеві поперечні сили

6.1.7.1 Загальні положення

(1) Для запобігання руйнуванню, пошкодженню чи випинанню стінки, що піддається дії опорної реакції чи іншої поперечної сили, прикладеної до полиці, ця поперечна сила має відповідати умові:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd} \quad (6.10)$$

де $R_{w,Rd}$ - місцевий поперечний опір стінки.

(2) Місцевий поперечний опір стінки $R_{w,Rd}$ має обчислюватися наступним чином:

а) для непідкріплених стінок: за 6.1.7.2

б) для підкріплених стінок: за 6.1.7.3

(3) Там де місцеве навантаження чи опорна реакція передається через ребро жорсткості, встановлене для попередження деформацій стінки та розраховане на навантаження від місцевого поперечного зусилля, місцевий опір стінки поперечній силі можна не враховувати.

6.1.7.2 Поперечні перерізи з непідкріпленими стінками

(1) Місцевий поперечний опір непідкріпленої стінки (див. рисунок 6.6) має визначатися за (2), за умов врахування наступних критеріїв:

- відстань у просвіті c від реальної точки прикладення опорної реакції чи місцевого навантаження до вільного кінця (див. рисунок 6.7) має бути не меншою за 40 мм;

- поперечний переріз має задовольняти наступним умовам:

$$r/t \leq 10 \quad (6.11a)$$

$$h_w/t \leq 200 \sin \phi \quad (6.11b)$$

$$45 \leq \phi \leq 90^\circ \quad (6.11c)$$

де: h_w - висота стінки, виміряна між серединними лініями полиць;

r - внутрішній радіус кутів;

ϕ - нахил стінки відносно полиць

6.1.7 Local transverse forces

6.1.7.1 General

(1) To avoid crushing, crippling or buckling in a web subject to a support reaction or other local transverse force applied through the flange, the transverse force F_{Ed} should satisfy:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd} \quad (6.10)$$

where $R_{w,Rd}$ is the local transverse resistance of the web.

(2) The local transverse resistance of a web $R_{w,Rd}$ should be obtained as follows:

a) for unstiffened webs: from 6.1.7.2

b) for stiffened webs: from 6.1.7.3

(3) Where the local load or support reaction is applied through a cleat that is arranged to prevent distortion of the web and is designed to resist the local transverse force, the local resistance of the web to the transverse force need not be considered.

6.1.7.2 Cross-sections with unstiffened webs

(1) The local transverse resistance of an unstiffened web, see Figure 6.6, should be determined as specified in (2), provided that both of the following conditions are satisfied:

- the clear distance c from the actual bearing point for the support reaction or local load to a free end, see Figure 6.7, is at least 40mm;

- the cross-section satisfies the following criteria:

$$r/t \leq 10 \quad (6.11a)$$

$$h_w/t \leq 200 \sin \phi \quad (6.11b)$$

$$45 \leq \phi \leq 90^\circ \quad (6.11c)$$

where: h_w is the web height between the midlines of the flanges;

r is the internal radius of the corners;

ϕ is the slope of the web relative to the

(градуси).

flanges [degrees].

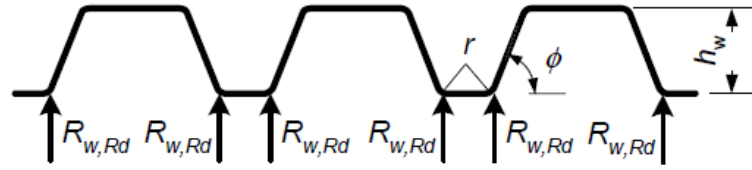


Рисунок 6.6 – Приклади поперечних перерізів з двома чи більше стінками
Figure 6.6 – Examples of cross-section with two or more webs

(2) Якщо задовольняються обидві умови, вказані у (1), місцевий поперечний опір $R_{w,Rd}$ стінки листового профілю має визначатися з:

$$R_{w,Rd} = \alpha t^2 \sqrt{f_0 E} (1 - 0,1 \sqrt{r/t}) (0,5 + \sqrt{0,02 l_a / t}) (2,4 + (\phi / 90)^2) / \gamma_{M1} \quad (6.12)$$

де: l_a - ефективна довжина опирання для врахованої категорії, див.(4);

α - коефіцієнт для врахованої категорії, див. (3);

s_w - похила довжина стінки ($= h_w / \sin \phi$);

r - внутрішній радіус кривизни ($r < 10t$).

(3) Значення коефіцієнта α має бути взяте зрисунок 6.7.

(4) Значення l_a має обчислюватися за пунктом (5). Максимальне розрахункове значення l_a - 200 мм. Коли опора є холодноформованим профілем з однією стінкою чи круглою трубою, s_s приймається рівним 10 мм. Відповідна категорія (1 чи 2) залежить від відстані у просвіті e між місцевим навантаженням та найближчою опорою, або від відстані в просвіті c від опорної реакції чи місцевого навантаження до вільного кінця (див. рисунок 6.7).

(5) Значення ефективної довжини опирання l_a для листових профілів має обчислюватися наступним чином:

а) для категорії 1:

$$l_a = s_s \quad \text{але/ but}$$

(2) Where both conditions specified in (1) are satisfied, the local transverse resistance $R_{w,Rd}$ per web of the sheeting profile should be determined from:

where: l_a is the effective bearing length for the relevant category, see (4);

α is the coefficient for the relevant category, see (3);

s_w is the slant length of the web ($= h_w / \sin \phi$);

r is the inner bending radius ($r < 10t$).

(3) The value of the coefficient α should be obtained from Figure 6.7.

(4) The values of l_a should be obtained from (5). The maximum design value for l_a is 200 mm. When the support is a cold-formed section with one web or round tube, for s_s should be taken a value of 10 mm. The relevant category (1 or 2) should be based on the clear distance e between the local load and the nearest support, or the clear distance c from the support reaction or local load to a free end, see Figure 6.7.

(5) The value of the effective bearing length l_a for sheeting profiles should be obtained from the following:

а) for Category 1:

$$l_a \leq 40mm \quad (6.13a)$$

b) для категорії 2:

$$\text{if } \beta_v \leq 0,2 : l_a = s_s \quad (6.13b)$$

$$\text{if } \beta_v \geq 0,3 : l_a = 10mm \quad (6.13c)$$

якщо $0,2 < \beta_v < 0,3$: значення l_a лінійно інтерполюються між значеннями 0,2 та 0,3 з:

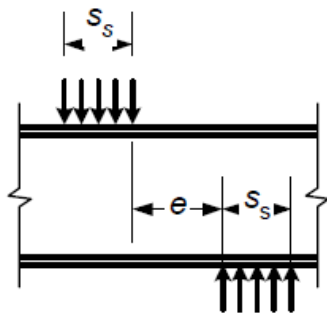
$$\beta_v = \frac{|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|}{|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|} \quad (6.14)$$

де $|V_{Ed,1}|$ та $|V_{Ed,2}|$ - абсолютні значення поперечного перерізувального зусилля по обидва боки від місцевого навантаження чи опорної реакції, і $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$ і s_s - дійсна довжина жорсткої опори.

b) for Category 2:

if $0,2 < \beta_v < 0,3$: interpolate linearly between the values of l_a for 0,2 and 0,3 with:

in which $|V_{Ed,1}|$ and $|V_{Ed,2}|$ are the absolute values of the transverse shear force on each side of the local load or support reaction, and $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$ and s_s is the actual length of stiff bearing.

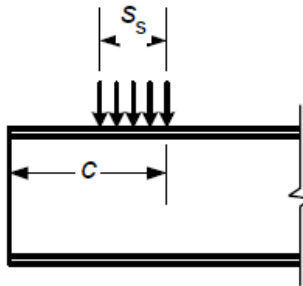


Категорія 1: $\alpha = 0,075$

- місцеве навантаження прикладене з $e \leq 1,5h_w / t$ від найближчої опори;

Category 1: $\alpha = 0,075$

- local load applied with $e \leq 1,5h_w / t$ clear from nearest support;

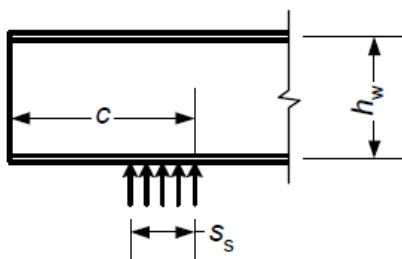


Категорія 1: $\alpha = 0,075$

- місцеве навантаження прикладене з $c \leq 1,5h_w / t$ від вільного краю;

Category 1: $\alpha = 0,075$

- local load applied with $c \leq 1,5h_w / t$ clear from a free end;

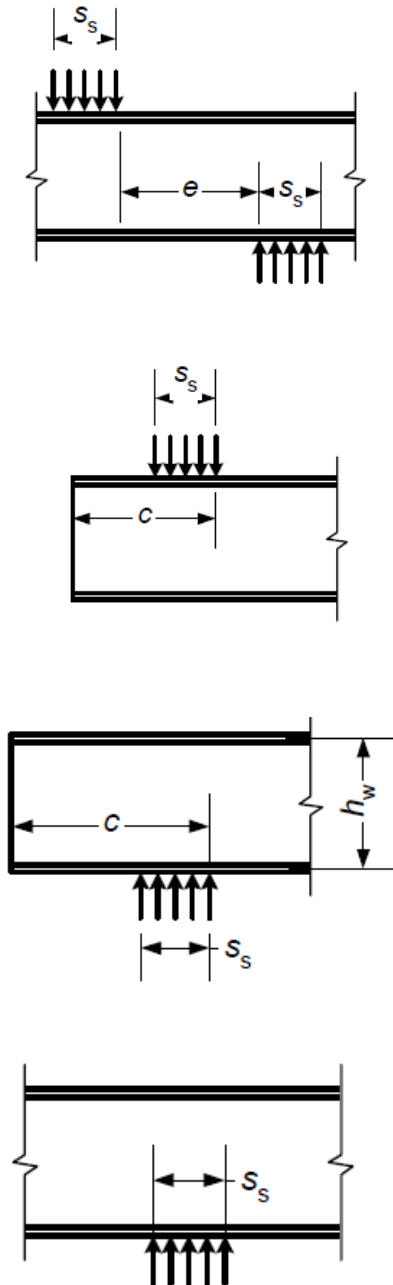


Категорія 1: $\alpha = 0,075$

- реакція на крайній опорі розташована на відстані $c \leq 1,5h_w / t$ від вільного краю;

Category 1: $\alpha = 0,075$

- reaction at end support with $c \leq 1,5h_w / t$ clear from a free end;



Категорія 1: $\alpha = 0,15$

- місцеве навантаження, прикладене з $e \geq 1,5h_w / t$ від найближчої опори;

Category 2; $\alpha = 0,15$

- local load applied with $e \geq 1,5h_w / t$ clear from nearest support;

Категорія 2: $\alpha = 0,15$

- місцеве навантаження, прикладене з $c \geq 1,5h_w / t$ від вільного краю;

Category 2; $\alpha = 0,15$

- local load applied with $c \geq 1,5h_w / t$ clear from a free end;

Категорія 2; $\alpha = 0,15$ $c \geq 1,5h_w / t$

- місцеве навантаження, прикладене з $c \geq 1,5h_w / t$ від вільного краю;

Category 2; $\alpha = 0,15$ $c \geq 1,5h_w / t$

- reaction at end support with $c \geq 1,5h_w / t$ clear from a free end;

Category 2; $\alpha = 0,15$

- реакція на проміжній опорі;

Category 2; $\alpha = 0,15$

- reaction at internal support;

Рисунок 6.7 – Місцеве навантаження та типи опор для поперечних перерізів з двома чи більше стінками

Figure 6.7 – Local loads and support-categories for cross-sections with two or more webs

6.1.7.3 Підкріплені стінки

(1) Місцевий поперечний опір підкріпленої стінки може визначатися як вказано у пунктом (2) для поперечних перерізів з поздовжніми елементами жорсткості, зігнутими таким чином, що два згини на стінці направлені в різні боки від системної лінії стінки, що з'єднує точки перетину серединних ліній стінки із

6.1.7.3 Stiffened webs

(1) The local transverse resistance of a stiffened web may be determined as specified in (2) for crosssections with longitudinal web stiffeners folded in such a way that the two folds in the web are on opposite sides of the system line of the web joining the points of intersection of the midline of the web with the midlines of the flanges, see Figure 6.8, that

серединними лініями полиць (див. рисунок 6.8), що відповідають умові:

$$2 < e_{\max} / t < 12 \quad (6.15)$$

де: e_{\max} - найбільший ексцентриситет складок стінки відносно системної лінії стінки

(2) Для поперечних перерізів з підкріпленими стінками, що задовольняють умови, вказані у (1), місцевий поперечний опір підкріпленої стінки може бути визначено множенням відповідного значення для подібної непідкріпленої стінки, отриманим з 6.1.7.2, на коефіцієнт $k_{a,s}$, обчислений як:

$$k_{a,s} = 1,45 - 0,05e_{\max} / t \quad \text{but} \quad k_{a,s} = 0,95 + 35000t^2 e_{\min} / (b_d^2 s_p) \quad (6.16)$$

де: b_d - розгорнута ширина навантаженої полиці (див. рисунок 6.8);

e_{\min} - найменший ексцентриситет складки відносно системної лінії стінки (див. рисунок 6.8);

s_p - похила висота плоскої частини стінки поперечного перерізу, що знаходиться найближче до навантаженої полиці (див. рисунок 6.8)

satisfy the condition:

where: e_{\max} is the larger eccentricity of the folds relative to the system line of the web.

(2) For cross-sections with stiffened webs satisfying the conditions specified in (1), the local transverse resistance of a stiffened web may be determined by multiplying the corresponding value for a similar unstiffened web, obtained from 6.1.7.2, by the factor $k_{a,s}$ given by:

where: b_d is the developed width of the loaded flange, see Figure 6.8;

e_{\min} is the smaller eccentricity of the folds relative to the system line of the web, see Figure 6.8;

s_p is the slant height of the plane web cross-section part nearest to the loaded flange, see Figure 6.8.

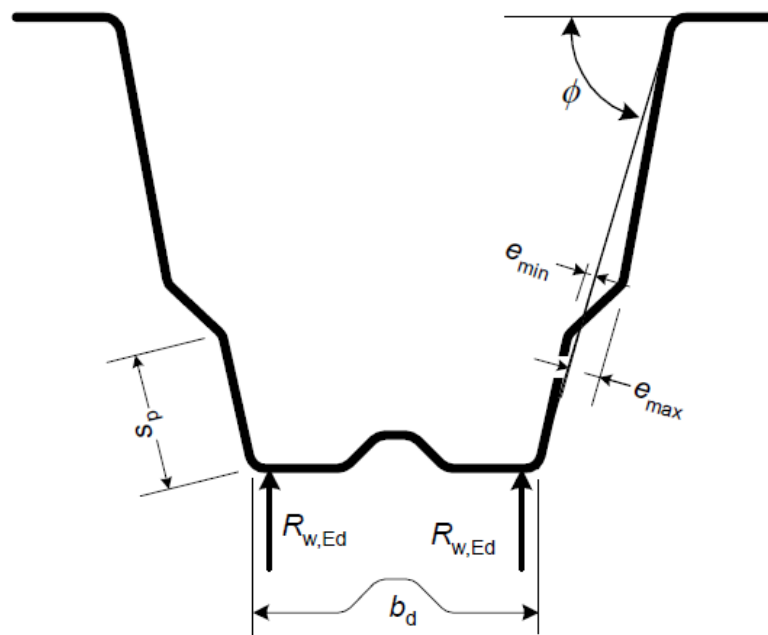


Рисунок 6.8 – Опорні навантаження та геометрія підкріплених стінок
Figure 6.8 – Support loads and geometry of stiffened webs

6.1.8 Сумісна дія розтягу та згину

(1) Поперечний переріз під дією сумісного поздовжнього розтягу N_{Ed} та згинального моменту $M_{y,Ed}$ має задовольняти наступний критерій:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} \leq 1 \quad (6.17a)$$

де: $N_{t,Rd}$ – розрахунковий опір поперечного перерізу при рівномірному розтягу (6.1.2);

$M_{cy,Rd,ten}$ - розрахунковий моментний опір поперечного перерізу від максимального розтягувального напруження, що викликане тільки моментом, що діє відносно осі $y - y$

(2) Якщо $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$, де $M_{cy,Rd,com}$ – момент поперечного перерізу від максимального стискаючого напруження, що викликане моментом відносно відповідної осі, то має задовольнятися наступна вимога:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (6.17b)$$

6.1.9 Сумісна дія стиску та згину

(1) Поперечний переріз під дією сумісного поздовжнього стиску N_{Ed} та згинального моменту $M_{y,Ed}$ має задовольняти наступним критеріям:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} \leq 1 \quad (6.18)$$

де $N_{c,Rd}$ визначається у 6.1.3 та $M_{cy,Rd,com}$ визначається за 6.1.8.

(2) Додатковий момент $\Delta M_{y,Ed}$ від зміщення центральної осі має бути прийнятим як:

$$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} e_N gh \quad (6.18b)$$

Де e_N – зміщення центральної осі y - y під дією поздовжніх сил (див. 6.1.3.(3)).

(3) Якщо $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$, то має

6.1.8 Combined tension and bending

(1) Cross-sections subject to combined axial tension N_{Ed} and bending moment $M_{y,Ed}$ should satisfy the criterion:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} \leq 1 \quad (6.17a)$$

where: $N_{t,Rd}$ is the design resistance of a cross-section for uniform tension (6.1.2);

$M_{cy,Rd,ten}$ is the design moment resistance of a cross-section for maximum tensile stress if subject only to moment about the $y - y$ axes (6.1.4).

(2) If $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$, where $M_{cy,Rd,com}$ is the moment resistance for the maximum compressive stress in a cross-section that is subject to moment only, the following criterion should also be satisfied:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (6.17b)$$

6.1.9 Combined compression and bending

(1) Cross-sections subject to combined axial compression N_{Ed} and bending moment $M_{y,Ed}$ should satisfy the criterion:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} \leq 1 \quad (6.18)$$

in which $N_{c,Rd}$ is as defined in 6.1.3 and $M_{cy,Rd,com}$ is as defined in 6.1.8.

(2) The additional moment $\Delta M_{y,Ed}$ due to shift of the centroidal axis should be taken as:

$$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} e_N gh \quad (6.18b)$$

in which e_N is the shift of the $y - y$ centroidal axes due to axial forces, see 6.1.3 (3).

(3) If $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$ the following

задовольнятися наступна умова:

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.19)$$

де $M_{cy,Rd,ten}$ визначається за 6.1.8.

6.1.10 Сумісна дія перерізувальної сили, поздовжньої сили та згинального моменту

(1) Якщо $V_{Ed}/V_{w,Rd}$ (див. нижче) не перевищує 0,5, розрахунковий опір згинальному моменту та поздовжньому зусиллю не потрібно зменшувати, щоб врахувати перерізувальне зусилля. Якщо $V_{Ed}/V_{w,Rd}$ більше за 0,5, то сумісна дія поздовжнього зусилля N_{Ed} , згинального моменту M_{Ed} та перерізувального зусилля V_{Ed} має відповідати умові:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{w,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1 \quad (6.20)$$

де: N_{Rd} - розрахункове зусилля для рівномірно розтягнутого чи стиснутого поперечного перерізу, наведене у 6.1.2 чи 6.1.3;

$M_{y,Rd}$ - розрахунковий момент опору поперечного перерізу, наведений у 6.1.4;

$V_{w,Rd}$ - розрахункове перерізувальне зусилля для стінки, наведене у 6.1.5. Для елементів з більше ніж однією стінкою $V_{w,Rd}$ є сумою зусиль стінок;

$M_{f,Rd}$ - розрахунковий пластичний момент опору поперечного перерізу, що складається лише з ефективної площі полиць;

$M_{pl,Rd}$ - розрахунковий пластичний момент опору поперечного перерізу, що складається з ефективної площі полиць та повної ефективної площі стінки, незалежно від класу перерізу.

6.1.11 Сумісна дія згинального моменту та місцевого навантаження чи реакції опору

(1) Поперечний переріз, на який діє

criterion should also be satisfied:

in which $M_{cy,Rd,ten}$ is as defined in 6.1.8.

6.1.10 Combined shear force, axial force and bending moment

(1) Provided that $V_{Ed}/V_{w,Rd}$ (see below) does not exceed 0,5, the design resistance to bending moment and axial force need not be reduced to allow for the shear force. If $V_{Ed}/V_{w,Rd}$ is more than 0,5 the combined effects of an axial force N_{Ed} , a bending moment M_{Ed} and a shear force V_{Ed} should satisfy:

where: N_{Rd} is the design resistance of the cross-section for tension or compression given in 6.1.2 or 6.1.3;

$M_{y,Rd}$ is the design moment resistance of the cross-section given in 6.1.4;

$V_{w,Rd}$ is the design shear resistance of the web given in 6.1.5. For members with more than one web $V_{w,Rd}$ is the sum of the resistances of the webs;

$M_{f,Rd}$ is the design plastic moment resistance of the cross-section consisting of the effective area of the flanges only;

$M_{pl,Rd}$ is the design plastic moment resistance of the cross-section consisting of the effective area of the flanges and the fully effective web irrespective of its section class.

6.1.11 Combined bending moment and local load or support reaction

(1) Cross-sections subject to the combined

згинальний момент M_{Ed} та поперечна сила, викликана місцевим навантаженням чи опорною реакцією F_{Ed} , має задовольняти умову:

action of a bending moment M_{Ed} and a transverse force due to a local load or support F_{Ed} reaction F_{Ed} should satisfy the following:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.21a)$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1 \quad (6.21b)$$

$$0,94 \cdot \left[\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \right]^2 \leq 1 \quad (6.22)$$

де: $M_{c,Rd}$ - момент опору поперечного перерізу, наведений у 6.1.4.1;

where: $M_{c,Rd}$ is the moment resistance of the cross-section given in 6.1.4.1;

$R_{w,Rd}$ - відповідне значення суми місцевих поперечних зусиль окремих стінок з 6.1.7.

$R_{w,Rd}$ is the appropriate value of the sum of the local transverse resistances of the individual webs from 6.1.7.

(2) Згинальний момент M_{Ed} у виразі (6.22) може бути обчислений на краю опори.

(2) In expression (6.22) the bending moment M_{Ed} may be calculated at the edge of the support.

6.2 Опір втраті стійкості

6.2 Buckling resistance

6.2.1 Загальні положення

6.2.1 General

(1) Необхідно брати до уваги вплив місцевої та загальної втрати стійкості. Можна користуватися методикою, наведеною у 5.5

(1) The effects of local and distortional buckling should be taken into account. Methods as specified in 5.5 may be used.

(2) Слід виходити з того, що внутрішнє поздовжнє зусилля у профільованих листах прикладене до центру ваги перерізу бруто.

(2) The internal axial force in a sheeting should be taken as acting at the centroid of its gross cross-section.

(3) Слід вважати, що зусилля опору профільованих листів поздовжньому стиску проходить через центр ваги ефективного поперечного перерізу. Якщо він не співпадає з центром ваги перепоперечного перерізу бруто, необхідно враховувати моменти, що відповідають зміщенню центральної осі (див. рисунок 6.9), для чого використовується методика, наведена у 6.2.3.

(3) The resistance of sheeting to axial compression should be assumed to act at the centroid of its effective cross-section. If this does not coincide with the centroid of its gross cross-section, moments corresponding to the shift of the centroidal axes (see Figure 6.9) should be taken into account, using the method given in 6.2.3.

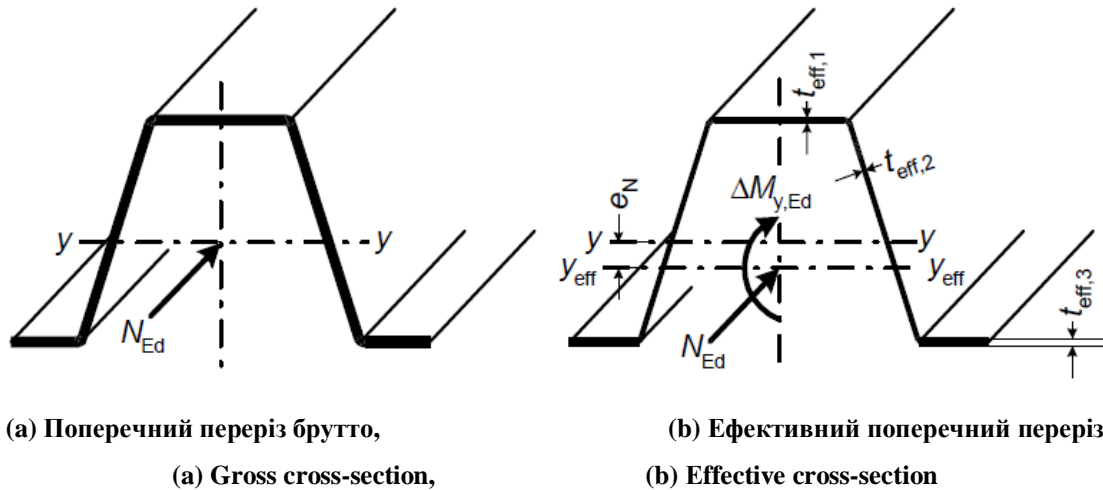


Рисунок 6.9 – Ілюстрація зміщення центральної осі ефективного поперечного перерізу
Figure 6.9 – Illustration of shift of centroidal axis of effective cross-section

6.2.2 Поздовжній стиск

6.2.2 Axial compression

6.2.2.1 Розрахунковий опір втраті стійкості при згині

6.2.2.1 Design flexural buckling resistance

(1) Розрахунковий опір втраті стійкості при поздовжньому стиску $N_{b,Rd}$ має обчислюватися так:

(1) The design buckling resistance for axial compression $N_{b,Rd}$ should be obtained from:

$$N_{b,Rd} = \chi A_{eff} f_0 / \gamma_{M1} \tag{6.23}$$

де: A_{eff} - ефективна площа поперечного перерізу, що взята з розділу 5, за припущення, що рівномірне стискальне напруження $\sigma_{com,Ed}$ дорівнює f_0 / γ_{M1} ;

where: A_{eff} is the effective area of the cross-section, obtained from Section 5 by assuming a uniform compressive stress $\sigma_{com,Ed}$ equal to f_0 / γ_{M1} ;

χ - відповідне значення понижувального коефіцієнта для опору втраті стійкості.

χ is the appropriate value of the reduction factor for buckling resistance.

(2) понижувальний коефіцієнт χ для опору втраті стійкості має визначатися так:

(2) The reduction factor χ for buckling resistance should be determined from:

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}} \quad \text{але/ but } \chi \leq 1,0 \tag{6.24a}$$

при цьому/with:
$$\phi = 0,5 \left(1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right) \tag{6.24b}$$

де: α - коефіцієнт недосконалості форми;
 $\bar{\lambda}_0$ - границя горизонтальної ділянки;
 λ - умовна гнучкість для відповідної форми втраті стійкості.

where: α is an imperfection factor;
 $\bar{\lambda}_0$ is the limit of the horizontal plateau;
 λ is the slenderness parameter for the relevant buckling mode.

(3) Коефіцієнт недосконалості форми

(3) The imperfection factor for sheeting is

для профільованих листів - $\alpha = 0,13$ та
межа горизонтальної ділянки - $\bar{\lambda}_0 = 0,2$.

$\alpha = 0,13$ and the limit of the horizontal
plateau is $\bar{\lambda}_0 = 0,2$.

(4) Умовна гнучкість для втрати
стійкості при згині має визначатися
наступним чином:

(4) The slenderness parameter for flexural
buckling should be determined from the
following:

$$\bar{\lambda} = \frac{l}{i\pi} \sqrt{\frac{f_0}{E}} \quad (6.25)$$

де: l - вільна довжина при втраті
стійкості відносно осі у-у (l_y);

where: l is the buckling length for
flexural buckling about the y – y axes (l_y);

i - радіус інерції поперечного перерізу
брутто відносно відповідних осей (i_y)

i is the radius of gyration about the
corresponding axes (i_y), based on the
properties of the gross cross-section.

6.2.3 Згин та поздовжній стиск

6.2.3 Bending and axial compression

(1) Усі елементи, що піддаються
сумісній дії згину та поздовжнього стиску,
мають задовольняти умову:

(1) All members subject to combined
bending and axial compression should satisfy
the criterion:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y f_0 \omega_x A_{eff} / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{f_0 W_{eff,y,com} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (6.26)$$

де: A_{eff} - ефективна площа ефективного
поперечного перерізу, визначена для
випадку, коли діє тільки осьове стиснення;
див рисунок 6.10 (a);

where: A_{eff} is the effective area of an
effective cross-section that is subject only to
axial compression; see Figure 6.10(a);

$W_{eff,y,com}$ - ефективний момент опору
перерізу для максимального стискаючого
напруження, викликаного дією лише
моменту відносно осі у-у, (див.
рисунок 6.10 (b))

$W_{eff,y,com}$ is the effective section modulus
for the maximum compressive stress in an
effective crosssection that is subject only to
moment about the y - y axis, see Figure 6.10
(b);

$\Delta M_{y,Ed}$ - додатковий момент, що виникає
через можливі зміщення центральної осі
у – у, (див. 6.1.9.(2));

$\Delta M_{y,Ed}$ is the additional moment due to
possible shift of the centroidal axis in the y
direction, see 6.1.9(2);

χ_y - понижувальний коефіцієнт з 6.2.2
для втрати стійкості відносно осі у – у;

χ_y is the reduction factor from 6.2.2 for
buckling about the y – y axis;

ω_x - вираз взаємодії, див. (2).

ω_x is an interaction expression, see (2).

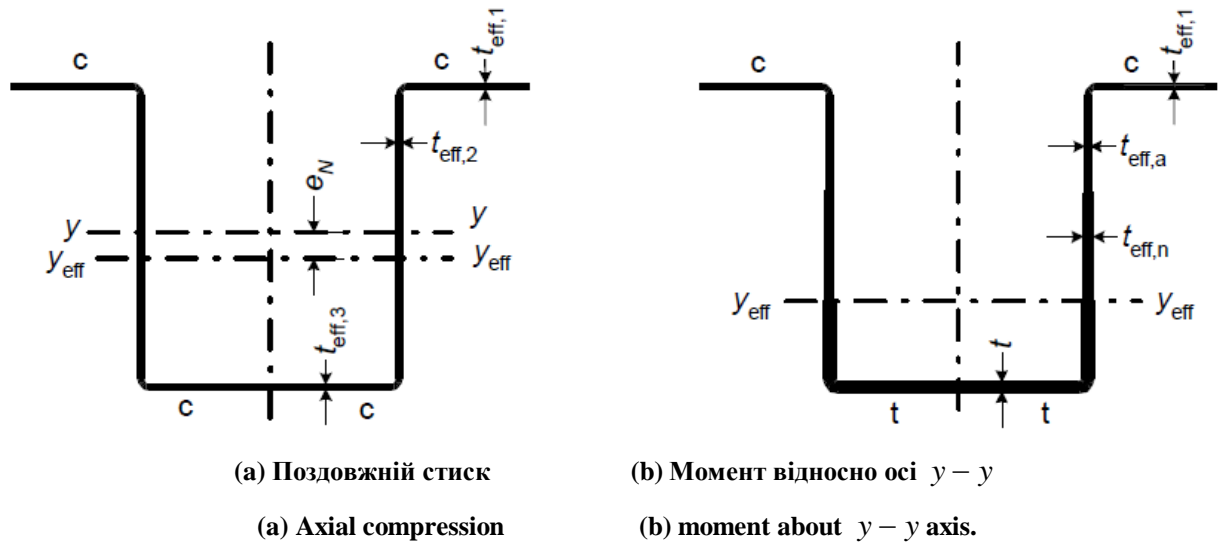


Рисунок 6.10 – Моделі для обчислення характеристик ефективного перерізу
Figure 6.10 – Models for calculation of effective section properties

(2) Для профільованих листів, що піддаються сумісній дії поздовжнього стиску та неоднакових кінцевих моментів та/чи поперечних навантажень, необхідно перевірити різні перерізи вздовж усього прогону. Дійсний згинальний момент у розглянутих перерізах використовується у виразі взаємодії, при цьому

(2) For sheeting subjected to combined axial force and unequal end moments and/or transverse loads, different sections along the span should be checked. The actual bending moment in the studied section is used in the interaction expression and

$$\omega_x = \frac{1}{\chi_y + (1 - \chi_y) \sin(\pi x_s / l_c)} \quad (6.27)$$

де: x_s - відстань між перерізом, що розглядається, та шарнірною опорою чи точкою перегину кривої пружного прогину при дії поздовжньої сили, (див. рисунок 5.9 з EN1999-1-1)

where: x_s is the distance from the studied section to a hinged support or a point of contra-flexure of the deflection curve for elastic buckling of an axial force only, see Figure 5.9 of EN1999-1-1.

$l_c = KL$ - вільна довжина при втраті стійкості (див. Таблицю 5.7 з EN1999-1-1).

$l_c = KL$ is the buckling length, see Table 5.7 of EN1999-1-1.

Примітка. Для спрощення можна прийняти $\omega_x = 1$.

NOTE: For simplification $\omega_x = 1$ may be used.

6.3 Проектування з урахуванням роботи обшивки

6.3 Stressed skin design

6.3.1 Загальні положення

6.3.1 General

(1) Взаємодія між конструкційними елементами та профільованими листами, призначеними для сумісної роботи як частини комбінованої конструктивної системи, можна враховувати як описано у 6.3

(1) The interaction between structural members and sheeting panels that are designed to act together as parts of a combined structural system, may be allowed for as described in this chapter 6.3

(2) Діафрагма може складатися з профільованих алюмінієвих листів, які використовуються як покриття чи зовнішня обшивка стін.

Примітка. Інформацію щодо перевірки таких діафрагм можна отримати з: *Публікації ECCS №88 (1995): Європейські рекомендації щодо використання металевих профільованих листів, які працюють як діафрагма.*

6.3.2 Робота діафрагми

(1) При проектуванні з урахуванням роботи обшивки, як правило, слід вважати, що діафрагми з профільованих листів, що працюють як покриття, перекриття чи зовнішня обшивка стін, забезпечують загальну жорсткість і міцність конструкційної рами завдяки їх власній міцності та жорсткості на зсув.

(2) Покриття та перекриття можна вважати балками-стінками, що виходять за межі будівлі та сприймають поперечне навантаження в одній площині та передають їх на кінцеві опори чи проміжні жорсткі рами. Панель обшивки може розглядатися як стінка, що сприймає поперечне навантаження зсуву в одній площині, з крайніми елементами, що працюють як пояси, які сприймають зусилля поздовжнього розтягу чи стиску, (див. рисунок 6.11 та 6.12).

(3) Так само, прямокутні стінові панелі можна розглядати як систему в'язей жорсткості, що працює як діафрагма, яка сприймає сили зсуву в їх площині.

(2) Diaphragms may be formed from profiled sheeting of aluminium used as roof or wall cladding.

NOTE: Information on the verification of such diaphragms can be obtained from: *ECCS Publication No. 88 (1995): European recommendations for the application of metal sheeting acting as a diaphragm.*

6.3.2 Diaphragm action

(1) In stressed skin design, advantage may be taken of the contribution that diaphragms of sheeting used as roofing, flooring or wall cladding make to the overall stiffness and strength of the structural frame, by means of their stiffness and strength in shear.

(2) Roofs and floors may be treated as deep plate girders extending throughout the length of a building, resisting transverse in-plane loads and transmitting them to end gables, or to intermediate stiffened frames. The panel of sheeting may be treated as a web that resists in-plane transverse loads in shear, with the edge members acting as flanges that resist axial tension and compression forces, see Figures 6.11 and 6.12.

(3) Similarly, rectangular wall panels may be treated as bracing systems that act as shear diaphragms to resist in-plane forces.

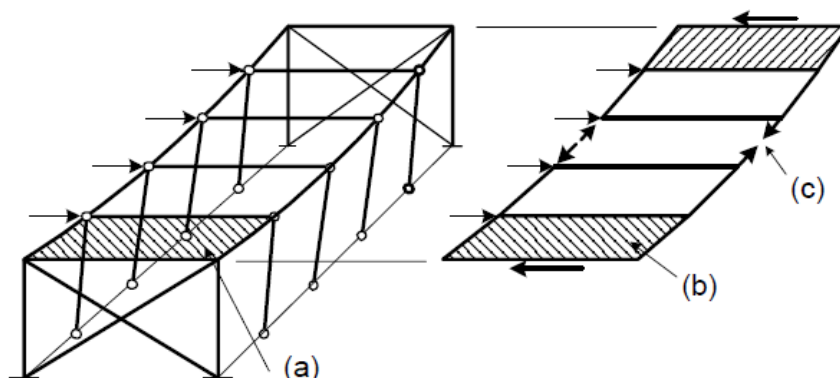


Рисунок 6.11 – Робота з урахуванням обшивки для будівлі з плоскою покрівлею

(a) Обшивка; (b) Поле дотичних напружень у обшивці; (c) Сили в поясах в крайніх елементах

Figure 6.11 – Stressed skin action in a flat-roof building

(a) Sheeting; (b) Shear field in sheeting; (c) Flange forces in edge members

6.3.3 *Необхідні умови*

(1) Методи проектування з урахуванням роботи обшивки, які враховують обшивку як неподільну частину конструкції, можуть бути використані тільки за наступних умов:

- окрім виконання основної функції, обшивка бере участь у формуванні діафрагм, що протистоять переміщенням конструкції у площині обшивки;
- діафрагми мають поздовжні крайові елементи, призначені для передавання бічних сил, що виникають час діафрагмової роботи;
- зусилля, що виникають у діафрагмі у площині покриття чи перекриття передаються на фундаменти через в'язеві рами, інші діафрагми з робочою обшивкою чи за допомогою інших засобів забезпечення поперечної стійкості;
- відповідні конструкційні з'єднання використовуються для передачі діафрагмових зусиль на основну раму і для з'єднання крайових елементів, що працюють як пояси;
- до обшивки слід відноситися як до конструкційного компоненту, який не можна видалити без ґрунтового розгляду;
- в робочій документації, включаючи розрахунки та креслення, потрібно привернути увагу до факту, що будівлю запроектовано з урахуванням роботи обшивки;
- рекомендується встановити попереджувальні знаки про те, що стіни використано як конструктивні компоненти і вони не можуть бути прибрані без прийняття запобіжних заходів для забезпечення стійкості.

(2) Проектування з урахуванням робочої обшивки в основному має використовуватися для малоповерхових будівель або для перекрить та фасадів висотних будівель.

(3) Діафрагми з робочою обшивкою переважно використовуються, щоб сприймати вітрові, снігові та інші навантаження, які діють безросередньо на обшивку. Також, вони можуть

6.3.3 *Necessary conditions*

(1) Methods of stressed skin design that utilize sheeting as an integral part of a structure, may be used only under the following conditions:

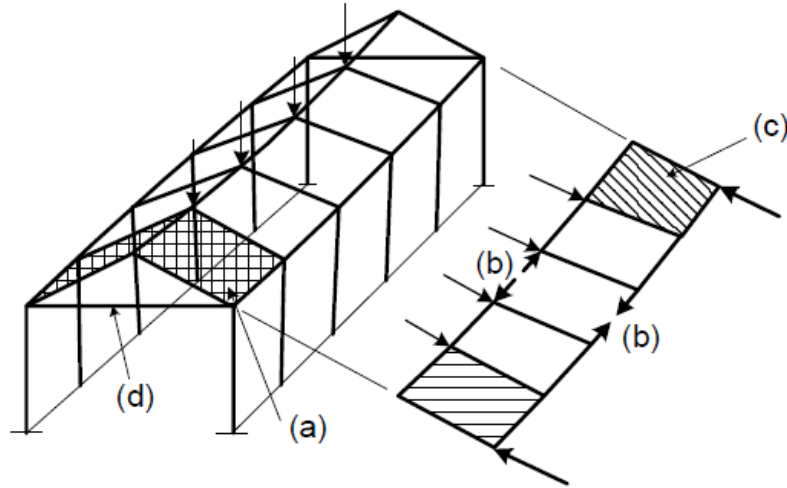
- the use made of the sheeting, in addition to its primary purpose, is limited to the formation of shear diaphragms to resist structural displacement in the plane of that sheeting;
- the diaphragms have longitudinal edge members to carry flange forces arising from diaphragm action;
- the diaphragm forces in the plane of a roof or floor are transmitted to the foundations by means of braced frames, further stressed-skin diaphragms, or other methods of sway resistance;
- suitable structural joints are used to transmit diaphragm forces to the main framework and to join the edge members acting as flanges;
- the sheeting is treated as a structural component that cannot be removed without proper consideration;
- the execution specification, including the calculations and drawings, draws attention to the fact that the building is designed to utilize stressed skin action;
- it is recommended to install warning signs to inform that the walls are utilized as structural skin components and any removal needs precaution to maintain stability.

(2) Stressed skin design should be used predominantly in low-rise buildings, or in the floors and facades of high-rise buildings.

(3) Stressed skin diaphragms should be used predominantly to resist wind loads, snow loads and other loads that are applied through the sheeting itself. They may also be used to resist small transient loads, such as surge from

використовуватися для роботи з невеликими тимчасовими навантаженнями, такими як поштовхи від легких мостових кранів чи кран-балок, але не можуть використовуватися, щоб протистояти постійним зовнішнім навантаженням, таким як технологічні навантаження.

light overhead cranes or hoists on runway beams, but may not be used to resist permanent external loads, such as those from plant.



(a) Покриття; (b) Бічні сили в крайніх елементах; (c) Поле зсуву в покритті;
 (d) Торцеві в'язі, необхідні для передачі зусиль від листів покрівлі
 (a) Sheeting; (b) Flange forces in edge members; (c) Shear field in sheeting;
 (d) Gable tie required to resist forces in roof sheeting

Рисунок 6.12 – Робота обшивки у будівлі зі скатною покрівлею.

Figure 6.12 – Stressed skin action in a pitched roof building

6.3.4 Діафрагми з профільованого алюмінієвого листа

(1) У діафрагмі з профільованого алюмінієвого листа, (див. рисунок 6.13) обидва краї листів мають бути приєднані до опорних елементів самонарізальними або самосвердлувальними гвинтами, зварюванням, болтами чи іншими кріпильними деталями, що не будуть втрачати працездатність під час експлуатації, вириватися чи зрізатися до появи пошкоджень у профільованих листах. Усі ці кріпильні деталі мають фіксуватися безпосередньо в опорних елементах, проходячи крізь листи, наприклад, через гофри профільованих листів, якщо не вжито спеціальних заходів для гарантування того, що з'єднання фактично передають зусилля, передбачені проектом.

(2) Шви між прилеглими листами

6.3.4 Profiled aluminium sheet diaphragms

(1) In a profiled aluminium sheet diaphragm, see Figure 6.13, both ends of the sheets should be attached to the supporting members by means of self-tapping screws, self-drilling screws, welding, bolts or other fasteners of a type that will not work loose in service, pull out, or fail in shear before causing tearing of the sheeting. All such fasteners should be fixed directly through the sheeting into the supporting member, for example through the troughs of profiled sheets, unless special measures are taken to ensure that the joints effectively transmit the forces assumed in the design.

(2) The seams between adjacent sheets

мають бути з'єднані заклепками, самосвердлячими гвинтами, зварюванням чи іншими кріпильними деталями, що не будуть втрачати роботоздатність під час експлуатації, вириватися чи зрізатися до появи пошкоджень у профільованих листах. Відстань між такими кріпильними деталями має бути не більшою, ніж 500 мм.

(3) Відстань від будь-яких кріпильних деталей до ребер та кромek листів має бути достатньою для запобігання передчасному розриванню листів.

(4) Маленькі, хаотично розташовані отвори, що складають до 3 % відповідної площі, можна влаштовувати без спеціальних розрахунків, за умови що загальна кількість кріпильних деталей не буде зменшуватися. Отвори, що складають до 15% відповідної площі можуть влаштовуватися за умови більш детального розрахунку. Площі, що містять більшу кількість отворів, мають бути розбиті на менші ділянки, кожна з повною роботою діафрагми

(5) Усі профільовані листи, з яких формуються частини діафрагм робочої обшивки, мають спочатку бути розраховані за основним призначенням на згин. Щоб запобігти погіршенню роботи обшивки при згині внаслідок того, що вона виконує функцію діафрагми, необхідно перевірити, чи зсувне зусилля, викликане роботою діафрагми, не перевищує $0,25f_0 / \gamma_{M1}$.

(6) Опір зсуву робочої обшивки діафрагми має базуватися на мінімальній міцності на розрив з'єднань листів з листами або з'єднань листів з елементами, паралельними до гофрів профілю, або для діафрагм, закріплених тільки до поздовжніх елементів, – на мінімальній міцності кінцевих з'єднань листів з елементами. Розрахований опір зсуву для будь-якого іншого типу руйнування має перевищувати це мінімальне значення:

- для руйнування з'єднань листів з прогонами під сумісною дією зсуву та від'ємного тиску вітру, як мінімум на 40%;
- для будь-якого іншого типу руйнування, як мінімум на 25%.

should be fastened by rivets, self-drilling screws, welds, or other fasteners of a type that will not work loose in service, pull out, or fail in shear before causing tearing of the sheeting. The spacing of such fasteners should not exceed 500 mm.

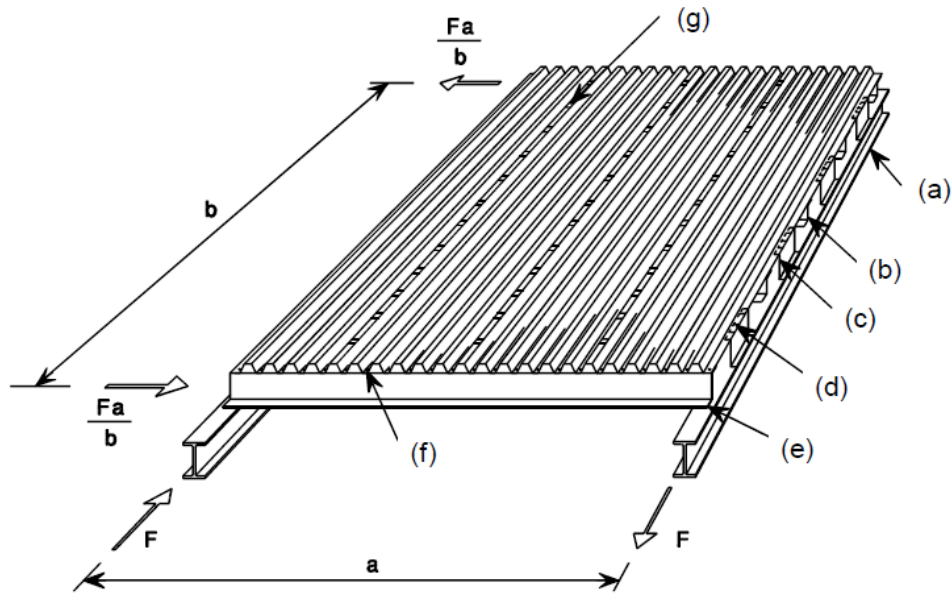
(3) The distances from all fasteners to the edges and ends of the sheets should be adequate to prevent premature tearing of the sheets.

(4) Small randomly arranged openings, up to 3% of the relevant area, may be introduced without special calculation, provided that the total number of fasteners is not reduced. Openings up to 15% of the relevant area may be introduced if justified by detailed calculations. Areas that contain larger openings should be split into smaller areas, each with full diaphragm action.

(5) All sheeting that also forms part of a stressed-skin diaphragm should first be designed for its primary purpose in bending. To ensure that any deterioration of the sheeting would be apparent in bending before the resistance to stressed skin action is affected, it should then be verified that the shear stress due to diaphragm action does not exceed $0,25f_0 / \gamma_{M1}$.

(6) The shear resistance of a stressed-skin diaphragm should be based on the least tearing strength of the seam fasteners or the sheet-to-member fasteners parallel to the corrugations or, for diaphragms fastened only to longitudinal edge members, the end sheet-to-member fasteners. The calculated shear resistance for any other type of failure should exceed this minimum value by at least the following:

- for failure of the sheet-to-purlin fasteners under combined shear and wind uplift, by at least 40%;
- for any other type of failure, by at least 25%.



(а) Балка; (b) Прогін; (c) З'єднувальна деталь, що працює на зріз;
 (d) З'єднання листа для попередження зсуву; (e) Прогон (f) деталь з'єднання листа з прогоном (g) З'єднання по шву
 (a) Rafter; (b) Purlin; (c) Shear connector; (d) Sheet-to-shear connector fastener; (e) Purlin; (f) Sheet-to-purlin fastener; (g) Seam fastener

Рисунок 6.13 – Компоновка окремої панелі
Figure 6.13 – Arrangement of an individual panel

6.4 Перфорована обшивка з отворами у формі рівносторонніх трикутників

(1) Перфороване покриття може бути запроєктовано шляхом розрахунків, за умови, що правила розрахунку неперфорованого покриття змінені з уведенням ефективної товщини наведеної нижче.

Примітка. Ці правила розрахунку дають консервативні результати. Більш економічні рішення можна отримати шляхом проектування за допомогою випробувань.

(2) За умови $0,2 \leq d/a \leq 0,9$ характеристики перерізу брутку можуть бути розраховані за допомогою 6.1.2 - 6.1.5, але замість t слід використовувати $t_{a,eff}$, отримане як:

$$t_{a,eff} = 1,18t(1 - d / (0,9a)) \quad (6.28)$$

де: d - діаметр просвердлених отворів;

a - відстань між центрами просвердлених отворів.

6.4 Perforated sheeting with the holes arranged in the shape of equilateral triangles

(1) Perforated sheeting may be designed by calculation, provided that the rules for non-perforated sheeting are modified by introducing the effective thicknesses given below.

NOTE: These calculation rules tend to give conservative values. More economical solutions might be obtained from design assisted by testing.

(2) Provided that $0,2 \leq d/a \leq 0,9$ gross section properties may be calculated using 6.1.2 to 6.1.5, but replacing t by $t_{a,eff}$ obtained from:

where: d is the diameter of the perforations;

a is the spacing between the centres of the perforations.

пр. ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:201X

(3) За умови, що $0,2 \leq d/a \leq 0,9$ характеристики ефективного перерізу може бути вираховано за 5.5, але замість t слід використовувати $t_{a,eff}$ обчислене з:

$$t_{c,eff} = t \left[1 - (d/a)^2 s_{per} / s_w \right]^{3/2} \quad (6.29)$$

де s_{per} похила висота перфорованої частини стінки, центрована відносно висоти стінки;

s_w повна похила висота стінки.

7 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ ПРИДАТНІСТЮ

7.1 Загальні положення

(1) Правила для граничних станів за експлуатаційною придатністю, наведені у EN 199-1-1, слід застосовувати також до холодноформованих листів.

(2) Геометричні характеристики ефективного поперечного перерізу для граничного стану за експлуатаційною придатністю, отримані з пункту (3), слід використовувати для всіх розрахунків по граничних станах за експлуатаційною придатністю для холодноформованих листів.

(3) Момент інерції може бути обчислено шляхом інтерполяції поперечного перерізу бруто та ефективного поперечного перерізу з використанням виразу:

$$I_{eff,ser} = I_{gr} - \sigma_{gr} (I_{gr} - I_{eff}) / f_0 \quad (7.1)$$

де: I_{gr} момент інерції поперечного перерізу бруто;

I_{eff} - момент інерції ефективного поперечного перерізу при граничному стані за несучою здатністю з поправками на місцеву втрату стійкості;

σ_{gr} максимальне стискаюче напруження від згину при граничному стані за втратою працездатності, що базується на поперечному перерізу бруто (у формулі додатне значення).

(3) Provided that $0,2 \leq d/a \leq 0,9$ effective section properties may be calculated using 5.5, but replacing t by $t_{a,eff}$ obtained from:

where: s_{per} is the slant height of the perforated portion of the web, centric in the web height;

s_w is the total slant height of the web.

7 SERVICEABILITY LIMIT STATES

7.1 General

(1) The rules for serviceability limit states given in EN 1999-1-1 should also be applied to cold-formed sheeting.

(2) The properties of the effective cross-section for serviceability limit states obtained from (3) should be used in all serviceability limit state calculations for cold-formed sheeting.

(3) The second moment of area may be calculated by interpolation of gross cross-section and effective cross-section using the expression:

where: I_{gr} is the second moment of area of gross section;

I_{eff} is the second moment of area of the effective cross-section in the ultimate limit state, with allowance for local buckling;

σ_{gr} is the maximum compressive bending stress in the serviceability limit state, based on the gross cross-section (positive in the formula).

(4) Можна допустити, що момент інерції перетину $I_{eff,ser}$, змінюється в прольоті. Як альтернативу можна використовувати постійну величину моменту інерції, що отримана з врахуванням максимального моменту в прольоті.

7.2 Пластичні деформації

(1) В випадку розрахунку з врахуванням розвитку пластичних деформацій, комбінація опорного моменту та опорної реакції на проміжній опорі не має перевищувати 0,9 від об'єднаного розрахункового опору, визначеного через $\gamma_{M,ser}$ та $I_{eff,ser}$ згідно з 7.1(3).

(2) Об'єднаний розрахунковий опір може бути визначений по 6.1.11, використовуючи при цьому ефективний поперечний переріз для граничного стану за втратою працездатності (за придатністю до експлуатації ??) та $\gamma_{M,ser}$.

7.3 Прогини

(1) Прогини можна розрахувати, за умови пружної роботи конструкції.

(2) При розрахунку прогинів, зусиль та моментів має враховуватись вплив піддатливості з'єднань (наприклад у випадку нерозрізних балочних систем зі з'єднаннями внапуск).

Примітка. у випадку звичайних кріпильних деталей, піддатливість можна ігнорувати.

(3) Згідно EN 1990 – Додаток A1.4, межі прогинів мають бути вказані окремо для кожного проекту та узгоджені з клієнтом.

Примітка. Межі можуть бути обумовлені у національному додатку.

8 З'ЄДНАННЯ З МЕХАНІЧНИМИ КРІПІЛЬНИМИ ДЕТАЛЯМИ

8.1 Загальні положення

(1) З'єднання з механічними кріпильними деталями мають бути компактними. Розташування кріпильних деталей має бути таким, щоб забезпечити достатньо місця для збирання та

(4) The effective second moment of area $I_{eff,ser}$ may be taken as variable along the span. Alternatively a uniform value may be used, based on the maximum span moment due to serviceability loading.

7.2 Plastic deformation

(1) In case of plastic global analysis, the combination of support moment and support reaction at an internal support should not exceed 0,9 times the combined design resistance determined using $\gamma_{M,ser}$ and $I_{eff,ser}$ according to 7.1(3).

(2) The combined design resistance may be determined from expression (6.22) in 6.1.11, but using the effective cross-section for serviceability limit states and $\gamma_{M,ser}$.

7.3 Deflections

(1) The deflections may be calculated assuming elastic behaviour.

(2) The influence of slip in the joints (for example in the case of continuous sheeting with overlaps) should be considered in the calculation of deflections, forces and moments.

NOTE: For commonly used fasteners according to 8.2 and 8.3 the slip may be ignored.

(3) With reference to EN 1990 – Annex A1.4 limits for deflections should be specified for each project and agreed with the client.

NOTE: The National Annex may specify the limits.

8 JOINTS WITH MECHANICAL FASTENERS

8.1 General

(1) Joints with mechanical fasteners should be compact in shape. The positions of the fasteners should be arranged to provide sufficient room for satisfactory assembly and maintenance.

обслуговування під час експлуатації.

(2) Перерізуючі сили в окремих механічних кріпильних деталях у з'єднаннях можуть вважатися рівними за умови:

- кріпильні деталі мають достатню пластичність
- зріз кріпильної деталі не є критичним видом пошкодження.

(3) При проектуванні шляхом розрахунків, опір механічних кріпильних деталей, на які діють в основному статичні навантаження, має визначатися з 8.2 для глухих заклепок та 8.3 для самонарізних та самосвердлярних гвинтів.

(4) Значення символів, що використовуються в вищеназваних пунктах можна знайти в EN 1999-1-1 з додатками у 1.4 EN 1999-1-4.

(5) Частковий коефіцієнт для обчислення розрахункового опору механічних кріпильних деталей має прийматися як γ_{M3} згідно 2(3).

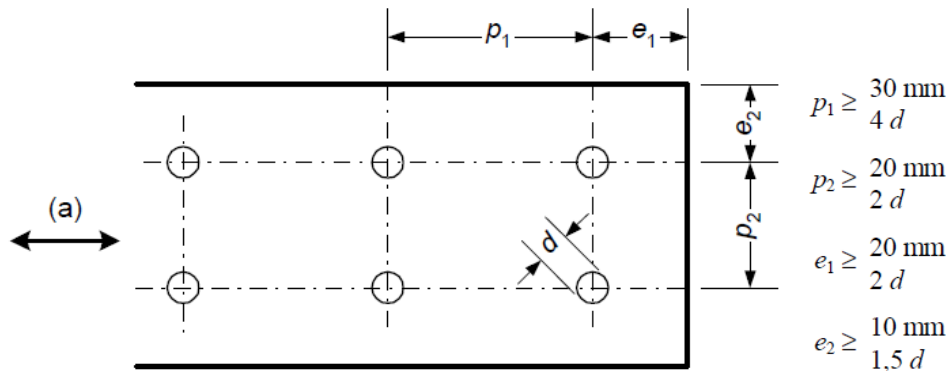
(2) The shear forces on individual mechanical fasteners in a joints may be assumed to be equal, provided that:

- the fasteners have sufficient ductility;
- shear of the fastener is not the critical failure mode.

(3) For design by calculation, the resistance of mechanical fasteners subject to predominantly static loads should be determined from 8.2 for blind rivets and 8.3 for self-tapping screws and self-drilling screws.

(4) The meanings of the symbols, used in the above named clauses are found in EN 1999-1-1 with additions in 1.4 of EN 1999-1-4.

(5) The partial factor for calculating the design resistances of mechanical fasteners should be taken as γ_{M3} according to 2(3).



а) Напрямок передачі навантаження

(a) Direction of load transfer

Рисунок 8.1 – Відстань до краю елемента, відстань до кромки від кріпильної деталі та відстань між кріпильними деталями

Figure 8.1 – End distance, edge distance and spacing for fasteners

(6) Опір виву, наведений у 8.2.3.1 для глухих заклепок та самонарізальних і самосвердлувальних гвинтів, залежить від розташування кріпильних деталей та має понижуватися, якщо кріпильні деталі не розташовані по центру гофрів у профільованих листах. Якщо точка

(6) The pull-through resistances given in 8.2.3.1 for blind rivets or in 8.3.3.1 for self-tapping screws and self-drilling screws are depending on the location of the fasteners and should be reduced if the fasteners are not located centrally in the troughs of the sheeting.

кріплення зміщена на одну четверту ширини гофру від його центру, то розрахунковий опір має бути понижений на $0,9F_{p,Rd}$, а якщо кріпильні деталі є в обох чвертях гофру, опір приймається з коефіцієнтом $0,7F_{p,Rd}$ на одну кріпильну деталь (див. Таблицю 8.3)

(7) Для кріпильної деталі, що одночасно навантажена зрізом та розтягом, за умови що $F_{p,Rd}$, $F_{o,Rd}$, $F_{b,Rd}$ та $F_{n,Rd}$ обчислюються шляхом розрахунків, на основі 8.2 для глухих заклепок або 8.3 для самонарізальних та самосвердлувальних гвинтів, опір кріпильної деталі що одночасно навантажена зрізом та розтягом може бути перевірено за формулою:

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,Rd}, F_{o,Rd})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{b,Rd}, F_{n,Rd})} \leq 1 \quad (8.1)$$

(8) Викривлення перерізу брутто може не братися до уваги, якщо розрахунковий опір обчислюється за 8.2.3 та 8.3.3, при умові, що закріплення виконується через поклицю, ширина якої не більша, ніж 150 мм.

(9) Діаметр отворів для гвинтів має відповідати вимогам виробника. Ці вимоги повинні базуватися на наступних критеріях:

- крутильний момент, що прикладається, має бути більшим ніж крутильний момент, необхідний для нарізування різьби;
- крутильний момент, що прикладається, має бути меншим ніж момент, що визиває зріз різьби чи головки гвинта
- крутильний момент при закручуванні має бути меншим за 2/3 крутильного моменту, що зрізає головку гвинта.

(10) Правила для проектування глухих заклепок дійсні за умови, що діаметр отвору перевищує діаметр заклепки не більше ніж на 0,1 мм

8.2 Глухі заклепки

8.2.1 Загальні положення

(1) Опір глухих заклепок працюючих на зріз є найменшим значенням опору

If attachment is at a quarter point, the design resistance should be reduced to $0,9F_{p,Rd}$ and if there are fasteners at both quarter points, the resistance should be taken as $0,7F_{p,Rd}$ per fastener, see Table 8.3.

(7) For a fastener loaded in combined shear and tension, provided that $F_{p,Rd}$, $F_{o,Rd}$, $F_{b,Rd}$ and $F_{n,Rd}$ are determined by calculation on the basis of 8.2 for blind rivets or 8.3 for self-tapping screws and self-drilling screws, the resistance of the fastener to combined shear and tension may be verified using:

(8) The gross section distortion may be neglected if the design resistance is obtained from 8.2.3 and 8.3.3 provided that the fastening is through a flange not more than 150 mm wide.

(9) The diameter of holes for screws should be in accordance with the manufacturer's guidelines. These guidelines should be based on following criteria:

- the applied torque should be just higher than the threading torque;
- the applied torque should be lower than the thread stripping torque or head-shearing torque;
- the threading torque should be smaller than 2/3 of the head-shearing torque.

(10) The design rules for blind rivets are valid only if the diameter of the hole is not more than 0,1 mm larger than the diameter of the rivet.

8.2 Blind rivets

8.2.1 General

(1) The resistance of blind rivets loaded in shear is the minor value of the bearing

зминанню $F_{b,Rd}$, опору перерізу нетто $F_{net,Rd}$ профільованих листів та опору зрізу кріпильних деталей $F_{v,Rd}$.

(2) Тіло глухої заклепки має відповідати EN AW- 5019.

(3) Глухі заклепки необхідно виконувати згідно EN ISO 15973, EN ISO 15974, EN ISO 15977, EN ISO 15978, EN ISO 15981 чи EN ISO 15982

8.2.2 Розрахунковий опір заклепкових з'єднань під зрізувальним навантаженням

8.2.2.1 Опір зминанню

$$F_{b,Rd} = 2,5 f_{u,\min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \quad \text{for для}$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3}$$

Для товщини $1,0 < t_{\text{sup}} / t < 2,5$ опір зминанню $F_{b,Rd}$ може бути отримано лінійною інтерполяцією

8.2.2.2 Опір перерізу нетто

8.2.2.3 Опір зрізу

$$F_{v,Rd} = 38 d^2 / \gamma_{M3} \quad [N]$$

Умови для опору зминанню та опору зрізу

- $f_{u,\min} > 260 \text{ Н / мм}^2$ – не слід брати до уваги

$$2,6 \text{ мм} \leq d \leq 6,4 \text{ мм}$$

8.2.3 Розрахунковий опір заклепкових з'єднань під розтягвальним навантаженням

8.2.3.1 Опір прориванню

$$F_{p,Rd} = 2,35 \alpha_E t f_0 / \gamma_{M3} \quad [N]$$

з t в мм та f_0 у Н/мм^2 ;

α_E згідно з Табл. 8.3

Умови:

resistance $F_{b,Rd}$, the netsection resistance $F_{net,Rd}$ of the sheeting and the shear resistance of the fastener $F_{v,Rd}$.

(2) The shank of the blind rivet should be of EN AW- 5019.

(3) Blind rivets according to EN ISO 15973, EN ISO 15974, EN ISO 15977, EN ISO 15978, EN ISO 15981 or EN ISO 15982 should be used

8.2.2 Design resistances of riveted joints loaded in shear

8.2.2.1 Bearing resistance

$$t_{\text{sup}} / t = 1,0, \text{ but але } F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.2a)$$

$$\text{for для } t_{\text{sup}} / t \geq 2,5 \quad (8.2b)$$

For thicknesses $1,0 < t_{\text{sup}} / t < 2,5$ the bearing resistance $F_{b,Rd}$ may be obtained by linear interpolation.

8.2.2.2 Net section resistance

$$F_{net,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.3)$$

8.2.2.3 Shear resistance

$$\text{with } d \text{ in mm при } d \text{ в мм} \quad (8.4)$$

Conditions for bearing and shear resistance:

$f_{u,\min} > 260 \text{ Н / мм}^2$ should not be taken into account

$$- 2,6 \text{ мм} \leq d \leq 6,4 \text{ мм}$$

8.2.3 Design resistances for riveted joints loaded in tension

8.2.3.1 Pull-through resistance

$$F_{p,Rd} = 2,35 \alpha_E t f_0 / \gamma_{M3} \quad [N] \quad (8.5)$$

with t in mm and f_0 in Н/мм^2 /

α_E according to Table 8.3/

Conditions:

- $t \leq 1,5 \text{ мм}; d_w \geq 9,5 \text{ мм};$
- $f_0 > 220 \text{ Н / мм}^2$ не слід брати до уваги

- $d_w \geq 9,5 \text{ мм}; d_w \geq 9,5 \text{ мм};$
- $f_0 > 220 \text{ N / mm}^2$ should not be taken into account

8.2.3.2 Опір вириванню

- Опорний елемент зі сталі

8.2.3.2 Pull-out resistance

- Supporting member of steel:

$$F_{0,Rd} = 0,47t_{\text{sup}}df_y / \gamma_{M3} \quad (8.6)$$

- Опорний елемент з алюмінію

- Supporting member of aluminium:

$$F_{0,Rd} = 0,20t_{\text{sup}}df_0 / \gamma_{M3} \quad (8.7)$$

Умови:

- $t_{\text{sup}} > 6 \text{ мм}, f_y > 350 \text{ Н / мм}^2,$
 $f_0 > 220 \text{ Н / мм}^2$ не повинен прийматися до уваги (кожен має виконуватися)

Conditions:

- $t_{\text{sup}} > 6 \text{ мм}, f_y > 350 \text{ N / mm}^2,$
 $f_0 > 220 \text{ N / mm}^2$ should not be taken into account (everyone to be fulfilled)

- свердління отворів має бути виконано відповідно до рекомендацій виробника

- the drilling holes have to be performed according to the recommendations of the manufacturer

8.2.3.3 Опір розтягу

$$F_{t,Rd} = 47d^2 / \gamma_{M3} [N],$$

where d to be taken in mm/ де d слід брати в мм. (8.8)

8.2.3.3 Tension resistance

8.3 Самонарізальні самосвердлувальні гвинти

та

8.3 Self-tapping /self-drilling screws

8.3.1 Загальні положення

(1) Опір гвинтів, працюючих під зсувним навантаженням – це мінімальне значення опору зминанню $F_{b,Rd}$, опору перерізу нетто $F_{net,Rd}$ профільованого листа та опору зрізу кріпильної деталі $F_{v,Rd}$.

8.3.1 General

(1) The resistance of screws loaded in shear is the minor value of the bearing resistance $F_{b,Rd}$, the netsection resistance $F_{net,Rd}$ of the sheeting and the shear resistance of the fastener $F_{v,Rd}$.

(2) Межі для діаметрів гвинтів, наведені у наступних пунктах, мають дотримуватися, доки інші межі не буде обчислено і перевірено відповідними експериментами.

(2) The limits for diameters of screws given in the following clauses should be valid, unless other limits can be obtained and verified by adequate tests.

(3) Границі міцності опорних матеріалів мають слід використовувати, доки інші границі не будуть розраховані та перевірені за допомогою відповідних експериментів.

(3) The limits for strength values of supporting materials should be valid, unless other limits can be obtained and verified by adequate tests.

(4) Самонарізальні гвинти мають використовуватися згідно з EN ISO 1479, EN ISO 1481 чи ISO 7049.

(4) Self-tapping screws according to EN ISO 1479, EN ISO 1481 or ISO 7049 should be used.

(5) Самосвердлувальні гвинти мають

(5) Self-drilling screws according to

використовуватися згідно з EN ISO 15480 чи EN ISO 15481.

8.3.2 Розрахунковий опір з'єднань під зрізувальним навантаженням

8.3.2.1 Опір зминанню

(1) Для опорних елементів зі сталі чи алюмінію, опір зминанню обчислюється за формулами:

$$F_{b,Rd} = 2,5 f_{u,\min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \quad \text{for /для } t_{\text{sup}} / t = 1,0, \text{ but/але } F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.9a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3} \quad \text{for /для } t_{\text{sup}} / t \geq 2,5 \quad (8.9b)$$

Для товщини $1,0 < t_{\text{sup}} / t < 2,5$ опір зминанню $F_{b,Rd}$ обчислюється шляхом лінійної інтерполяції

Умови:

- самонарізальні та самосвердлувальні гвинти мають бути з неіржавіючої сталі з діаметром $d \geq 5,5 \text{ мм}$,
- $f_{u,\min} > 260 \text{ Н / мм}^2$ не слід брати до уваги;
- для $t > t_{\text{sup}}$ приймається $t = t_{\text{sup}}$;
- свердління отворів повинно бути виконано відповідно до рекомендацій виробника.

(2) Опір зминанню алюмінієвих листів за умови дерев'яних опорних елементів визначається за формулою:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,\min} / \gamma_{M3} \quad [N] \quad (8.10)$$

(3) Опір дерев'яних опорних елементів обчислюється згідно з EN 1995-1-1, Розділ 8, з'єднання деревини та сталі.

Умови:

- самонарізальні та самосвердлувальні гвинти мають бути з неіржавіючої сталі з діаметром $5,5 \text{ мм} \leq d \leq 8,0 \text{ мм}$;
- відстані до краю елемента та відстані між гвинтами описано у EN 1995-1-1, Розділ 8.

8.3.2.2 Опір перерізу нетто

$$F_{\text{net},Rd} = A_{\text{net}} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.11)$$

EN ISO 15480 or EN ISO 15481 should be used.

8.3.2 Design resistance of screwed joints loaded in shear

8.3.2.1 Bearing resistance

(1) Bearing resistance if supporting members are of steel or aluminium is given by:

$$F_{b,Rd} = 2,5 f_{u,\min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \quad \text{for /для } t_{\text{sup}} / t = 1,0, \text{ but/але } F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.9a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{u,\min} t d / \gamma_{M3} \quad \text{for /для } t_{\text{sup}} / t \geq 2,5 \quad (8.9b)$$

For thicknesses $1,0 < t_{\text{sup}} / t < 2,5$ the bearing resistance $F_{b,Rd}$ may be obtained by linear interpolation.

Conditions:

- self-tapping and self-drilling screws should be of steel or stainless steel with diameter $d \geq 5,5 \text{ mm}$,
- $f_{u,\min} > 260 \text{ N / mm}^2$ should not be taken into account;
- for $t > t_{\text{sup}}$ take $t = t_{\text{sup}}$;
- the drilling holes have to be performed according to the recommendations of the manufacturer.

(2) Bearing resistance of aluminium sheeting if supporting members are of timber is given by:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 f_{u,\min} / \gamma_{M3} \quad [N] \quad (8.10)$$

(3) For resistance of supporting member of timber, see EN 1995-1-1, Section 8, steel-to-timber connection.

Conditions:

- self-tapping and self-drilling screws of steel or stainless steel with $5,5 \text{ mm} \leq d \leq 8,0 \text{ mm}$;
- edge distances and spacing in the member of timber, see EN 1995-1-1, Section 8.

8.3.2.2 Net section resistance

$$F_{\text{net},Rd} = A_{\text{net}} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.11)$$

8.3.2.3 Опір зсуву

Розрахунковий опір зсуву гвинтів зі сталі та неіржавіючої сталі обчислюється за формулою:

$$F_{v,Rd} = 380A_s / \gamma_{M3} [N], \quad \text{з } A_s \text{ в мм}^2 / \text{with } A_s \text{ in мм}^2 \quad (8.12)$$

8.3.3 Розрахунковий опір гвинтових з'єднань під розтягуювальним навантаженням

8.3.3.1 Опір прориванню

(1) Опір прориванню гвинтового з'єднання під час розтягу визначається за формулою:

$$F_{p,Rd} = 6,1\alpha_L\alpha_E\alpha_M t f_u \sqrt{d_w / 22} / \gamma_{M3} [N] \quad (8.13)$$

з t та d_w у мм, і f_u в Н/мм², і

- α_L - коригувальний коефіцієнт в залежності від розтягу при згині (Таблиця 8.1);

- α_M - коригувальний коефіцієнт в залежності від типу шайби (Таблиця 8.2)

- α_E - коригувальний коефіцієнт в залежності від розташування кріпильних деталей (Таблиця 8.3)

Умови:

- $t \leq 1,5 \text{ мм}$;

- $d_w \geq 14 \text{ мм}$ і товщина шайби $\geq 1 \text{ мм}$;

- ширина прилеглої полиці частини поперечного перерізу листа $\leq 200 \text{ мм}$;

- $d_w > 30 \text{ мм}$ і $f_u > 260 \text{ Н/мм}$ не слід брати до уваги;

- якщо висота гофра профільованого листа менша за 25 мм, опір проривання має бути понижено на 30 %.

8.3.2.3 Shear resistance

Design shear resistance of screws of steel or stainless steel is given by:

8.3.3 Design resistance of screwed joints loaded in tension

8.3.3.1 Pull-through resistance

(1) The pull-through resistance of screwed joints loaded in tension is given by:

with: t and d_w in mm and f_u in N/mm² and

- α_L correction factor with respect to tension in bending (Table 8.1);

- α_M correction factor with respect to the type of washer (Table 8.2);

- α_E correction factor with respect to the location of fasteners (Table 8.3).

Conditions:

- $t \leq 1,5 \text{ mm}$;

- $d_w \geq 14 \text{ mm}$ and thickness of the washer $\geq 1 \text{ mm}$;

- width of the adjacent flange of the sheet cross-section part $\leq 200 \text{ mm}$;

- $d_w > 30 \text{ mm}$ and $f_u > 260 \text{ N/mm}$ should not be taken into account;

- at a depth of the sheeting smaller than 25 mm, the pull-through- resistance should be reduced by 30 %.

Таблиця 8.1 – Коригувальний коефіцієнт α_L , що дозволяє врахувати розтяг, який виникає при згині на опорних закріпленнях

Table 8.1 – Correction factor α_L , to take account of tensile bending stresses at support fastenings

| Межа міцності [$H / \text{мм}^2$] Ultimate strength [N / mm^2] | α_L | | |
|--|-------------------|-------------------------------|-------------------|
| | Прогін $L < 1,5m$ | Прогін $1,5 \leq L \leq 4,5m$ | Прогін $L > 4,5m$ |
| | Span $L < 1,5m$ | Span $1,5 \leq L \leq 4,5m$ | Span $L > 4,5m$ |
| < 215 | 1 | 1 | 1 |
| ≥ 215 | 1 | $1,25 - L / 6$ | 0,5 |

Примітка. На крайніх опорах, що не піддаються згинальним навантаженням, та у верхніх з'єднаннях полиць α_L завжди дорівнює 1

NOTE: At end supports without bending stresses and at connections at the upper flange always $\alpha_L = 1$

Таблиця 8.2 – Коригувальний коефіцієнт α_M , що дозволяє врахувати матеріал шайби

Table 8.2 – Correction factor α_M to take account of the material of the washer

| Матеріал шайби | α_M |
|------------------------------------|------------|
| Material of the washer | |
| Вуглецева сталь, неіржавіюча сталь | 1,0 |
| Carbon steel, stainless steel | |
| Алюміній | 0,8 |
| Aluminium | |

Таблиця 8.3 – Коригувальний коефіцієнт α_E , що дозволяє врахувати розташування кріпильних деталей

Table 8.3 – Correction factor α_E to take account of the location of the fasteners

| Для полиці, що контактує з опорою | | без контакту | |
|--|-----|---|---------|
| For the flange in contact with the support | | without contact | |
| З'єднання | | | |
| Joint | | | |
| α_E | 1,0 | $b_u \leq 150 : 0,9$ $b_u > 150 : 0,7$ | 0,7 |
| | | | 0,9 |
| | | | 0,7 0,7 |
| | | | 1,0 |
| | | | 0,9 |

Примітка. Коригувальні коефіцієнти не об'єднуються. Обирається найменше значення.

NOTE: The combination of correction factors is not necessary. The smallest value applies.

8.3.3.2 Опір висмикуванню

(1) Опір висмикуванню для самонарізальних та самосвердлувальних гвинтів зі сталі чи неіржавіючої сталі, зі сталевими чи алюмінієвими опорними елементами, обчислюється як:

$$F_{0,Rd} = 0,95 f_{u,sup} \sqrt{t_{sup}^3 d} / \gamma_{M3} \quad (8.14)$$

Умови:

- самонарізальні та самосвердлувальні гвинти зі сталі чи неіржавіючої сталі;
- діаметр гвинтів у межах $6,25 \text{ мм} \leq d \leq 6,5 \text{ мм}$;
- $t_{sup} > 6 \text{ мм}$ і $f_{u,sup} > 250 \text{ Н / мм}^2$ для алюмінію чи
- $t_{sup} > 5 \text{ мм}$ і $f_{u,sup} > 400 \text{ Н / мм}^2$ для сталі не слід брати до уваги;
- свердління отворів повинно бути виконане відповідно до рекомендацій виробника.

(2) для опорних елементів з деревини, див EN 1995-1-1, Розділ 8.

8.3.3.3 Опір розтягу

(1) Розрахунковий опір розтягу гвинтів зі сталі чи неіржавіючої сталі задається як:

$$F_{t,Rd} = 560 A_s / \gamma_{M3} \quad [N]$$

9 ПРОЕКТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПРОБУВАНЬ

(1) Розділ 9 можна використовувати для розрахунків, що супроводжуються випробуваннями, наведеними у EN 1990 з додатковими особливими вимогами до холодноформованого листового матеріалу.

(2) Випробування профільованих листів має базуватися на принципах, наведених у Додатку А.

(3) Випробування на розтяг алюмінієвих сплавів має проводитися згідно з EN 10002-1. Інші види випробувань для алюмінію мають проводитися згідно з відповідними європейськими нормами.

8.3.3.2 Pull-out resistance

(1) The pull-out resistance for self-tapping screws and self-drilling screws of steel or stainless steel, where supporting members are of steel or aluminium, is given by:

Conditions:

- self-tapping screws and self-drilling screws of steel- or stainless steel;
- diameter of the screws $6,25 \text{ mm} \leq d \leq 6,5 \text{ mm}$;
- $t_{sup} > 6 \text{ mm}$ and $f_{u,sup} > 250 \text{ N / mm}^2$ for aluminium or
- $t_{sup} > 5 \text{ mm}$ and $f_{u,sup} > 400 \text{ N / mm}^2$ for steel should not be taken into account;
- the diameter of the drilling hole should be in accordance with the recommendations of the manufacturer.

(2) For supporting members of timber, see EN 1995-1-1, Section 8.

8.3.3.3 Tension resistance

(1) The design tension resistance of screws of steel or stainless steel is given by:

$$\text{with } 3 A_s \text{ in } \text{mm}^2 \quad (8.15)$$

9 DESIGN ASSISTED BY TESTING

(1) This Section 9 may be used to apply the principles for design assisted by testing given in EN 1990 with the additional specific requirements of cold-formed sheeting.

(2) Testing of profile sheeting should apply the principles given in Annex A.

(3) Tensile testing of aluminium alloys should be carried out in accordance with EN 10002-1. Testing of other aluminium properties should be carried out in accordance with the relevant European Standards.

(4) Випробування кріпильних деталей та з'єднань має проводитися згідно з відповідними європейськими чи міжнародними нормами.

Примітка. До появи рекомендацій відповідних європейських чи міжнародних стандартів інформація щодо процедур випробувань для кріпильних деталей може бути отримана з таких документів:

ECCS Видання № 21 (1983): Європейські рекомендації щодо сталевих конструкцій: розрахунок та випробування з'єднань сталевих листів та профілів;

ECCS Видання № 42 (1983): Європейські рекомендації щодо сталевих конструкцій: Механічні кріпильні деталі, що використовуються для сталевих листів та профілів.

(4) Testing of fasteners and connections should be carried out in accordance with the relevant European Standard or International Standard.

NOTE: Pending availability of an appropriate European or International Standard, information on testing procedures for fasteners can be obtained from:

ECCS Publication No. 21 (1983): *European recommendations for steel construction: the design and testing of connections in steel sheeting and sections;*

ECCS Publication No. 42 (1983): *European recommendations for steel construction: mechanical fasteners for use in steel sheeting and sections.*

ДОДАТОК А
(обов'язковий)
ПРОЦЕДУРИ ВИПРОБУВАНЬ

ANNEX A
[normative]
TESTING PROCEDURES

A.1 Загальні положення

(1) Цей додаток надає відповідні стандартизовані випробувальні та оцінювальні процедури для ряду випробувань, які частіше всього зустрічаються на практиці, як основу для узгодження наступних випробувань.

Примітка. 1 У сфері холодноформованих профільованих листів більшість стандартних виробів зазвичай використовуються у випадках, в яких проектування шляхом розрахунків не дає економічних рішень, тому зазвичай бажано використовувати проектування з випробуваннями.

Примітка. 2 Подальшу інформацію щодо випробувань можна отримати з національного додатку

Примітка. 3 У національному додатку можуть бути наведені коефіцієнти перерахунку існуючих результатів випробувань, щоб привести результати стандартизованих випробувань у відповідність до даного додатку.

(2) Цей додаток включає:

- випробування профільованих листів (див. A.2);
- оцінку результатів випробувань для визначення розрахункових величин, (див. A.3)

A.2 Випробування профільованих листів

A.2.1 Загальні положення

(1) Навантаження може бути прикладене за допомогою повітряних подушок, або у вакуумній камері, або за допомогою металевих чи дерев'яних траверс, встановлених так, щоб моделювати рівномірно розподілене навантаження.

(2) Щоб попередити розповзання гофрів, використовуються поперечні в'язі або інші пристосування для випробувань, наприклад, у випробувальних зразках можна використовувати дерев'яні блоки. Деякі приклади наведено нарисунку А.1.

(3) Випробувальні зразки

A.1 General

(1) This Annex A gives appropriate standardized testing and evaluation procedures for a number of tests that are commonly required in practice, as a basis for harmonization of future testing.

NOTE: 1 In the field of cold-formed sheeting, many standard products are commonly used for which design by calculation might not lead to economical solutions, so it is frequently desirable to use design assisted by testing.

NOTE: 2 The National Annex may give further information on testing

NOTE: 3 The National Annex may give conversion factors for existing test results to be equivalent to the outcome of standardised tests according to this annex.

(2) This annex covers:

- tests on profiled sheets, see A.2;
- valuation of test results to determine design values, see A.3.

A.2 Tests on profiled sheets

A.2.1 General

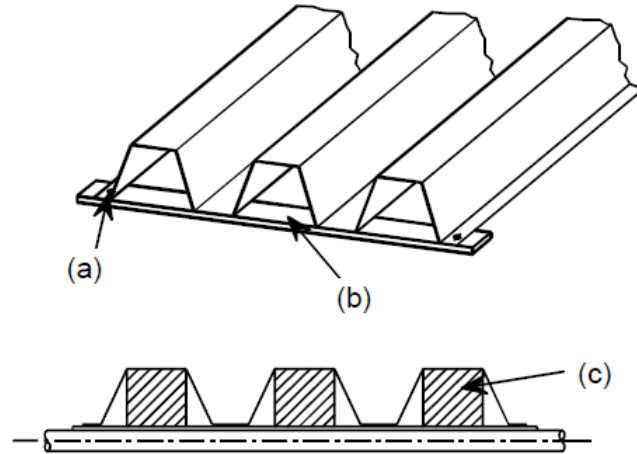
(1) Loading may be applied through air bags or in a vacuum chamber or by metal or timber cross beams arranged to simulate uniformly distributed loading.

(2) To prevent spreading of corrugations, transverse ties or other appropriate test accessories such as timber blocks may be applied to the test specimen. Some examples are given in Figure A.1.

(3) Test specimens for sheet profiles

профільованих листів зазвичай складають як мінімум два повних гофри, але випробувальний зразок може мати і лише один гофр, за умови забезпечення достатньої жорсткості. Вільні поздовжні краї під час випробувань мають бути у розтягненій зоні.

should normally comprise at least two complete corrugations, but a test specimen may comprise just one complete corrugation, provided that the stiffness of the corrugations is sufficient. Free longitudinal edges should be in the tension zone during test procedure.



а) Заклепка чи гвинт б) Поперечні в'язі (металеві смуги) в) Блоки деревини
(a) Rivet or screw (b) Transverse tie (metal strip) (c) Timber blocks

Рисунок А.1 – Приклади відповідного випробувального обладнання
Figure A.1 – Examples of appropriate test accessories

(4) Для дослідження на відрив експеримент має бути організовано таким чином, щоб відобразити поведінку конструкції в реальних умовах. Типи з'єднань між листами і опорами мають бути такими ж як у дійсності.

(4) For uplift tests, the test set-up should realistically simulate the behaviour of the sheeting under practical conditions. The type of joints between the sheet and the supports should be the same as in the joints to be used in practice.

(5) Для запобігання будь-якого впливу закріплень проти повороту чи поздовжнього переміщення на опорах під час експерименту необхідно використовувати шарнірні та шарнірно-рухомі опори. Тоді отримані результати матимуть широку сферу застосування.

(5) To give the results a wide range of applicability, hinged and roller supports should preferably be used, to avoid any influence of torsional or longitudinal restraint at the supports on the test results.

(6) Навантаження має діяти перпендикулярно до початкової площини листа впродовж усього експерименту.

(6) It should be ensured that the direction of the loading remains perpendicular to the initial plane of the sheet throughout the test procedure.

(7) Для виключення деформації опор необхідно виміряти прогини на обох кінцях експериментального зразка.

(7) To eliminate the deformations of the supports, the deflections at both ends of the test specimen should also be measured.

(8) За результат експерименту береться максимальне значення навантаження, прикладеного до зразка, при якому зразок

(8) The test result should be taken as the maximum value of the loading applied to the specimen either coincident with failure or

або зруйнується, або буде дуже близьким до руйнування.

A.2.2 Випробування одного прогону

(1) Відповідна схема перевірки показана на рисунку А.2 може використовуватися для визначення моменту опору на середині прогону (за відсутності зсувного зусилля) та ефективної згинальної жорсткості.

(2) Відстань між опорами має визначатися таким чином, щоб результати експерименту відображали момент опору листа.

(3) Момент опору має визначатися з результатів експерименту.

(4) Гнучкість на згин має визначатися за графіком зміни прогину під дією навантаження.

A.2.3 Випробування двох прольотів

(1) Схема випробувальної установки, що показана на рисунку А.3, використовується для визначення опору листа, неперервного більше ніж в двох прольотах, об'єднаній дії моменту та зсуву на внутрішніх опорах, та його опору об'єднаним моменту та опорним реакціям для заданої ширини опор.

(2) Краще, якщо навантаження, є рівномірно розподіленим (прикладається з використанням повітряних мішків чи, наприклад, вакуумної камери).

(3) Як альтернативу можна використовувати будь-яку кількість лінійних навантажень (поперечних до прогону), розташованих таким чином, щоб викликати внутрішні моменти та зусилля, які відповідають рівномірно розподіленому навантаженню. Деякі схеми підходящих розташувань показані на рисунку А.4.

A.2.4 Випробування проміжної опори

Замість А.2.3, на рисунку А.5 показано експериментальну установку, що може використовуватися для визначення опору листа, нерозрізного у двох або в більшій кількості прольотів, від комбінації моменту та зсуву на внутрішніх опорах, та його опору об'єднаній дії моменту та опорних

immediately prior to failure as appropriate.

A.2.2 Single span test

(1) A test set-up equivalent to that shown in Figure A.2 may be used to determine the midspan moment resistance (in the absence of shear force) and the effective flexural stiffness.

(2) The span should be chosen such that the test results represent the moment resistance of the sheet.

(3) The moment resistance should be determined from the test result.

(4) The flexural stiffness should be determined from a plot of the load-deflection behaviour.

A.2.3 Double span test

(1) The test set-up shown in Figure A.3 may be used to determine the resistance of a sheet that is continuous over two or more spans to combinations of moment and shear at internal supports, and its resistance to combined moment and support reaction for a given support width.

(2) The loading should preferably be uniformly distributed (applied using an air bag or a vacuum chamber, for example).

(3) Alternatively any number of line loads (transverse to the span) may be used, arranged to produce internal moments and forces that are appropriate to represent the effects of uniformly distributed loading. Some examples of suitable arrangements are shown in Figure A.4.

A.2.4 Internal support test

(1) As an alternative to A.2.3, the test set-up shown in Figure A.5 may be used to determine the resistance of a sheet that is continuous over two or more spans to combinations of moment and shear at internal supports, and its resistance to combined moment and support reaction for a given

реакцій для заданої ширини опор.

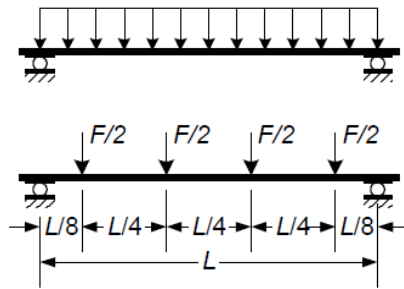
(2) Експериментальний прольот s , який представляє частину листа між точками перегину з кожної сторони від проміжної опори, для листа, нерозрізного більше ніж у двох рівних прольотах L , може бути обчислено за формулою:

$$s = 0,4L \quad (\text{A.1})$$

(3) Якщо очікується пластичний перерозподіл опорного моменту, то експериментальний прогін s зменшується, щоб відобразити відповідну залежність між опорним моментом та зсувним зусиллям.

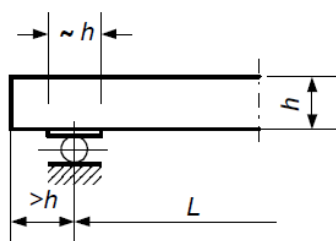
(4) Ширина відтинку балки b_B , що використовується для прикладення експериментального навантаження, має відповідати дійсній ширині опори.

(5) Кожен результат експерименту може використовуватися для відображення опору спільній дії згинального моменту та опорної реакції (чи зсувного зусилля) для заданого прогону та заданої ширини опори. Щоб отримати дані щодо взаємодії згинального моменту та опорної реакції, необхідно дослідити кілька різних прогонів.



а) Рівномірно розподілене навантаження та приклад альтернативних еквівалентних лінійних навантажень

a) Uniformly distributed loading and an example of alternative equivalent line loads



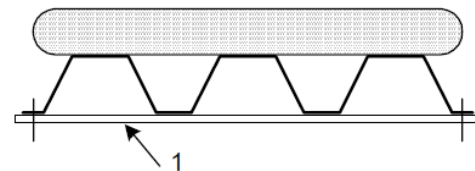
support width.

(2) The test span s used to represent the portion of the sheet between the points of contraflexure each side of the internal support, in a sheet continuous over two equal spans L may be obtained from:

(3) If plastic redistribution of the support moment is expected, the test span s should be reduced to represent the appropriate ratio of support moment to shear force.

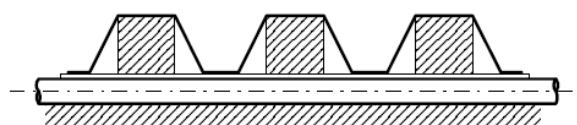
(4) The width b_B of the beam used to apply the test load should be selected to represent the actual support width to be used in practice.

(5) Each test result may be used to represent the resistance to combined bending moment and support reaction (or shear force) for a given span and a given support width. To obtain information about the interaction of bending moment and support reaction, tests should be carried out for several different spans.



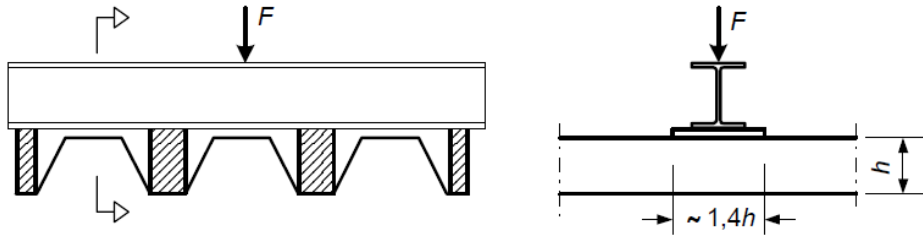
б) Розподілене навантаження, прикладене за допомогою повітряної подушки (як варіант – вакуумної дослідної установкою) 1) поперечна в'язь

b) Distributed loading applied by an airbag (alternatively by a vacuum test rig) 1) transverse tie



с) Приклад розташування опор для попередження викривлення

c) Example of support arrangements for preventing distortion



е) Приклад методу прикладення лінійного навантаження

d) Example of method of applying a line load

Рисунок А.2 – Експериментальна установка для випробування одного прогону

Figure A.2 – Test set-up for single span tests

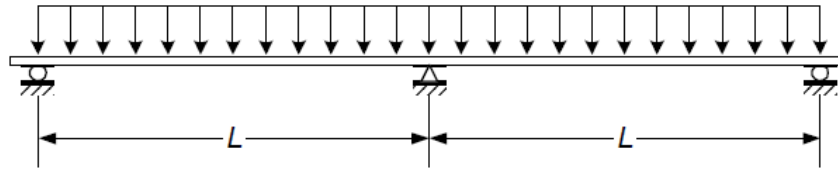


Рисунок А.3 – Експериментальна установка для випробування двох прольотів

Figure A.3 – Test setup for double span tests

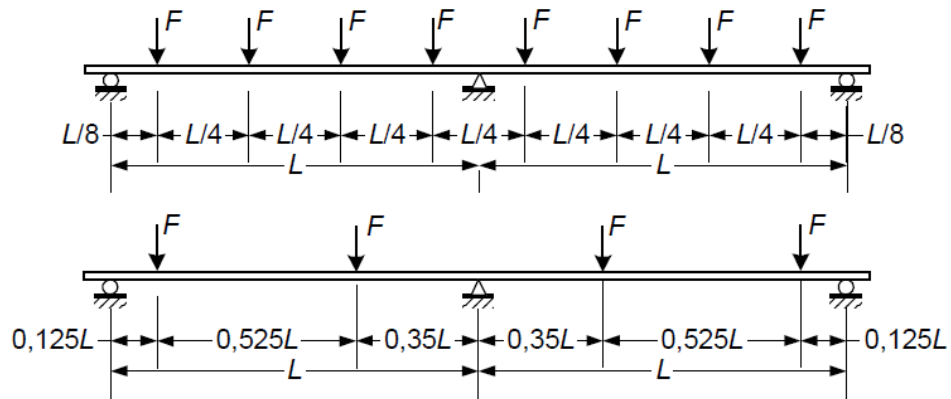
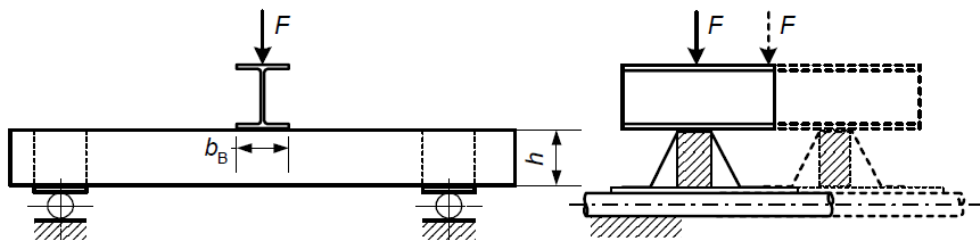


Рисунок А.4 – Приклад відповідного облаштування для альтернативних лінійних навантажень

Figure A.4 – Examples of suitable arrangements of alternative line loads



а) Внутрішні опори під дією гравітаційного навантаження

a) Internal support under gravity loading

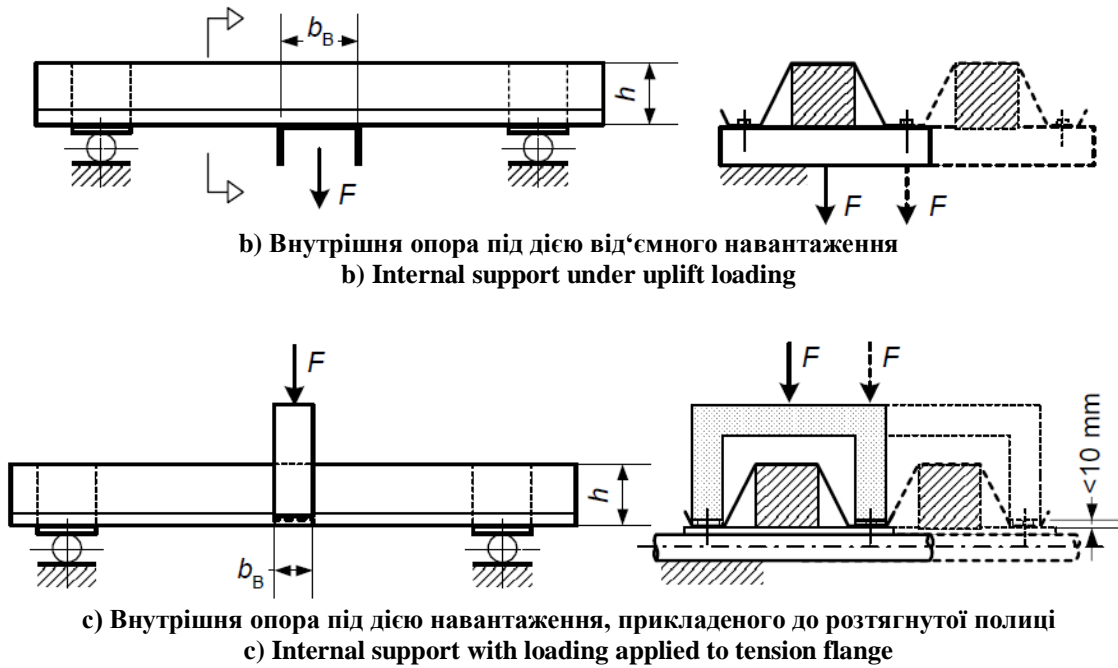
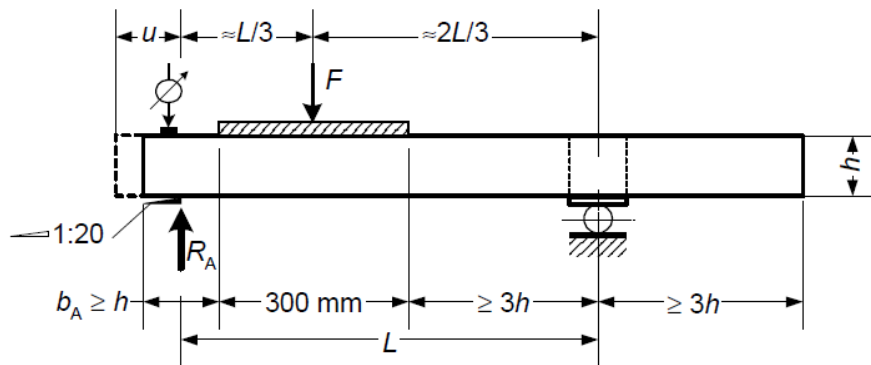


Рисунок А.5 – Експериментальна установка для дослідження внутрішньої опори

Figure A.5 – Test set-up for internal support test



Позначення:

b_A = довжина опори

u = відстань між внутрішнім краєм опори та краєм листа

Key:

b_A = support length

u = length from internal edge of end support to end of sheet

Рисунок А.6 – Експериментальна установка для випробування крайніх опор

Figure A.6 – Test set-up for end support tests

A.2.5 Випробування крайньої опори

(1) Експериментальна установка, показана на рисунку А.6, може використовуватися для визначення опору листа на крайній опорі.

(2) Окремі тести мають проводитися для визначення опору зсуву листа для різних відстаней u від точки контакту на внутрішньому кінці крайньої опори до

A.2.5 End support test

(1) The test set-up shown in Figure A.6 may be used to determine the resistance of a sheet at an end support.

(2) Separate tests should be carried out to determine the shear resistance of the sheet for different lengths u from the contact point at the inner edge of the end support, to the actual

краю листа (див. рисунок А.6).

А.3 Обробка результатів випробувань

А.3.1 Загальні положення

(1) Під час експерименту вважається що перевірений зразок втратив несучу здатність, якщо прикладені навантаження досягли максимальних значень, чи якщо загальні деформації перевищують встановлені межі.

(2) При перевірці з'єднань чи елементів, для яких заради точної оцінки необхідна перевірка на великі деформації (наприклад для оцінки характеристик крутного моменту патрубків), під час випробувань не закладається межа загальних деформацій.

(4) Має бути забезпечена відповідна довірча зона між станом в'язкого руйнування та можливого крихкого руйнування. Оскільки у великомасштабних експериментах крихке руйнування зазвичай не проявляється, за необхідності можна проводити додаткові детальні експерименти.

Примітка. Це часто буває у випадку з'єднань

А.3.2 Уточнення результатів випробувань

(1) Результати тестів мають бути відповідним чином скориговані, щоб врахувати різницю між реальними властивостями експериментальних зразків, вимірними під час експерименту, та їхніми номінальними значеннями.

(2) Реальне значення умовної межі текучості $f_{0,2,obs}$, що відповідає пластичній деформації 0,2 %, має коливатися у межах $\pm 25\%$ від її номінального значення $f_{0,2}$.

(3) Дійсна виміряна товщина матеріалу t_{obs} не повинна перевищувати розрахункову товщину t , що базується на номінальній товщині матеріалу t_{nom} , більше ніж на 12%

(4) Поправки слід робити щодо дійсних вимірних значень товщини матеріалу t_{obs} умовної межі міцності $f_{0,2,obs}$, що відповідає пластичній деформації 0,2 %,

end of the sheet, see Figure A.6.

A.3 Evaluation of test results

A.3.1 General

(1) A specimen under test should be regarded as having failed if the applied test loads reach their maximum values, or if the gross deformations exceed specified limits.

(2) In the testing of joints, or of components in which the examination of large deformations is necessary for accurate assessment (for example, in evaluating the moment-rotation characteristics of sleeves), no limit need be placed on the gross deformation during the test.

(4) An appropriate margin of safety should be available between a ductile failure mode and possible brittle failure modes. As brittle failure modes do not usually appear in large-scale tests, additional detail tests should be carried out where necessary.

NOTE: This is often the case for joints.

A.3.2 Adjustment of test results

(1) Test results should be appropriately adjusted to allow for variations between the actual measured properties of the test specimens and their nominal values.

(2) The actual measured 0,2 % proof strength $f_{0,2,obs}$ should not deviate by more than $\pm 25\%$ from the nominal 0,2 % proof strength $f_{0,2}$.

(3) The actual measured material thickness t_{obs} should not exceed the design thickness t based on the nominal material thickness t_{nom} by more than 12%.

(4) Adjustments should be made in respect of the actual measured values of the material thickness t_{obs} and the 0,2 % proof strength $f_{0,2,obs}$ for all tests, except where the design

для усіх експериментів, за виключенням тих випадків, коли в розрахункових формулах використовуються дійсно вимірне значення товщини або дійсно виміряна умовна межа текучості матеріалу, що відповідає пластичній деформації 0,2 %, за необхідністю.

(5) Відкориговане значення $R_{adj,i}$ результатів i -того експерименту має визначатися з дійсно вимірним результатом експерименту $R_{obs,i}$ за формулою:

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu_R \quad (A.2)$$

де μ_R – коригувальний коефіцієнт опору, що визначається як:

$$\mu_R = \left(\frac{f_{0,2,obs}}{f_{0,2}} \right)^\alpha \left(\frac{t_{obs}}{t} \right)^\beta \quad (A.3)$$

(6) Показник степеня α , що використовується у виразі (A.3) повинен бути отриманий наступним чином:

- якщо $f_{0,2,obs} \leq f_{0,2} : \alpha = 0$

- якщо $f_{0,2,obs} > f_{0,2} : \alpha = 1$

Для профільованих листів, у яких стиснуті частини мають настільки високе співвідношення bp/t , що місцевий вигин також є показником відмови: $\alpha = 0,5$

(7) Показник степеня β , що використовується у виразі (A.3) повинен бути отриманий наступним чином:

- якщо $t_{obs} \leq t : \beta = 1$

- якщо $t_{obs} > t : \beta = 2$

A.3.3 Характеристичні значення

A.3.3.1 Загальна інформація

(1) Характеристичні значення можуть бути визначені статистично, за умови, що є як мінімум чотири результати експерименту.

Примітка. Якщо розкид параметрів досить великий, то бажана більша кількість експериментів.

(2) Мінімальне характеристичне значення має визначатися з виконанням

expression that uses the test results also uses the actual measured value of the thickness or 0,2 % proof strength of the material, as appropriate.

(5) The adjusted value $R_{adj,i}$ of the test result for test i should be determined from the actual measured test result $R_{obs,i}$ using:

in which μ_R is the resistance adjustment coefficient given by:

(6) The exponent α for use in expression (A.3) should be obtained as follows:

- if $f_{0,2,obs} \leq f_{0,2} : \alpha = 0$

- if $f_{0,2,obs} > f_{0,2} : \alpha = 1$

- for profiled sheets in which compression parts have such large bp/t ratios that local buckling is clearly the failure mode: $\alpha = 0,5$

(7) The exponent β for use in expression (A.3) should be obtained as follows:

- if $t_{obs} \leq t : \beta = 1$

- if $t_{obs} > t : \beta = 2$

A.3.3 Characteristic values

A.3.3.1 General

(1) Characteristic values may be determined statistically, provided that there are at least 4 test results.

NOTE: A larger number is generally preferable, particularly if the scatter is relatively wide.

(2) The characteristic minimum value should be determined using the following

наступних положень. Якщо необхідно знати максимальне характеристичне значення або середнє характеристичне значення, воно має уточнюватися з використанням правил для визначення мінімального характеристичного значення.

3) Характеристичне значення опору R_k визначене на основі як мінімум чотирьох експериментів може бути обчислене з:

$$R_k = R_m - ks \tag{A.4}$$

де s - стандартне відхилення;
 k - відповідний коефіцієнт з Таблиці А.1;
 R_m - середнє значення приведених результатів експерименту R_{adj} .

(4) Стандартне відхилення s може бути визначене як:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - \sum_{i=1}^n R_m^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - n \cdot R_m^2}{n-1}} \tag{A5}$$

де $R_{adj,i}$ - приведені результати експерименту для i -того експерименту
 n - кількість експериментів.

provisions. If the characteristic maximum value or the characteristic mean value is required, it should be determined by using appropriate adaptations of the provisions given for the characteristic minimum value.

3) The characteristic value of a resistance R_k determined on the basis of at least 4 tests may be obtained from:

where: s is the standard deviation;
 k is the appropriate coefficient from Table A.1;
 R_m is the mean value of the adjusted test results R_{adj} .

(4) The standard deviation s may be determined using:

where: $R_{adj,i}$ is the adjusted test result for test i ;
 n is the number of tests.

Таблиця А.1 – Значення коефіцієнту k
Table A.1 – Values of the coefficient k

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| n | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 20 | 30 | ∞ |
| k | 2,63 | 2,33 | 2,18 | 2,00 | 1,92 | 1,76 | 1,73 | 1,64 |

А.3.3.2 *Характеристичні значення для сукупностей експериментів*

(1) Серія тестів, що проводиться на ряді схожих листів у яких варіюється один чи більше параметрів, може вважатися однією сукупністю, якщо у них всіх один і той самий тип відмови. Параметрами, що варіюються можуть включати розміри поперечного перерізу, прольоти, товщини та міцності матеріалу

(2) Характеристичний опір елементів одного типу може бути визначений на основі придатних розрахункових виразів, що зв'язують результати експериментів з

A.3.3.2 *Characteristic values for families of tests*

(1) A series of tests carried out on a number of otherwise similar sheets, in which one or more parameters is varied, may be treated as a single family of tests, provided that they all have the same failure mode. The parameters that are varied may include cross-sectional dimensions, spans, thicknesses and material strengths.

(2) The characteristic resistances of the members of a family may be determined on the basis of a suitable design expression that relates the test results to all the relevant

усіма відповідними параметрами. Ці розрахункові вирази можуть або базуватися на відповідних рівняннях будівельної механіки, чи можуть визначатися емпірично.

(3) Розрахункові вирази мають модифікуватися, щоб можна було попередньо визначити середній вимірний опір настільки точно, наскільки це реально, шляхом регулювання коефіцієнтів для оптимізації взаємозв'язку.

Примітка.: Інформацію щодо цього процесу наведено у Додатку D EN 1990.

(4) Для обчислення стандартного відхилення s , необхідно нормалізувати кожен результат експерименту, поділивши його на відповідне значення, надане розрахунковим виразом. Якщо розрахунковий вираз змінено, як показано у (3), то середнє значення нормалізованих результатів експерименту має бути рівним одиниці. Кількість експериментів n має дорівнювати загальній кількості експериментів цієї сукупності.

(5) Для сукупності як мінімум з чотирьох експериментів, характеристичний опір R_k має бути отримано з виразу (A.3), якщо прийняти R_m рівним значенню, передбаченому розрахунковим виразом, та використати коефіцієнт k з Таблиці A.1, взятий у залежності від значення n , що є загальною кількістю експериментів у цій сукупності.

A.3.4 Розрахункові значення

(1) Розрахункове значення опору R_d має виводитися з відповідного характеристичного значення R_k , визначеного експериментально:

де γ_M - частковий коефіцієнт опору;

γ_{sys} - частковий коефіцієнт різниці у поведінці в експериментальних та експлуатаційних умовах.

(2) Для сукупності не менше, як чотирьох експериментів, значення γ_M має

parameters. This design expression may either be based on the appropriate equations of structural mechanics, or determined on an empirical basis.

(3) The design expression should be modified to predict the mean measured resistance as accurately as practicable, by adjusting the coefficients to optimise the correlation.

NOTE: Information on this process is given in Annex D of EN 1990.

(4) In order to calculate the standard deviation s , each test result should first be normalized by dividing it by the corresponding value predicted by the design expression. If the design expression has been modified as specified in (3), the mean value of the normalized test results will be unity. The number of tests n should be taken as equal to the total number of tests in the family.

(5) For a family of at least four tests, the characteristic resistance R_k should then be obtained from expression (A.3) by taking R_m as equal to the value predicted by the design expression, and using the value of k from Table A.1 corresponding to a value of n equal to the total number of tests in the family.

A.3.4 Design values

(1) The design value of a resistance R_d should be derived from the corresponding characteristic value R_k determined by testing, using:

$$R_d = R_k / (\gamma_M \gamma_{sys}) \quad (A.6)$$

where: γ_M is the partial factor for resistance;

γ_{sys} is a partial factor for differences in behaviour under test conditions and service conditions.

(2) For a family of at least four tests, the value of γ_M may be determined using

обчислюватися за допомогою статистичних методів.

Примітка.: Інформацію щодо відповідних методів наведено у Додатку D EN 1990.

(3) Альтернативно, γ_M може бути прийнятий рівним відповідному розрахунковому значенню γ_M , обчисленому як наведено у Розділі 2.

Примітка.: У Національному додатку може бути наведено значення γ_M та γ_{sys} . Рекомендоване значення для γ_{sys} дорівнює 1 для листів.

(4) Для інших типів експериментів, в яких розглядається можливість нестійкості, чи види поведінки конструкцій чи конструкційних елементів, які не повністю охоплюються експериментом, то для отримання необхідної достовірності, значення γ_{sys} має бути оцінене з урахуванням дійсних умов експерименту.

A.3.5 Експлуатаційна придатність

(1) Повинні виконуватися умови, наведені у Розділі 7.

statistical methods.

NOTE: Information on an appropriate method is given in Annex D of EN 1990.

(3) Alternatively γ_M may be taken as equal to the appropriate value of γ_M for design by calculation given in Section 2.

NOTE: The National Annex may give values for γ_M and γ_{sys} . A recommended value for γ_{sys} is 1,0 in case of sheeting.

(4) For other types of tests in which possible instability phenomena, or modes of behaviour, of structures or structural components might not be covered sufficiently by the tests, the value of γ_{sys} should be assessed taking into account the actual testing conditions, in order to achieve the necessary reliability.

A.3.5 Serviceability

(1) The provisions given in Section 7 should be satisfied.

ДОДАТОК Б
[ДОВІДКОВИЙ]
СТРОК РОБОТИ КРІПІЛЬНИХ
ДЕТАЛЕЙ

ANNEX B
[informative]
DURABILITY OF FASTENERS

(1) Для механічних з'єднань у холодноформованих листах, може використовуватися таблиця В.1.

(1) For mechanical joints in cold-formed sheeting Table B.1 may be applied.

Таблиця В.1 – Матеріал кріпильних деталей в залежності від агресивного середовища (та листові матеріали лише для ознайомлення). Розглядається лише ризик від корозії. Категорію агресивності середовища прийнято згідно з EN ISO 12944-2

Table B.1 – Fastener material with regard to corrosion environment (and sheeting material only for information). Only risk of corrosion is considered. Environmental corrosivity categories according to EN ISO 12944-2

| Корозійна категорія | Матеріал листа | Material of fastener | | | | | |
|----------------------|----------------|----------------------------|--|---|---|--|---------------------|
| | | Матеріал кріпильної деталі | | | | | |
| | | Алюміній | Гальванізована на сталь, товщина покриття $\geq 7 \mu m$ | Гарячеоцинкована сталь, товщина покриття $\geq 45 \mu m$ | Неіржавіюча сталь, цементована на 1.4006 ^{d,e} | Неіржавіюча сталь, 1.4301 ^d , 1.4436 ^d | Монель ^a |
| Corrosivity category | Sheet material | Aluminium | Electro galvanized steel. Coat thickness $\geq 7 \mu m$ | Hot-dip zinc coated steel ^b . Coat thickness $\geq 45 \mu m$ | Stainless steel, case hardened. 1.4006 ^{d,e} | Stainless steel, 1.4301 ^d , 1.4436 ^d | Monel ^a |
| C1 | A, B, C | X | X | X | X | X | X |
| | D, E, S | X | X | X | X | X | X |
| C2 | A | X | - | X | X | X | X |
| | C,D | X | - | X | X | X | X |
| | E,S | X | - | X | X | X | X |
| C3 | A | X | - | X | - | X | X |
| | C,E | X | - | X | (X) ^c | (X) ^c | - |
| | D | X | - | X | - | (X) ^c | X |
| | S | - | - | X | X | X | X |
| C4 | A | X | - | (X) ^c | - | (X) ^c | - |
| | D | - | - | X | - | (X) ^c | - |
| | E | X | - | X | - | X | - |
| | S | - | - | X | - | X | - |
| C5-I | A | X | - | - | - | (X) ^c | - |
| | D ^f | - | - | X | - | (X) ^c | - |
| | S | - | - | - | - | X | - |
| C5-M | A | X | - | - | - | (X) ^c | - |
| | D ^f | - | - | X | - | (X) ^c | - |
| | S | - | - | - | - | X | - |

Примітка.: Сталева кріпильна деталь без покриття може використовуватися при корозійній категорії C1.

NOTE: Fastener of steel without coating may be used in corrosivity category C1.

| | |
|--|---|
| A= алюміній, незалежно від обробки поверхні | A = aluminium irrespective of surface finish |
| B = сталеві листи без покриття | B = un-coated steel sheet |
| C = гарячеоцинковані (Z275) або алюмооцинковані (AZ150) сталеві листи | C = hot-dip zinc coated (Z275) or aluzinc coated (AZ150) steel sheet |
| D = гарячеоцинкована + покриття пластиком або фарбою | D = hot-dip zinc coated + coating of paint or plastic |
| E = алюмооцинковані (AZ185) сталеві листи | E = aluzinc coated (AZ185) steel sheet |
| S = неіржавіюча сталь | S = stainless steel |
| X = вид матеріалу, що рекомендується з огляду на корозійну стійкість | X = type of material recommended from corrosion standpoint |
| (X) = вид матеріалу, що рекомендується з огляду на корозійну стійкість лише за вказаних умов | (X) = type of material recommended from corrosion standpoint under the specified condition only |
| - = тип матеріалу, що не рекомендується з огляду на корозійну стійкість | - = type of material not recommended from corrosion standpoint |
| a відноситься лише до заклепок | a refers to rivets only |
| b відноситься лише до гвинтів та гайок | b refers to screws and nuts only |
| c ізоляційна шайба із стійкого до старіння матеріалу між листом та кріпильною деталлю | c insulation washer of material resistant to aging between sheeting and fastener |
| d неіржавіюча сталь EN 10 088 | d stainless steel EN 10 088 |
| e ризик знебарвлення | e risk of discoloration |
| f завжди перевіряється поставником листів | f always check with sheet supplier |

(2) Атмосферні корозійні категорії згідно EN ISO 12944-2, наведено у таблиці B.2.

(2) The environmental corrosivity categories following EN ISO 12944-2 are presented in Table B.2.

Таблиця В.2 – Атмосферні корозійні категорії згідно EN ISO 12944-2 та приклади типових середовищ

Table В.2 – Atmospheric-corrosivity categories according to EN ISO 12944-2 and example of typical environment

| Корозійна категорія | Рівень корозійності | Example of typical environments in temperature climate (informative) | |
|----------------------|----------------------------|--|---|
| | | Приклад типового середовища з урахуванням температури та клімату (інформаційний) | |
| | | Exterior | Interior |
| Corrosivity category | Corrosivity level | Ззовні | Всередині |
| C1 | дуже низький | | Опалювані будинки з чистим повітрям, наприклад, офісні будівлі, магазини, школи, готелі. |
| | very low | | Heated buildings with clean atmospheres, e.g. offices, shops, schools, hotels. |
| C2 | низький | Повітря з низьким рівнем забруднення. Зазвичай сільська місцевість. | Неопалювані будівлі, в яких існує можливість конденсації вологи, наприклад складські приміщення, спортивні зали. |
| | low | Atmospheres with low level of pollution. Mostly rural areas. | Unheated buildings where condensation may occur, e.g. depots, sport halls. |
| C3 | середній | Міське, та промислове повітря, помірне забруднення сірчистим газом. Прибережні зони з низькою солоністю. | Виробничі приміщення з високою вологою та деяким забрудненням повітря, наприклад харчове виробництво, заводи, пральні, пивоварні та молокозаводи. |
| | medium | Urban and industrial atmospheres, moderate sulphur dioxide pollution. Coastal areas with low salinity. | Production rooms with high humidity and some air pollution, e.g. food processing, plants, laundries, breweries and dairies. |
| C4 | високий | Промислові зони та прибережні райони з середньою солоністю. | Хімічні заводи, плавальні басейни, берегові суднобудівельні заводи. |
| | high | Industrial areas and coastal areas with moderate salinity. | Chemical plants, swimming pools, coastal ship- and boatyards. |
| C5-I | дуже високий (промисловий) | Промислові зони з високою вологою та агресивним середовищем | Будівлі та зони з майже постійною конденсацією вологи та високим забрудненням. |
| | very high (industrial) | Industrial areas with high humidity and aggressive atmospheres. | Buildings and areas with almost permanent condensation and with high pollution. |
| C5-M | дуже високий (морські) | Берегові та прибережні зони з високою солоністю. | Будівлі та зон з майже постійною конденсацією вологи та високим забрудненням. |
| | very high (marine) | Coastal and offshore areas with high salinity. | Buildings and areas with almost permanent condensation and with high pollution |

БІБЛІОГРАФІЯ

BIBLIOGRAPHY

1. Weber, H.: Dach und Wand - Panen und Bauen mit Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Verlag-Düsseldorf 1982 (in German)
2. Richtlinie für die Verlegung von Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Merkblatt A7; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (in German)
3. Verbindungen Profiltafeln und dünnwandigen Bauteilen aus Aluminium; Aluminium-Merkblatt A9; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (in German)
4. SFHF-Richtlinien für hinterlüftete Fassaden - Grundsätze für Planung, Bemessung, Konstruktion und Ausführung; Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden; Zürich 1992 (in German and French)
5. Directives APSFV pour façades ventilées; Principes et remarques pour l'étude, le dimensionnement, la construction et l'exécution; Association professionnelle suisse pour des façades ventilées (in French and German)
6. Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen – Kommentar zur Anwendung und Konstruktion. Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. Am Bonnehof 5, D-40 474 Düsseldorf.
7. Baehre, R., Wolfram, R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezprofilen Stahlbau 6/1986, S. 175- 179
8. Baehre, R., Huck, G.: Zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft von Stahl-Trapezprofilen nach DIN 18807 Teile 1 und 3, Stahlbau 69 (1990), Heft 8, S. 225 - 232

ДОДАТОК НА
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ (ДСТУ),
ІДЕНТИЧНИХ МС, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В EN 1999-1-4:2005**

| Позначення та назва європейського стандарту | Ступінь відповідності | Позначення 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 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on structures Part 1-2: Fire actions. | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)» |
| EN 1991-1-3 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-3: General actions: Snow loads. | IDT | 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)» |
| 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 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5: . Загальні дії. Теплові дії. (EN 1991-1-5:2003, IDT)» |
| EN 1991-1-6 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-6: General actions - Actions during execution | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1991-1-6:2012 проект «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-6. Загальні дії. Дії під час зведення (EN 1991-1-6:2005, 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 1991-2 Eurocode 1: Actions on structures - Part 2 - Traffic loads on bridges | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003, IDT)» |
| EN 1991-3 Eurocode 1: Actions on structures - Part 3 - Actions induced by cranes and machinery | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2012 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 3. Дії викликані кранами та обладнанням (EN 1991-3:2006, IDT)» |
| EN 1991-4 Eurocode 1: Actions on structures - Part 4: Silos and tanks. | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 4. Бункери і резервуари. (EN 1991-4:2006, IDT)» |
| | | |

| | | |
|---|-----|--|
| EN 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings | IDT | EN 1995-1-1 «Єврокод 5: Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила та правила для споруд (EN 1995-1-1:2004, IDT)» |
| EN 1999-1-1 Eurocode 9: Design of Aluminium Structures - Part 1-1: General structural rules | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1999-1-1:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила для конструкцій (EN 1999-1-1:2007, IDT)» |
| EN 1999-1-2 Eurocode 9 - Design of Aluminium Structures - Part 1-2: Structural fire design | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2, IDT)» |
| EN 1999-1-3 Eurocode 9: Design of Aluminium Structures - Part 1-3: Structures susceptible to fatigue. | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1999-1-3:2012 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-3. Конструкції чутливі до витривалості (EN 1999-1-3:2007, IDT)» |
| EN 1999-1-5 Eurocode 9: Design of Aluminium Structures - Part 1-5: Shell structures | IDT | ДСТУ-Н Б EN 1999-1-5:2012 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-5. Конструкції оболонок (EN 1999-1-5:2007, IDT)» |
| EN 10002-1 Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at ambient temperature | IDT | ДСТУ EN 10002-1:2006 «Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури (EN 10002-1:2001, IDT)» |
| EN 10088 Stainless steels - Part 1: List of stainless steels | IDT | ДСТУ EN 10088-1:2008 «Сталі нержавкі. Частина 1. Перелік нержавких сталей (EN 10088-1:2005, IDT)» ДСТУ EN 10088-2:2010 «Сталі нержавкі. Частина 2. Лист і стрічка з корозійнотривких сталей загальної призначеності. Технічні умови постачання (EN 10088-2:2005, IDT)» ДСТУ EN 10088-3:2010 «Сталі нержавкі. Частина 3. Напівготова продукція, заготовки, прутки, дріт, профілі та полірована продукція з корозійнотривких сталей загальної призначеності. Технічні умови постачання (EN 10088-3:2005, IDT)» |
| EN ISO 1479 Hexagon head tapping screws | IDT | ДСТУ ISO 1479:2008 «Гвинти самонарізувальні з шестигранною головкою. Технічні умови (ISO 1479:1983, IDT)» |
| EN ISO 1481 Slotted pan head tapping screws | IDT | ДСТУ ISO 1481:2007 «Гвинти самонарізувальні з циліндричною округлою головкою та прямим шлицом. Технічні умови (ISO 1481:1983, IDT)» |
| EN ISO 15480 Hexagon washer head drilling screws with tapping screw thread | IDT | ДСТУ ISO 15480:2007 «Гвинти самосвердлувальні самонарізувальні з шестигранною головкою з буртом. Технічні умови (ISO 15480:1999, IDT)» |
| EN ISO 15481 Cross recessed pan head drilling screws with tapping screw | IDT | ДСТУ ISO 15481:2007 «Гвинти самосвердлувальні самонарізувальні з циліндричною скругленою головкою та |

| | | |
|--|-----|--|
| thread | | хрестоподібним шліцом. Технічні умови (ISO 15481:1999, IDT)» |
| ISO 7049:1994 Cross recessed pan head tapping screws | IDT | ДСТУ ISO 7049:2007 «Гвинти самонарізувальні з циліндричною скругленою головкою і хрестоподібним шліцом. Технічні умови (ISO 7049:1983, IDT)» |

“ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1999-1-4:2007/AC

Листопад 2009 рік

ICS 91.010.30; 93.020

Українська версія

**Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій
Частина 1-4. Холодноформовані листи**

Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie
1-4: Tôles de structure formées à froid

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion
von Aluminiumtragwerken -Teil 1-4:
Kaltgeformte Profiltafeln

Це коригування вступає у дію, починаючи з 4 листопада 2009 року для включення у три офіційні мовні версії EN.

Ce corrigendum prendra effet le 4 novembre 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 4.November 2009 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Центр Управління: Авеню Марні 17, В-1000 Брюссель

© 2009 CEN Всі права на використання у будь-якій формі та якимось іншим чином зарезервовані у всьому світі для національних Членів CEN.

Ref. No.: EN 1999-1-4:2007/AC:2009 D/E/F

English Version

Eurocode 9 - Design of aluminium structures - Part 1-4: Cold-formed structural sheeting

Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie 1-4: Tôles de structure formées à froid

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken -Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln

This corrigendum becomes effective on 4 November 2009 for incorporation in the three official language versions of the EN.

Ce corrigendum prendra effet le 4 novembre 2009 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles de la EN.

Die Berichtigung tritt am 4.November 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 1999-1-4:2007/AC:2009 D/E/F

1) Зміни до 1.2.3

Замінити "EN 485-2:1994"
на
"EN 485-2:2008".

Замінити "EN 508-2:2000"
на
"EN 508-2".

Замінити "EN 1396:1996"
на
"EN 1396:2007".

Видалити всі посилання на "EN 10088".

2) Зміни до 3.2.1

"Таблиця 3.1", виноска "1)", замінити
"EN 485-2:1994-11"
на
"EN 485-2:2008".

"Таблиця 3.1", виноска "2)", замінити "
EN 1396:1997-2"
на
"EN 1396:2007".

"Таблиця 3.1", 9-тий рядок (для
"EN AW-5251"), 2-гий стовпчик, замінити
"AlMg2" на
"AlMg2Mn0,3".

3) Зміни до 5.5.4.3

"Таблиця 5.5", замінити таблицю
наступною:

1) Modifications to 1.2.3

Replace "EN 485-2:1994"
with
"EN 485-2:2008".

Replace "EN 508-2:2000"
with
"EN 508-2".

Replace "EN 1396:1996"
with
"EN 1396:2007".

Delete the whole reference to "EN 10088".

2) Modifications to 3.2.1

"Table 3.1", footnote "1)", replace
"EN 485-2:1994-11"
with
"EN 485-2:2008".

"Table 3.1", footnote "2)", replace
"EN 1396:1997-2"
with
"EN 1396:2007".

"Table 3.1", 9th row (for "EN AW-5251"), 2nd
column, replace "AlMg2"
with
"AlMg2Mn0,3".

3) Modification to 5.5.4.3

"Table 5.5", replace the whole table with the
following one:
"

Таблиця 5.5 – Гнучкість $\bar{\lambda}_p$ та коефіцієнт співвідношення напружень ψ для стінки з елементами жорсткості

Table 5.5 – Slenderness $\bar{\lambda}_p$ and stress relation factor ψ for a web with stiffeners

| Місцезрештування полиці | Частина стінки | Гнучкість $\bar{\lambda}_p$ | Коефіцієнт співвідношення навантажень ψ |
|--|----------------|---|---|
| Розташування частини стінки | Web part | Slenderness $\bar{\lambda}_p$ | Stress relation factor ψ |
| Без елементів жорсткості, Рисунок 5.7 (а) No stiffeners, Figure 5.7 (a) | | | |
| Між стиснутою полицею та центральною віссю Between compression flange and centroidal axis | s_n | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = -\frac{e_t}{e_c}$ |
| Один елемент жорсткості, рисунок 5.7 (b) One stiffener, Figure 5.7 (b) | | | |
| Прилегла до стиснутої полиці Adjacent to compression flange | s_a | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$ |
| Прилегла до центральної осі Adjacent to centroidal axis | s_n | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$ |
| Два елемента жорсткості, рисунок 5.7 (c) Two stiffeners, Figure 5.7 (c) | | | |
| Прилегла до стиснутої полиці Adjacent to compression flange | s_a | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$ |
| Між двома елементами жорсткості Between stiffeners | s_b | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_b}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = \frac{e_c - h_b}{e_c - h_a - h_{sa}}$ |
| Прилегла до центральної осі Adjacent to centroidal axis | s_n | $\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_0}{Ek_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$ | $\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$ |

4) Зміни до А.1

Пункт "(1)", "Примітка 2", замінити "подальшу інформацію щодо випробувань можна отримати з національного додатку"

на

"подальшу інформацію щодо випробувань та оцінки результатів випробувань можна отримати з національного додатку".

4) Modification to A.1

Paragraph "(1)", "NOTE: 2", replace "The National Annex may give further information on testing"

with

"The National Annex may give further information on testing and on the evaluation of test results".

Українська версія

**Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій
Частина 1-4. Холодноформовані листи**

Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie
1-4: Tôles de structure formées à froid

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion
von Aluminiumtragwerken -Teil 1-4:
Kaltgeformte Profiltafeln

Ця поправка вносить зміни до Європейського стандарту EN 1999-1-4:2007; вона була затверджена CEN 8 Квітня 2011

Члени CEN повинні виконувати міжнародні стандарти CEN/CENELEC, що регулюють умови включення цих поправок до відповідних національних стандартів без будь-яких змін. Оновлені переліки та бібліографічні посилання щодо таких національних стандартів можуть застосовуватися за вимогою до центру управління CEN-CENELEC чи до будь-якого члену CEN

Ці поправки існують у трьох офіційних версіях (англійською, французькою та німецькою мовами). Версія перекладена будь-якою іншою мовою, має такий самий статус, що й офіційні видання за умови, що переклад виконано членом CEN під його відповідальність, та інформація про його існування доведена до відома центру управління.

Членам CEN є державні комітети стандартів Австрії, Бельгії, Болгарії, Германії, Греції, Данії, Естонії, Ісландії, Іспанії, Ірландії, Італії, Кіпру, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Румунії, Словаччини, Словенії, Сполученого Королівства, Угорщини, Фінляндії, Франції, Хорватії, Чеської Республіки, Швеції та Швейцарії.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Центр Управління: Авеню Марні 17, В-1000 Брюссель

© 2009 CEN Всі права на використання у будь-якій формі та якимось іншим чином зарезервовані у всьому світі для національних Членів CEN.

Ref. No.: EN 1999-1-4:2007/A1:2011: E

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1999-1-4:2007/A1

August 2011

ICS 91.010.30; 91.080.10

English Version

Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-4: Coldformed structural sheeting

Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie 1-4: Tôles de structure formées à froid

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken -Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln

This amendment A1 modifies the European Standard EN 1999-1-4:2007; it was approved by CEN on 8 April 2011.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for inclusion of this amendment into the relevant national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This amendment exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, 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.
EUROPEAN COMMITTEE

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 1999-1-4:2007/A1:2011: E

Вступне слово

Цей документ (EN 1999-1-4:2007/A1:2011) було підготовано Технічним комітетом Committee CEN/TC 250 «Конструктивні єврокоди», секретаріат якого підпорядковується BSI. Даним поправкам до європейського стандарту EN 1999-1-4:2007 має бути надано статус національного стандарту, або шляхом публікації ідентичного тексту, або підтвердженням до Серпня 2012 року, також суперечливі національні стандарти мають бути відкликані до Серпня 2012.

Також слід звернути увагу на те, що певні частини даного документу можуть підлягати дії патентного права. CEN [і/чи CENELEC] не несе відповідальності за ідентифікацію будь-яких, чи усіх патентних прав.

Згідно до внутрішніх вимог CEN/CENELEC, даний Європейський стандарт мають виконувати організації наступних країн, відповідальні за формування національних стандартів: Австрії, Бельгії, Болгарії, Германії, Греції, Данії, Естонії, Ісландії, Іспанії, Ірландії, Італії, Кіпру, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Румунії, Словаччини, Словенії, Сполученого Королівства, Угорщини, Фінляндії, Франції, Хорватії, Чеської Республіки, Швеції та Швейцарії

1 Зміна до 3.1

Таблиця 3.1, стовбчик 2, рядок 9. Замінити «AlMg2» «AlMg2Mn0,3».

Таблиця 3.1, після рядку 9, додати новий рядок, до якого внести характеристики сплаву «6025-7072 alclad 6)» як показано нижче:

| | | | | | | | |
|--------------------------------|--|---|-----|---|-----|-----|-----|
| 6025-7072 alclad ⁶⁾ | AlMg2,5SiMnCu-AlZn1 alclad ⁶⁾ | A | H34 | 5 | 210 | 165 | 2-3 |
| | | | H36 | 5 | 220 | 185 | 2-4 |

Table 3.1, add footnote 6 as shown below:

Таблиця 3.1, додати зноску 6, як показано нижче:

| |
|--|
| 6) EN AW-6025-7072 alclad (EN AW-AlMg2,5SiMnCuAlZn1 alclad) є композитним матеріалом з сердечником з EN AW-6025, обшитий з обох боків EN AW-7072. Для підвищення |
|--|

Foreword

This document (EN 1999-1-4:2007/A1:2011) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250

“Structural Eurocodes”, the secretariat of which is held by BSI.

This Amendment to the European Standard EN 1999-1-4:2007 shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by August 2012, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by August 2012.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN [and/or CENELEC] shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, 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 the United Kingdom.

1 Modification to 3.1

Table 3.1, in column 2 row 9 replace " AlMg2" with "AlMg2Mn0,3".

Table 3.1, after row 9, add a new row to the table with characteristics for Alloy "6025-7072 alclad 6)" as shown

below:

довговічності обшивка з обох боків має бути не тоншою ніж 4% від загальної товщини матеріалу. Якщо товщина її перевищує 5%, це має бути враховано у конструктивних розрахунках, тобто, у розрахунках приймає участь лише товщина сердечника складеного листа. З огляду на ці вимоги, у технічних специфікаціях до виготовлення мають бути вказані 4% мінімальної товщини обшивки і мінімальна товщина сердечника. На підставі цих даних конструктор може забезпечити відповідні складові фктом технічного огляду 3.1.

6) EN AW-6025-7072 alclad (EN AW-AlMg2,5SiMnCu-AlZn1 alclad) is a composite material with core material EN AW-6025 and a cladding on both sides with EN AW-7072. For reasons of durability the cladding should have a thickness of at least 4% of the overall thickness of the material on each side. If the thickness of the cladding exceeds 5% this fact should be considered in the structural calculations, i.e. only the core thickness of the composite sheet should be taken in account. For these reasons the minimum cladding thickness of 4% and the minimum core thickness should be specified in the execution specification in order that the constructor can procure the corresponding constituent products with inspection certificate 3.1.

Код УКНД: 91.080.10

Ключові слова: безпека, довговічність, граничні стани, матеріали, міцність, алюмінієві конструкції, холодноформовані листи, стійкість, стиск, жолоблення.

Генеральний директор ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф.

О. Шимановський

Заступник генерального директора, д.т.н.,
проф. (науковий керівник),

В. Гордєєв

Завідувач відділу НДВТР, к.т.н.

А. Гром

Завідувач групи СНТД

Г. Ленда

Завідувач групи НТД

Я. Лимар

Завідувач групи ІК

О. Кордун

Провідний інженер

Я. Левченко

Перекладач

К.Павлова