



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЄВРОКОД 9: ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ
КОНСТРУКЦІЙ**

**Частина 1-1. Загальні правила для конструкцій
(EN 1999-1-1:2007, IDT)**

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-1

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад EN 1999-1-1:2007 Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules (Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій – Частина 1-1: Загальні правила для конструкцій) зі зміною EN 1999-1-1:2007/A1:2009.

EN 1999-1-1:2007 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 1999-1-1:2010 Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules (Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій – Частина 1-1: Загальні правила для конструкцій), 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 – ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського».

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей міжнародний стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Обкладинку», «Передмову», «Національний вступ», «Визначення понять» та «Бібліографічні дані» - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- з «Передмови до EN 1999-1-1» у цей «національний вступ» взяте те, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- національний довідковий додаток наведено як настанову для користувачів.

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

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

Зміна до EN 1999-1-1:2007/A1:2009 до EN 1999-1-1:2007 подана в кінці ДСТУ-Н Б EN 1999-1-1:2010.

ЗМІСТ

Content

		C
ВСТУП	FOREWORD	XII
Основи програми Єврокодів	Background of the Eurocode programme	1
Статус та галузь застосування Єврокодів	Status and field of application of eurocodes	3
Національні стандарти, що імплементують Єврокоди	National Standards implementing Eurocodes	4
Зв'язки між Єврокодами та гармонізованими технічними специфікаціями (ENs and ETAs) для виробів	Links between Eurocodes and harmonised technical specifications (ENs and ETAs) for products	5
Додаткова інформація щодо EN 1999-1-1	Additional information specific for EN 1999-1-1	5
Національний додаток до EN 1999-1-1	National annex for EN 1999-1-1	6
1 Загальні положення	1 General	8
1.1 Галузь застосування	1.1 Scope	8
1.1.1 Галузь застосування стандарту EN 1999	1.1.1 Scope of EN 1999	8
1.1.2 Галузь застосування цього стандарту	1.1.2 Scope of EN 1999-1-1	9
1.2 Нормативні посилання	1.2 Normative references	11
1.2.1 Загальні посилання	1.2.1 General references	11
1.2.2 Посилання щодо проектування конструкцій	1.2.2 References on structural design	11
1.2.3 Посилання щодо алюмінієвих сплавів	1.2.3 References on aluminium alloys	12
1.2.4 Посилання щодо зварювання	1.2.4 References on welding	16
1.2.5 Інші посилання	1.2.5 Other references	16
1.3 Припущення	1.3 Assumptions	17
1.4 Різниця між принципами та правилами використання	1.4 Distinction between principles and application rules	17
1.5 Терміни та визначення	1.5 Terms and definitions	17
1.6 Позначення	1.6 Symbols	19
1.7 Умовні позначення для осей елемента	1.7 Conventions for member axes	37
1.8 Специфікація на виконання робіт	1.8 Specification for execution of the work	38
2 Основи проектування	2 Basis of design	40
2.1 Вимоги	2.1 Requirements	40
2.1.1 Основні вимоги	2.1.1 Basic requirements	40
2.1.2 Управління надійністю	2.1.2 Reliability management	40
2.1.3 Проектний термін експлуатації, довговічність і міцність	2.1.3 Design working life, durability and robustness	41
2.2 Принципи проектування за граничними станами	2.2 Principles of limit state design	41
2.3 Основні змінні	2.3 Basic variables	41
2.3.1 Навантаження та впливи навколишнього середовища	2.3.1 Actions and environmental influences	41
2.3.2 Властивості матеріалів і виробів	2.3.2 Material and product properties	42
2.4 Перевірка методом коефіцієнтів надійності	2.4 Verification by the partial factor method	42
2.4.1 Розрахункові значення властивостей матеріалів	2.4.1 Design value of material properties	42
2.4.2 Розрахункові значення	2.4.2 Design value of geometrical data	42

геометричних даних		
2.4.3 Розрахункові значення опорів	2.4.3 Design resistances	43
2.4.4 Перевірка статичного стану рівноваги (PIV)	2.4.4 Verification of static equilibrium (EQU)	43
2.5 Розрахунок, що супроводжується тестуванням	2.5 Design assisted by testing	43
3 Матеріали	3 Materials	45
3.1 Загальні положення	3.1 General	45
3.2 Конструкційний алюміній	3.2 Structural aluminium	45
3.2.1 Номенклатура матеріалів	3.2.1 Range of materials	45
3.2.2 Властивості деформівних алюмінієвих сплавів	3.2.2 Material properties for wrought aluminium alloys	46
3.2.3 Властивості матеріалів для ливарних алюмінієвих сплавів	3.2.3 Material properties for cast aluminium alloys	53
3.2.4 Розміри, маса та допуски	3.2.4 Dimensions, mass and tolerances	54
3.2.5 Розрахункові значення констант матеріалу	3.2.5 Design values of material constants	55
3.3 Сполучні пристрої	3.3 Connecting devices	55
3.3.1 Загальні положення	3.3.1 General	55
3.3.2 Болти, гайки і шайби	3.3.2 Bolts, nuts and washers	55
3.3.3 Заклепки	3.3.3 Rivets	58
3.3.4 Зварювальні витратні матеріали	3.3.4 Welding consumables	58
3.3.5 Склеювальні речовини	3.3.5 Adhesives	60
4 Довговічність	4 Durability	61
5 Розрахунок конструкцій	5 Structural analysis	62
5.1 Моделювання конструкцій для проведення розрахунку	5.1 Structural modelling for analysis	62
5.1.1 Моделювання кострукції та основні припущення	5.1.1 Structural modelling and basic assumptions	62
5.1.2 Моделювання з'єднань	5.1.2 Joint modelling	62
5.1.3 Взаємодія між конструкцією та землею	5.1.3 Ground-structure interaction	63
5.2 Розрахунок системи в цілому	5.2 Global analysis	63
5.2.1 Вплив деформованої геометрії на конструкцію	5.2.1 Effects of deformed geometry of the structure	63
5.2.2 Стійкість рамних конструкцій	5.2.2 Structural stability of frames	64
5.3 Недосконалості	5.3 Imperfections	66
5.3.1 Основні положення	5.3.1 Basis	66
5.3.2 Недосконалість для розрахунку системи в цілому	5.3.2 Imperfections for global analysis of frames	66
5.3.3 Недосконалість для розрахунку в'язевих систем	5.3.3 Imperfection for analysis of bracing systems	72
5.3.4 Недосконалість елемента	5.3.4 Member imperfections	74
5.4 Методи розрахунку	5.4 Methods of analysis	75
5.4.1 Загальні положення	5.4.1 General	75
5.4.2 Пружний розрахунок системи в цілому	5.4.2 Elastic global analysis	75
5.4.3 Пластичний розрахунок системи в цілому	5.4.3 Plastic global analysis	76

6	Граничні стани елементів за втратою несучої здатності	6	Ultimate limit states for members	
6.1	Основні положення	6.1	Basis	77
6.1.1	Загальні положення	6.1.1	General	77
6.1.2	Характеристичні показники міцності	6.1.2	Characteristic value of strength	77
6.1.3	Часткові коефіцієнти надійності	6.1.3	Partial safety factors	77
6.1.4	Класифікація поперечних перерізів	6.1.4	Classification of cross-sections	78
6.1.5	Опір місцевій втраті стійкості	6.1.5	Local buckling resistance	86
6.1.6	Знеміцнення матеріалу в зонах термічного впливу біля зварних швів	6.1.6	HAZ softening adjacent to welds	88
6.2	Опір поперечних перерізів	6.2	Resistance of cross-sections	93
6.2.1	Загальні положення	6.2.1	General	93
6.2.2	Характеристики поперечних перерізів	6.2.2	Section properties	94
6.2.3	Розтяг	6.2.3	Tension	96
6.2.4	Стиск	6.2.4	Compression	97
6.2.5	Згинальний момент	6.2.5	Bending moment	98
6.2.6	Перерізувальна сила	6.2.6	Shear	101
6.2.7	Кручення	6.2.7	Torsion	103
6.2.8	Одночасний згин і зсув	6.2.8	Bending and shear	105
6.2.9	Одночасний згин і поздовжнє навантаження	6.2.9	Bending and axial force	106
6.2.10	Сумісна дія згинального, перерізувального та осьового зусиль	6.2.10	Bending, shear and axial force	109
6.2.11	Зім'яття стінки балки	6.2.11	Web bearing	109
6.3	Опір елементів втраті стійкості	6.3	Buckling resistance of members	110
6.3.1	Елементи у стані стиску	6.3.1	Members in compression	110
6.3.2	Елементи у стані згину	6.3.2	Members in bending	116
6.3.3	Елементи у стані поздовжньо-поперечного згину	6.3.3	Members in bending and axial compression	119
6.4	Однорідні складені елементи	6.4	Uniform built-up members	126
6.4.1	Загальні положення	6.4.1	General	126
6.4.2	Гратчасті стиснуті елементи	6.4.2	Laced compression members	128
6.4.3	Стиснуті елементи зі з'єднувальними накладками	6.4.3	Battened compression members	130
6.4.4	Складені елементи з близько розташованими поясами	6.4.4	Closely spaced built-up members	132
6.5	Пластини без підсилення під навантаженням у площині	6.5	Un-stiffened plates under in-plane loading	133
6.5.1	Загальні положення	6.5.1	General	133
6.5.2	Опір у стані рівномірного стиску	6.5.2	Resistance under uniform compression	133
6.5.3	Опір під дією чистого моменту у площині	6.5.3	Resistance under in-plane moment ⁵	136
6.5.4	Опір при поперечному або поздовжньому лінійно-змінному напруженні	6.5.4	Resistance under transverse or longitudinal stress gradient	137
6.5.5	Опір при зсуві	6.5.5	Resistance under shear	138
6.5.6	Опір при одночасній дії факторів	6.5.6	Resistance under combined action	139
6.6	Підсилені пластини під навантаженням у площині	6.6	Stiffened plates under in-plane loading	140
6.6.1	Загальні положення	6.6.1	General	140
6.6.2	Підсилені пластини під	6.6.2	Stiffened plates under uniform	141

рівномірним стиском	compression	
6.6.3 Підсилені пластини, навантажені моментом у їхній площині	6.6.3 Stiffened plates under in-plane moment	144
6.6.4 Пластини з багатьма елементами жорсткості під лінійно-змінним навантаженням у поздовжньому напрямку	6.6.4 Longitudinal stress gradient on multi-stiffened plates	145
6.6.5 Пластина з багатьма елементами жорсткості у стані зсуву	6.6.5 Multi-stiffened plating in shear	146
6.6.6 Критичне навантаження для ортотропних пластин	6.6.6 Buckling load for orthotropic plates	146
6.7 Складені тонкостінні двотаврові балки	6.7 Plate girders	149
6.7.1 Загальні положення	6.7.1 General	149
6.7.2 Опір балок при згині у площині стінки	6.7.2 Resistance of girders under in-plane bending	150
6.7.3 Опір балок із поздовжніми елементами жорсткості на стінках	6.7.3 Resistance of girders with longitudinal web stiffeners	152
6.7.4 Опір зсуву	6.7.4 Resistance to shear	155
6.7.5 Опір поперечним навантаженням	6.7.5 Resistance to transverse loads	160
6.7.6 Сумісна дія навантажень	6.7.6 Interaction	165
6.7.7 Втрата стійкості під навантаженням на полиці	6.7.7 Flange induced buckling	166
6.7.8 Елементи жорсткості стінки балки	6.7.8 Web stiffeners	167
6.8 Елементи з гофрованими стінками	6.8 Members with corrugated webs	170
6.8.1 Опір згинальному моменту	6.8.1 Bending moment resistance	170
6.8.2 Опір перерізувальній силі	6.8.2 Shear force resistance	171
7 Граничні стани за втратою працездатності	7 Serviceability Limit States	173
7.1 Загальні положення	7.1 General	173
7.2 Граничні стани за втратою працездатності для будівель	7.2 Serviceability limit states for buildings	173
7.2.1 Вертикальні переміщення	7.2.1 Vertical deflections	173
7.2.2 Горизонтальні переміщення	7.2.2 Horizontal deflections	173
7.2.3 Динамічні ефекти	7.2.3 Dynamic effects	174
7.2.4 Розрахунок пружного прогину	7.2.4 Calculation of elastic deflection	174
8 Розрахунок вузлових з'єднань	8 Design of joints	175
8.1 Основні принципи розрахунку	8.1 Basis of design	175
8.1.1 Вступ	8.1.1 Introduction	175
8.1.2 Прикладені сили і моменти	8.1.2 Applied forces and moments	176
8.1.3 Опір вузлових з'єднань	8.1.3 Resistance of joints	176
8.1.4 Розрахункові припущення	8.1.4 Design assumptions	176
8.1.5 Виготовлення та проведення робіт	8.1.5 Fabrication and execution	177
8.2 Точки перетину осей елементів у болтових, заклепкових та зварних з'єднаннях	8.2 Intersections for bolted, riveted and welded joints	178
8.3 З'єднання, що працюють на зсув і знаходяться під дією удару, вібрацій та/або навантаження змінного знака	8.3 Joints loaded in shear subject to impact, vibration and/or load reversal	178
8.4 Класифікація вузлових з'єднань	8.4 Classification of joints	179
8.5 З'єднання на болтах, заклепках та штифтах	8.5 Connections made with bolts, rivets and pins	179
8.5.1 Розташування отворів для болтів і заклепок	8.5.1 Positioning of holes for bolts and rivets	179
8.5.2 Поправки на отвори для кріпильних	8.5.2 Deductions for fastener holes	182

деталей			
8.5.3 Категорії болтових з'єднань	8.5.3	Categories of bolted connections	184
8.5.4 Розподіл зусиль між кріпильними деталями	8.5.4	Distribution of forces between fasteners	188
8.5.5 Розрахунковий опір болтів	8.5.5	Design resistances of bolts	189
8.5.6 Розрахунковий опір заклепок	8.5.6	Design resistance of rivets	193
8.5.7 Болти та заклепки з потайними головками	8.5.7	Countersunk bolts and rivets	194
8.5.8 Порожнисті заклепки і заклепки з оправкою	8.5.8	Hollow rivets and rivets with mandrel	195
8.5.9 Високоміцні болти і з'єднання, які запобігають проковзуванню	8.5.9	High strength bolts in slip-resistant connections	196
8.5.10 Важільне зусилля відриву	8.5.10	Prying forces	198
8.5.11 Протяжні вузлові з'єднання	8.5.11	Long joints	199
8.5.12 Одиночні з'єднання внакрій з кріпильними деталями в один ряд	8.5.12	Single lap joints with fasteners in one row	200
8.5.13 Кріпильні деталі з ущільнювальними прокладками	8.5.13	Fasteners through packings	200
8.5.14 Штифтові з'єднання	8.5.14	Pin connections	201
8.6 Зварні з'єднання	8.6	Welded connections	203
8.6.1 Загальні положення	8.6.1	General	203
8.6.2 Пришовна зона	8.6.2	Heat-affected zone (HAZ)	204
8.6.3 Розрахунок зварних з'єднань	8.6.3	Design of welded connections	204
8.7 Гібридні з'єднання	8.7	Hybrid connections	214
8.8 Клейові з'єднання	8.8	Adhesive bonded connections	214
8.9 Інші способи з'єднань	8.9	Other joining methods	214
Додаток А [Обов'язковий] – Класи відповідальності		Annex A [Normative] – Execution classes	216
Додаток В [Обов'язковий] – Еквівалентний розтягнутий тавровий елемент		Annex B [Normative] – Equivalent T-stub in tension	219
В.1 Загальні правила розрахунку опору	В.1	General rules for evaluation of resistance	219
В.2 Окремі ряди болтів, групи болтів та групи рядів болтів	В.2	Individual bolt-row, bolt-groups and groups of bolt-rows	225
Додаток С [Довідковий] – Вибір матеріалів		Annex C [Informative] – Materials selection	227
С.1 Загальні положення	С.1	General	227
С.2 Матеріали, оброблені тиском	С.2	Wrought products	227
С.2.1 Термооброблювані сплави	С.2.1	Wrought heat treatable alloys	227
С.2.2 Нетермооброблювані сплави, оброблені тиском	С.2.2	Wrought non-heat treatable alloys	232
С.3 Ливарні вироби	С.3	Cast products	235
С.3.1 Загальні положення	С.3.1	General	235
С.3.2 Термооброблювані ливарні сплави EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 та EN AC-43300	С.3.2	Heat treatable casting alloys EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 and ENAC-43300	235
С.3.3 Нетермооброблювані ливарні сплави EN AC-44200 та EN AC-51300	С.3.3	Non-heat treatable casting alloys EN AC-44200 and EN AC-51300	235

C.3.4	Спеціальні правила розрахунку для ливарних виробів	C.3.4	Special design rules for castings	236
C.4	З'єднувальні деталі	C.4	Connecting devices	239
C.4.1	Алюмінієві болти	C.4.1	Aluminium bolts	239
C.4.2	Алюмінієві заклепки	C.4.2	Aluminium rivets	239
Додаток D [Довідковий] – Корозія та захист поверхонь		Annex D [Informative] – Corrosion and surface protection		241
D.1	Корозія алюмінію у різних умовах	D.1	Corrosion of aluminium under various exposure conditions	241
D.2	Ступені довговічності алюмінієвих сплавів	D.2	Durability ratings of aluminium alloys	243
D.3	Антикорозійний захист	D.3	Corrosion protection	243
D.3.1	Загальні положення	D.3.1	General	243
D.3.2	Повний антикорозійний захист конструкцій	D.3.2	Overall corrosion protection of structural aluminium	244
D.3.3	Контакт алюмінію з алюмінієм та іншими металами	D.3.3	Aluminium in contact with aluminium and other metals	247
D.3.4	Поверхні контакту між алюмінієм та неметалевими матеріалами	D.3.4	Aluminium surfaces in contact with non-metallic materials	247
Додаток E [Довідковий] – Аналітичні моделі залежності напруження – деформація		Annex E [Informative] – Analytical models for stress strain relationship		254
E.1	Галузь застосування	E.1	Scope	254
E.2	Аналітичні моделі	E.2	Analytical models	254
E.2.1	Кусково-лінійні моделі	E.2.1	Piecewise linear models	254
E.2.2	Гладкі моделі	E.2.2	Continuous models	256
E.3	Наближене обчислення ϵ_u	E.3	Approximate evaluation of ϵ_u	260
Додаток F [Довідковий] - Робота перерізів за межею пружності		Annex F [Informative] – Behaviour of cross-sections beyond the elastic limit		261
F.1	Загальні положення	F.1	General	261
F.2	Визначення граничних станів поперечних перерізів	F.2	Definition of cross-section limit states	261
F.3	Класифікація перерізів за граничними станами	F.3	Classification of cross-sections according to limit states	262
F.4	Обчислення гранично допустимого осьового навантаження	F.4	Evaluation of ultimate axial load	264
F.5	Обчислення гранично допустимого згинального моменту	F.5	Evaluation of ultimate bending moment	265
Додаток G [Довідковий] – Граничний кут повороту перерізу		Annex G [Informative] – Rotation capacity		267
Додаток H [Довідковий] – Метод пластичних шарнірів для нерозрізних балок		Annex H [Informative] – Plastic hinge method for continuous beams		270
Додаток I [Довідковий] – Поперечно-крутильна втрата стійкості балок та крутильна або крутильно-згинна втрата стійкості стиснутих елементів		Annex I [Informative] – Lateral torsional buckling of beams and torsional or torsional-flexural buckling of compressed mem		273
I.1	Пружний критичний момент і гнучкість	I.1	Elastic critical moment and slenderness	273
I.1.1	Основні положення	I.1.1	Basis	273
I.1.2	Загальна формула для балок із постійним поперечним перерізом, симетрич-	I.1.2	General formula for beams with uniform cross-sections symmetrical about the	273

ним відносно другої або першої головної осі	minor or major axis	
I.1.3 Балки з постійними перерізами, симетричними відносно головної осі, центрально симетричними та подвійно симетричними	I.1.3 Beams with uniform cross-sections symmetrical about major axis, centrally symmetric and doubly symmetric cross-sections	280
I.1.4 Консольні балки з постійними поперечними перерізами, симетричними відносно другої головної осі	I.1.4 Cantilevers with uniform cross-sections symmetrical about the minor axis	282
I.2 Гнучкість при поперечно-крутильній втраті стійкості	I.1.5 Slenderness for lateral torsional buckling	286
I.3 Пружна критичка осьова сила для крутильної та крутильно-згинної втрати стійкості	I.1.6 Elastic critical axial force for torsional and torsional-flexural buckling	289
I.4 Гнучкість для крутильної та крутильно-згинної форм втрати стійкості	I.1.7 Slenderness for torsional and torsional-flexural buckling	291
Додаток J [Довідковий] – Характеристики поперечних перерізів	Annex J [Informative] – Properties of cross sections	299
J.1 Константа кручення I_t	J.1 Torsion constant I_t	299
J.2 Розташування центрів зсуву S	J.2 Position of shear centre S	299
J.3 Константа депланації I_w	J.3 Warping constant I_w	300
J.4 Характеристики відкритих тонкостінних перерізів	J.4 Cross section constants for open thin-walled cross sections	305
J.5 Характеристики відкритих перерізів з відгалуженнями	J.5 Cross section constants for open cross section with branches	307
J.6 Константа кручення і центр зсуву перерізів з замкнутими фрагментами	J.6 Torsion constant and shear center of cross section with closed part	308
Додаток K [Довідковий] – Ефект запізнання зсуву при розрахунку елемента	Annex K [Informative] – Shear lag effects in member design	309
K.1 Загальні положення	K.1 General	309
K.2 Розрахункова ширина для ефекту запізнання зсуву у пружній області	K.2 Effective width for elastic shear lag	309
K.2.1 Коефіцієнт розрахункової ширини для ефекту запізнання зсуву	K.2.1 Effective width factor for shear lag	309
K.2.2 Розподіл напружень для ефекту запізнання зсуву	K.2.2 Stress distribution for shear lag	311
K.2.3 Ефекти від передачі зусиль у площині	K.2.3 In-plane load effects	312
K.3 Ефект запізнання зсуву у граничному стані за втратою несучої здатності	K.3 Shear lag at ultimate limit states	313
Додаток L [Довідковий] – Класифікація вузлів та з'єднань	Annex L [informative] - Classification of joints	314
L.1 Загальні положення	L.1 General	314
L.2 Повністю відновлювані з'єднання	L.2 Fully restoring connections	315
L.3 Частково відновлювані з'єднання	L.3 Partially restoring connections	316
L.4 Класифікація за жорсткістю	L.4 Classification according to rigidity	317
L.5 Класифікація за міцністю	L.5 Classification according to strength	317
L.6 Класифікація за піддатливістю	L.6 Classification according to ductility	317
L.7 Загальні розрахункові вимоги до з'єднань	L.7 General design requirements for connections	318
L.8 Вимоги до рамних з'єднань	L.8 Requirements for framing connections	318
L.8.1 Загальні положення	L.8.1 General	318

L.8.2	Номинально шарнірні з'єднання	L.8.2	Nominally pinned connections	320
L.8.3	Моментні з'єднання	L.8.3	Built-in connections	321
Додаток М [Довідковий] – Клейові з'єднання		Annex M [Informative] – Adhesive bonded connections		322
M.1	Загальні положення	M.1	General	322
M.2	Марки клею	M.2	Adhesives	323
M.3	Проектування клейових з'єднань	M.3	Design of adhesive bonded joints	324
M.3.1	Загальні положення	M.3.1	General	324
M.3.2	Характеристична міцність клею	M.3.2	Characteristic strength of adhesives	325
M.3.3	Розрахункове дотичне напруження	M.3.3	Design shear stress	326
M.4	Випробування	M.4	Tests	326
Додаток НА [Довідковий] – Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС, посилення на які є в EN 1999-1-1:2007				327
Зміна EN 1999-1-1:2007/A1:2009		Modification EN 1999-1-1:2007/A1:2009		329

Вступ

Даний Європейський стандарт (EN 1999-1-1:2007) підготовлений Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого підтримується BSI.

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

Даний Європейський Стандарт замінює ENV 1999-1-1:1998.

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

Foreword

This European Standard (EN 1999-1-1:2007) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250 «Structural Eurocodes», the secretariat of which is held by BSI.

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

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

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

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ЄВРОКОД 9. ПРОЕКТУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОНСТРУКЦІЙ
ЧАСТИНА 1-1: ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ****ЕВРОКОД 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ЧАСТЬ 1-1: ОБЩИЕ ПРАВИЛА ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ****EUROCOD 9. DESIGN OF ALUMINIUM STRUCTURES
PART 1-1: GENERAL STRUCTURAL RULES**

Чинний від _____

Основи програми Єврокодів

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

У рамках цієї програми дій Комісія взяла на себе ініціативу встановити систему узгоджених технічних правил для проектування 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 (Євро-

Background of the Eurocode programme

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

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

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

In 1989, the Commission and the Member States of the EU and EFTA decided, on the basis of an agreement¹ between the Commission and CEN, to transfer the

пейським комітетом зі Стандартизації) вирішили передати підготовку та публікацію Єврокодів CEN за допомогою серії Мандатів, що в результаті надало б Єврокодам в майбутньому статусу Європейського стандарту (EN). Це пов'язує Єврокоди з положеннями Директив Ради і Рішень Комісії щодо Європейських стандартів (тобто Директиви Ради 89/106/ЕЕС щодо будівельних виробів – CPD – та Директив Ради 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС та 89/440/ЕЕС відносно суспільних робіт та послуг і еквівалентних директив ЕФТА, започаткованих, щоб допомогти заснуванню внутрішнього ринку).

Структурна програма Єврокодів включає такі 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 бетонних 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 конструкцій при сейсмічному навантаженні
- 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 пи

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

тань безпеки на національному рівні там, де вони відрізняються від країни до країни.

Статус та галузь застосування

preparation and the publication of the Eurocodes to CEN through a series of Mandates, in order to provide them with a future status of European Standard (EN). This links de facto the Eurocodes with the provisions of all the Council's Directives and/or Commission's Decisions dealing with European standards (e.g. the Council Directive 89/106/EEC on construction products - CPD - and Council Directives 93/37/EEC, 92/50/EEC and 89/440/EEC on public works and services and equivalent EFTA Directives initiated in pursuit of setting up the internal market).

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

- EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design
- 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

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

matters at national level where these continue to vary from State to State.

Status and field of application

Єврокодів

Держави-члени EU та EFTA визнають те, 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 N°1 – Механічна стійкість та стабільність і основній вимозі N°2 – Пожежна безпека;

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

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

Єврокоди, оскільки вони безпосередньо відносяться до будівельних споруд, мають прямий зв'язок з Тлумачними документами² розділу 12 CPD, незважаючи на те, що вони мають різну природу з гармонізованими стандартами на вироби³. Таким чином, технічні аспекти, які випливають з Єврокодів для будівель і споруд, повинні в повній мірі бути розглянутими Технічними

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 N°1 – Mechanical resistance and stability – and Essential Requirement N°2 – Safety in case of fire;

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

– as a framework for drawing up harmonised technical specifications for construction products (ENs and ETAs).

The Eurocodes, as far as they concern the construction works themselves, have a direct relationship with the Interpretative 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

²Відповідно до ст. 3.3 CPD Основні вимоги (ER) отримають конкретну форму у тлумачних документах для створення необхідних зв'язків між Основними вимогами та мандатами на hEN і ETA.

³Відповідно до ст. 12 CPD тлумачні документи мають:

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

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

c) 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.

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.

Комітетами CEN та/чи робочими групами EOTA, які розробляють стандарти на будівельні вироби з позицій досягнення повної сумісності технічних специфікацій з Єврокодами.

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

Національні стандарти, що імплементують Єврокоди

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

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

- значення часткових коефіцієнтів надійності та/або класи, де в Єврокоді даються альтернативи;
 - значення для використання, коли в Єврокоді надається тільки позначення;
 - географічні та кліматичні дані, характерні для Держави-члена, наприклад, карта снігу;
- Процедура, яка використовується, коли альтернативні процедури обумовлені в Єврокоді:
- посилання на додаткову не суперечну інформацію для допомоги користувачу у застосуванні Єврокоду.

Working Groups working on product standards with a view to achieving a full compatibility of these technical specifications with the Eurocodes.

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

National Standards implementing Eurocodes

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

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

- values 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 Eurocod.

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 споруд⁴. Крім того, повна інформація, яка супроводжує маркування CE будівельних виробів і має відношення до Єврокодів, повинна чітко зазначати які Національно визначені параметри були прийняті до уваги.

Додаткова інформація щодо EN 1999-1-1

Документ EN 1999 призначений для сумісного використання з Єврокодами EN 1990 – Basis of Structural Design («Основи проектування конструкцій»), EN 1991 – Actions on structures («Дії на конструкції») і EN 1992 – EN 1999 у частинах, де регламентуються алюмінієві конструкційні системи та елементи.

EN 1999-1-1 є першою з п'яти частин документа EN 1999. У ньому викладені первинні норми та правила проектування, які мають використовуватися у зв'язку з іншими частинами EN 1999-1-2 – EN 1999-1-5.

Інші чотири частини, з EN 1999-1-2 по EN 1999-1-5, регламентують конкретні різновиди алюмінієвих конструкцій або елементів, а також аналіз їхніх граничних станів.

EN 1999-1-1 може також застосовуватися до випадків, які не передбачені Єврокодами (інші конструкції, навантаження та впливи, інші матеріали) і тим самим слугувати основним нормативним документом для інших технічних комітетів організації CEN з питань будівництва.

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.

Additional information specific to EN 1999-1-1

EN 1999 is intended to be used with Eurocodes EN 1990 – Basis of Structural Design, EN 1991 – Actions on structures and EN 1992 to EN 1999, where aluminium structures or aluminium components are referred to.

EN 1999-1-1 is the first part of five parts of EN 1999. It gives generic design rules that are intended to be used with the other parts EN 1999-1-2 to EN 1999-1-5.

The four other parts EN 1999-1-2 to EN 1999-1-5 are each addressing specific aluminium components, limit states or type of structures.

EN 1999-1-1 may also be used for design cases not covered by the Eurocodes (other structures, other actions, other materials) serving as a reference document for other CEN TC's concerning structural matters.

⁴Див. ст. 3.3 та ст.12 CPD, а також 4.2, 4.3.1, 4.3.2 ID 1.

EN 1999-1-1 призначений для використання:

- комітетами з підготовки регламентних документів із проектування, стандартів на виконання робіт та випробувань;
- замовниками будівельних робіт (наприклад, для формулювання специфічних вимог);
- спеціалістами з проектування та будівництва;
- відповідними державними органами.

Рекомендовані числові значення коефіцієнтів надійності та інших параметрів безпеки вибрані такими, щоб забезпечити прийнятний рівень надійності. Вони встановлені як припущення, що при проведенні робіт гарантується належний рівень виконання та контролю якості.

Національний додаток до EN 1999-1-1

Цей стандарт надає альтернативні процедури, величини і рекомендації для класів із 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 1999-1-1 за допомогою:

- 1.1.2(1)
- 2.1.2(3)
- 2.3.1(1)
- 3.2.1(1)
- 3.2.2(1)
- 3.2.2(2)
- 3.2.3.1(1)
- 3.3.2.1(3)
- 3.3.2.2(1)
- 5.2.1(3)

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

EN 1999-1-1 is intended for use by

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

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

National annex for EN 1999-1-1

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

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

- 1.1.2(1)
- 2.1.2(3)
- 2.3.1(1)
- 3.2.1(1)
- 3.2.2(1)
- 3.2.2(2)
- 3.2.3.1(1)
- 3.3.2.1(3)
- 3.3.2.2(1)
- 5.2.1(3)

- 5.3.2(3)
- 5.3.4(3)
- 6.1.3(1)
- 6.2.1(5)
- 7.1(4)
- 7.2.1(1)
- 7.2.2(1)
- 7.2.3(1)
- 8.1.1(2)
- 8.9(3)
- A(6) (Табл. А.1)
- C.3.4.1(2)
- C.3.4.1(3)
- C.3.4.1(4)
- K.1(1)
- K.3(1).

- 5.3.2(3)
- 5.3.4(3)
- 6.1.3(1)
- 6.2.1(5)
- 7.1(4)
- 7.2.1(1)
- 7.2.2(1)
- 7.2.3(1)
- 8.1.1(2)
- 8.9(3)
- A(6)(TableA.1)
- C.3.4.1(2)
- C.3.4.1(3)
- C.3.4.1(4)
- K.1(1)
- K.3(1)

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1.1 Галузь застосування стандарту EN 1999

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

(2) Стандарт EN 1999 висуває вимоги тільки до механічної міцності, 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 із наступними документами:

- EN 1990 "Основні положення проектування конструкцій";
- EN 1991 "Дії на конструкції";
- Європейські стандарти на вироби будівельної індустрії, які мають відношення до будівництва з алюмінію;
- prEN 1090-1: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – Частина 1: Вимоги до забезпечення відповідності стандартам елементів будівельних конструкцій⁵;
- prEN 1090-3: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – Частина 3: Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій⁵.

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

EN 1999-1-1 Проектування алюмінієвих конструкцій: Частина 1-1: Основні 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 for construction products relevant for aluminium structures;
- prEN 1090-1: Execution of steel structures and aluminium structures - Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components⁵;
- prEN 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.

⁵ Готується до публікації

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

EN 1999-1-3 Проектування алюмінієвих конструкцій: втомленість.

EN 1999-1-4 Проектування алюмінієвих конструкцій: холодноформовані листові конструкції.

EN 1999-1-5 Проектування алюмінієвих конструкцій: оболонкові конструкції.

1.1.2 Галузь застосування стандарту EN 1999-1-1

(1) Стандарт EN 1999-1-1, вводить основні норми і правила проектування конструкцій, виготовлених із деформівних алюмінієвих сплавів, а також деякі вказівки щодо використання ливарних сплавів (див. розділ 3).

ПРИМІТКА. Мінімально допустима товщина матеріалу визначається у Національному додатку.

Рекомендуються наступні межі – якщо вони не визначені явним чином у інших розділах цього стандарту:

- для елементів конструкцій рекомендується товщина матеріалу, не менша за 0,6 мм;
- для зварних елементів конструкцій рекомендується товщина матеріалу, не менша за 1,5 мм;
- для з'єднань рекомендуються:
 - сталеві болти та штифти діаметром, не менше за 5 мм;
 - алюмінієві болти та штифти діаметром, не менше за 8 мм;
 - заклепки та різьбові кріпильні деталі діаметром, не менше за 4,2 мм.

(2) Стандарт EN 1999-1-1 складається з наступних частин:

Розділ 1: ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розділ 2: ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

Розділ 3: МАТЕРІАЛИ

Розділ 4: ДОВГОВІЧНІСТЬ

Розділ 5: РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ

Розділ 6: ГРАНИЧНІ СТАНИ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ВТРАТОЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

Розділ 7: ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА ВТРАТОЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

⁵ To be published

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 1999-1-1

(1) EN 1999-1-1 gives basic design rules for structures made of wrought aluminium alloys and limited guidance for cast alloys (see section 3).

NOTE. Minimum material thickness may be defined in the National Annex.

The following limits are recommended – if not otherwise explicitly stated in this standard:

- components with material thickness not less than 0,6 mm;
- welded components with material thickness not less than 1,5 mm;
- connections with:
 - steel bolts and pins with diameter not less than 5 mm;
 - aluminium bolts and pins with diameter not less than 8 mm;
 - rivets and thread forming screws with diameter not less than 4,2 mm

(2) The following subjects are dealt with in EN 1999-1-1:

Section 1: GENERAL

Section 2: BASIS OF DESIGN

Section 3: MATERIALS

Section 4: DURABILITY

Section 5: STRUCTURAL ANALYSIS

Section 6: ULTIMATE LIMIT STATES FOR MEMBERS

Section 7: SERVICEABILITY LIMIT STATES

Розділ 8: РОЗРАХУНОК ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ

Додаток А Класи відповідальності
 Додаток В Модель еквівалентного тавра у розтягнутому з'єднанні
 Додаток С Вибір матеріалів
 Додаток D Корозія та захист поверхонь

Додаток Е Аналітичні моделі співвідношень «напруження–деформація»
 Додаток F Робота перерізів за межею пружності
 Додаток G Кут повороту перерізів
 Додаток H Метод пластичних шарнірів для нерозрізних балок
 Додаток I Поперечно-крутильна втрата стійкості балок та крутильна або згинно-крутильна втрата стійкості стиснутих елементів
 Додаток J Характеристики поперечних перерізів
 Додаток K Врахування ефекту зсуву полиць при розрахунку елементів
 Додаток L Класифікація з'єднань
 Додаток M Клейові з'єднання

(3) Розділи 1 та 2 містять додаткові положення, до тих, що знаходяться у EN 1990 "Основи проектування конструкцій".

(4) Розділ 3 стосується властивостей матеріалу виробів, виготовлених із конструкційних алюмінієвих сплавів.

(5) Розділ 4 містить загальні правила щодо довговічності.

(6) Розділ 5 стосується розрахунку конструкцій, в яких елементи моделюються прямолінійними стрижнями при виконанні розрахунку системи в цілому.

(7) Розділ 6 містить детальні правила для розрахунку поперечних перерізів та елементів.

(8) Розділ 7 містить правила, що стосуються працездатності.

(9) Розділ 8 містить детальні правила щодо з'єднань, які зазнають статичних на-

Section 8: DESIGN OF JOINTS

Annex A Execution classes
 Annex B Equivalent T-stub in tension

 Annex C Materials selection
 Annex D Corrosion and surface protection
 Annex E Analytical models for stress strain relationship
 Annex F Behaviour of cross section beyond elastic limit
 Annex G Rotation capacity
 Annex H Plastic hinge method for continuous beams
 Annex I Lateral torsional buckling of beams and torsional or flexural-torsional buckling of compression members
 Annex J Properties of cross sections

 Annex K Shear lag effects in member design
 Annex L Classification of connections
 Annex M Adhesive bonded connections

(3) Sections 1 to 2 provide additional clauses to those given in EN 1990 "Basis of structural design".

(4) Section 3 deals with material properties of products made of structural aluminium alloys.

(5) Section 4 gives general rules for durability.

(6) Section 5 refers to the structural analysis of structures, in which the members can be modelled with sufficient accuracy as line elements for global analysis.

(7) Section 6 gives detailed rules for the design of cross sections and members.

(8) Section 7 gives rules for serviceability.

(9) Section 8 gives detail rules for connections subject to static loading: bolted,

вантажень: болтових, заклепкових, зварних та клейових.

riveted, welded and adhesive bonded connections.

1.2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

(1) Цей стандарт містить посилання як на чинні документи, так і на ті, що не набули чинності або розробляються. Перелік документів, на які є посилання, наведено нижче.

1.2 NORMATIVE REFERENCES

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

1.2.1 Загальні посилання

prEN 1090-1: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – Частина 1: Вимоги до забезпечення відповідності стандартам елементів будівельних конструкцій⁶

prEN 1090-3: Виконання робіт зі сталевими та алюмінієвими конструкціями – Частина 3: Технічні вимоги до алюмінієвих конструкцій⁶

1.2.1 General references

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

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

1.2.2 Посилання щодо проектування конструкцій

EN 1990 Основні положення по проектуванню будівельних конструкцій

EN 1991 Дія на будівельні конструкції – Всі частини

EN 1993-1-1 Проектування сталевих конструкцій – Частина 1-1: Загальні правила та правила для будівель

EN 1999-1-2 Проектування і розрахунок алюмінієвих конструкцій – Частина 1-2: Проектування конструкцій з урахуванням вогнестійкості

EN 1999-1-3 Проектування і розрахунок алюмінієвих конструкцій – Частина 1-3: Конструкції, чутливі до втомних навантажень

EN 1999-1-4 Проектування і розрахунок алюмінієвих конструкцій – Частина 1-4: Холодноформовані конструкційні листи

EN 1999-1-5 Проектування і розрахунок

1.2.2 References on structural design

EN 1990 Basis of structural design

EN 1991 Actions on structures – All parts

EN 1993-1-1 Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

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

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

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

EN 1999-1-5 Design of aluminium structures

алюмінієвих конструкцій – Частина 1-5:
Оболонкові конструкції

– Part 1-5: Shell structures

⁶ Буде опубліковано

⁶ To be published

1.2.3. Посилання щодо алюмінієвих сплавів

1.2.3 References on aluminium alloys

1.2.3.1 Хімічний склад, форма та твердість деформівних сплавів

1.2.3.1 Chemical composition, form and temper definition of wrought products

EN 573-1:1994 Алюміній та алюмінієві сплави – Хімічний склад та форма деформівних виробів – Частина 1: Цифрова система позначення

EN 573-1:1994 Aluminium and aluminium alloys – Chemical composition and form of wrought products – Part 1: Numerical designation system

EN 573-2:1994 Алюміній та алюмінієві сплави – Хімічний склад та форма деформівних виробів – Частина 2: Система позначень, яка заснована на хімічних символах

EN 573-2:1994 Aluminium and aluminium alloys – Chemical composition and form of wrought products – Part 2: Chemical symbol based designation system

EN 573-3:2003 Алюміній та алюмінієві сплави – Хімічний склад та форма деформівних виробів – Частина 3: Хімічний склад

EN 573-3:2003 Aluminium and aluminium alloys – Chemical composition and form of wrought products – Part 3: Chemical compositions

EN 573-4:1994 Алюміній та алюмінієві сплави – Хімічний склад та форма деформівних виробів – Частина 4: Форми виробів

EN 573-4:1994 Aluminium and aluminium alloys – Chemical composition and form of wrought products – Part 4: Forms of products

EN 515:1993 Алюміній та алюмінієві сплави – Деформівні вироби – Позначення відпуску

EN 515:1993 Aluminium and aluminium alloys – Wrought products – Temper designations

1.2.3.2 Умови технічного постачання

1.2.3.2 Technical delivery conditions

EN 485-1:1993 Алюміній та алюмінієві сплави – Листи, стрічки та плити – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання

EN 485-1:1993 Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery

EN 586-1:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Поковки – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання

EN 586-1:1997 Aluminium and aluminium alloys – Forgings – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery

EN 754-1:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Холоднотягнуті прутки та труби – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання

EN 754-1:1997 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery

EN 755-1:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутки, труби та профілі – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання

EN 755-1:1997 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery

EN 1592-1:1997 Алюміній та алюмінієві

EN 1592-1:1997 Aluminium and aluminium

сплави – Труби, зварені за допомогою струму високої частоти – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання
 EN 12020-1:2001 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прецизійні профілі із сплавів EN AW-6060 і EN AW-6063 – Частина 1: Технічні умови контролю і постачання
 EN 28839 Кріплення – Механічні властивості кріпильних виробів – Болти, гвинти, шпильки та гайки з кольорових металів
 EN ISO 898-1 Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі та легованої сталі – Частина 1: Болти, гвинти та шпильки
 EN ISO 3506-1 Механічні властивості кріпильних виробів з корозійностійкої неіржавіючої сталі – Частина 1: Болти, гвинти і шпильки

1.2.3.3 Розміри та механічні властивості

EN 485-2:1994 Алюміній та алюмінієві сплави – Листи, стрічки і плити – Частина 2: Механічні властивості
 EN 485-3:2003 Алюміній та алюмінієві сплави – Листи, стрічки і плити – Частина 3: Допуски на форму та розміри для гарячого прокату
 EN 485-4:1993 Алюміній та алюмінієві сплави – Листи, стрічки і плити – Частина 4: Допуски на форму та розміри для холодного прокату
 EN 508-2:2000 Покрівельні матеріали з металевих листів – Технічні умови на самонесні матеріали із сталі, алюмінію або нержавіючої сталі – Частина 2: Алюміній
 EN 586-2:1994 Алюміній та алюмінієві сплави – Поковки – Частина 2: Вимоги до механічних та інших властивостей
 EN 586-3:2002 Алюміній та алюмінієві сплави – Поковки – Частина 3. Допуски на розміри та форму
 EN 754-2:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Холоднотягнуті прутки/сортковий прокат та труби – Частина 2: Механічні властивості
 EN 754-3:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Холоднотягнуті прутки/сортковий

alloys – HF seam welded tubes – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery
 EN 12020-1:2001 Aluminium and aluminium alloys – Extruded precision profiles in alloys EN AW-6060 and EN AW-6063 – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery
 EN 28839 Fasteners – Mechanical properties of fasteners – Bolts, screws, studs and nuts made from non-ferrous metals
 EN ISO 898-1 Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel – Part 1: Bolts, screws and studs
 EN ISO 3506-1 Mechanical properties of corrosion-resistant stainless-steel fasteners – Part 1: Bolts, screws and studs

1.2.3.3 Dimensions and mechanical properties

EN 485-2:1994 Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 2: Mechanical properties
 EN 485-3:2003 Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 3: Tolerances on shape and dimensions for hot-rolled products
 EN 485-4:1993 Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 4: Tolerances on shape and dimensions for cold-rolled products
 EN 508-2:2000 Roofing products from metal sheet – Specifications for self supporting products of steel, aluminium or stainless steel – Part 2: Aluminium
 EN 586-2:1994 Aluminium and aluminium alloys – Forgings – Part 2: Mechanical properties and additional property requirements
 EN 586-3:2002 Aluminium and aluminium alloys – Forgings – Part 3: Tolerances on dimension and form
 EN 754-2:1997 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 2: Mechanical properties
 EN 754-3:1995 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 3:

прокат та труби – Частина 3: Круглі прутти, допуски на розміри та форму

EN 754-4:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Холодноотягнуті прутти/сорттовий прокат та труби – Частина 4: Квадратні прутти, допуски на розміри та форму

EN 754-5:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Холодноотягнуті прутти/сорттовий прокат та труби – Частина 5: Прямокутні прутти, допуски на розміри та форму

EN 754-6:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Холодноотягнуті прутти/сорттовий прокат та труби – Частина 6: Шестигранні прутти, допуски на розміри та форму

EN 754-7:1998 Алюміній та алюмінієві сплави – Холодноотягнуті прутти/сорттовий прокат та труби – Частина 7: Безшовні труби, допуски на розміри та форму

EN 754-8:1998 Алюміній та алюмінієві сплави – Холодноотягнуті прутти/сорттовий прокат та труби – Частина 8: Труби попередньо пресовані в язичковій матриці, допуски на розміри і форму

EN 755-2:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 2: Механічні властивості

EN 755-3:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 3: Круглі прутти, допуски на розміри та форму

EN 755-4:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 4: Прути квадратного перерізу, допуски на розміри та форму

EN 755-5:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 5: Прути прямокутного перерізу, допуски на розміри та форму

EN 755-6:1995 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 6: Прути шестигранного перерізу, допуски на розміри та форму

EN 755-7:1998 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутти/сорттовий прокат, труби та профілі – Частина 7: Безшовні труби, допуски на розміри та форму

EN 755-8:1998 Алюміній та алюмінієві

Round bars, tolerances on dimension and form

EN 754-4:1995 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 4: Square bars, tolerances on dimension and form

EN 754-5:1995 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 5: Rectangular bars, tolerances on dimension and form

EN 754-6:1995 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 6: Hexagonal bars, tolerances on dimension and form

EN 754-7:1998 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 7: Seamless tubes, tolerances on dimension and form

EN 754-8:1998 Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 8: Porthole tubes, tolerances on dimension and form

EN 755-2:1997 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles – Part 2: Mechanical properties

EN 755-3:1995 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 3: Round bars, tolerances on dimension and form

EN 755-4:1995 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 4: Square bars, tolerances on dimension and form

EN 755-5:1995 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 5: Rectangular bars, tolerances on dimension and form

EN 755-6:1995 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 6: Hexagonal bars, tolerances on dimension and form

EN 755-7:1998 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 7: Seamless tubes, tolerances on dimension and form

EN 755-8:1998 Aluminium and aluminium

сплави – Пресовані прутки/сортовий прокат, труби та профілі – Частина 8: Труби для ілюмінаторів, допуски на розміри та форму EN 755-9:2001 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прутки/сортовий прокат, труби та профілі – Частина 9: Профілі, допуски на розміри та форму EN 12020-2:2001 Алюміній та алюмінієві сплави – Пресовані прецизійні профілі із сплавів EN AW-6060 і EN AW-6063 – Частина 2: Допуски на розміри та форму EN 1592-2:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Труби, зварені за допомогою струму високої частоти – Частина 2: Механічні властивості EN 1592-3:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Труби, зварені за допомогою струму високої частоти – Частина 3: Допуски на розміри та форму круглих труб EN 1592-4:1997 Алюміній та алюмінієві сплави – Труби, зварені за допомогою струму високої частоти – Частина 4: Допуски на розміри та форми квадратних, прямокутних та профільних труб

1.2.3.4 Виливки з алюмінієвого сплаву

EN 1559-1:1997 Литво – Технічні умови постачання – Частина 1: Загальні положення
 EN 1559-4:1999 Литво – Технічні умови постачання – Частина 4: Додаткові вимоги до виливок з алюмінієвих сплавів
 EN 1371-1:1997 Литво – Контроль методом проникних рідин – Частина 1: Виливки, отримані в піщаній формі, кокільні виливки та виливки, отримані під тиском з застосуванням вакууму
 EN 12681:2003 Литво – Радіографічний контроль
 EN 571-1:1997 Неруйнівний контроль – Капілярний контроль – Частина 1: Загальні принципи
 EN 13068-1:1999 Неруйнівний контроль – Радіоскопічний контроль – Частина 1: Кількісне вимірювання характеристик формування зображення
 EN 13068-2:1999 Неруйнівний контроль – Радіоскопічний контроль – Частина 2: Перевірка довготривалої стабільності пристроїв формування зображення

alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 8: Porthole tubes, tolerances on dimension and form
 EN 755-9:2001 Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profiles– Part 9: Profiles, tolerances on dimension and form
 EN 12020-2:2001 Aluminium and aluminium alloys – Extruded precision profiles in alloys EN AW-6060 and EN AW-6063– Part 2: Tolerances on dimensions and form
 EN 1592-2:1997 Aluminium and aluminium alloys – HF seam welded tubes – Part 2: – Mechanical properties
 EN 1592-3:1997 Aluminium and aluminium alloys – HF seam welded tubes – Part 3: – Tolerance on dimensions and shape of circular tubes
 EN 1592-4:1997 Aluminium and aluminium alloys – HF seam welded tubes – Part 4: – Tolerance on dimensions and form for square, rectangular and shaped tubes

1.2.3.4 Aluminium alloy castings

EN 1559-1:1997 Founding – Technical conditions of delivery – Part 1: General
 EN 1559-4:1999 Founding – Technical conditions of delivery – Part 4: Additional requirements for aluminium alloy castings
 EN 1371-1:1997 Founding – Liquid penetrant inspection – Part 1: Sand, gravity die and low pressure die castings
 EN 12681:2003 Founding – Radiographic inspection
 EN 571-1:1997 Non destructive testing – Penetrant testing – Part 1: General principles
 EN 13068-1:1999 Non-destructive testing – Radioscopic testing – Part 1: Quantitative measurement of imaging properties
 EN 13068-2:1999 Non-destructive testing – Radioscopic testing – Part 2: Check of long term stability of imaging devices

EN 13068-3:2001 Неруйнівний контроль – Радіоскопічний контроль – Частина 3: Загальні принципи радіоскопічного контролю металевих матеріалів рентгенівськими та гамма-променями
 EN 444:1994 Неруйнівний контроль – Загальні принципи радіографічного контролю металевих матеріалів із застосуванням рентгенівських та гамма-променів
 ISO 8062:1994 Виливки – Система допусків на розміри та припусків на оброблення
 EN 1706:1998 Алюміній та алюмінієві сплави – Виливки – Хімічний склад та механічні властивості

1.2.4 Посилання щодо зварювання

EN287-2:1997 Кваліфікаційні випробування зварювальників – Зварювання плавленням – Частина 2: Алюміній та алюмінієві сплави
 EN 288-4:1997 Технічні умови і затвердження процедур зварювання для металевих матеріалів – Частина 4: Випробування для процедури дугового зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів
 EN 439:1994 Витратні зварювальні матеріали. Гази захисні для дугового зварювання та різання
 EN 970:1997 Неруйнівний контроль зварних швів – Візуальний контроль
 EN 1011-1:1998 Зварювання – Зварювання плавленням металевих матеріалів – Частина 1: Загал
 EN 1011-4:2000 Зварювання – Вимоги щодо зварювання металевих матеріалів – Частина 4: Алюміній та алюмінієві сплави
 EN 1418:1997 Зварювальний персонал – Кваліфікаційні випробування операторів зварювальних машин для зварювання плавленням і налагоджувальників контактних машин для проведення повністю механізованого і автоматизованого зварювання металевих матеріалів
 EN ISO 10042 З'єднання, виконані дуговим зварюванням, для алюмінію і алюмінієвих зварюваних сплавів. Рівні якості для дефектів
 ISO 18273:2002 Витратні зварювальні матеріали – Дротяні електроди, дріт і

EN 13068-3:2001 Non-destructive testing – Radioscopic testing – Part 3: General principles of radioscopic testing of metallic materials by X- and gamma rays

EN 444:1994 Non-destructive testing – General principles for radiographic examination of metallic materials by X- and gamma-rays
 ISO 8062:1994 Castings – System of dimensional tolerances and machining allowances
 EN 1706:1998 Aluminium and aluminium alloys – Castings – Chemical composition and mechanical properties

1.2.4 References on welding

EN 287-2:1997 Approval testing of welders – Fusion welding – Part 2: Aluminium and aluminum alloys
 EN 288-4:1997 Specification and approval of welding procedures for metallic materials – Part 4; Welding procedure tests for the arc welding of aluminium and its alloys
 EN 439:1994 Welding consumables – Shielding gases for arc welding and cutting.
 EN 970:1997 Non destructive examination of welds – Visual examination
 EN 1011-1:1998 Welding – Fusion welding of metallic materials – Part 1: General
 EN 1011-4:2000 Welding – Requirements for fusion welding of metallic materials – Part 4: Aluminium and aluminium alloys
 EN 1418:1997 Welding personnel. Approval testing of welding operators for fusion welding and resistance weld setters for fully mechanised and automatic welding of metallic materials
 EN ISO 10042 Arc-welded joints in aluminium and its weldable alloys – Guidance on quality levels for imperfections
 ISO 18273:2002 Welding consumables – Wire electrodes, wires and rods for arc welding of

стрижні для дугового зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів.
Класифікація

1.2.5 Інші посилання

ISO 1000:1992 Одиниці SI та рекомендації щодо застосування кратних і частинних від них одиниць

ISO 31-0:1992 Величини та одиниці вимірювання – Частина 0: Загальні принципи

ISO 3898:1997 Основи розрахунку будівельних конструкцій – Позначення – Загальні символи

ISO 8930:1991 Загальні принципи надійності будівельних конструкцій – Перелік еквівалентних термінів

ISO 11003-1:2001 Клеї – Визначення властивостей конструкційних клеїв при зсуві – Частина 1: Метод випробування на кручення клеєних встик порожнистих циліндрів

ISO 11003-2:2001 Клеї – Визначення властивостей конструкційних клеїв при зсуві – Частина 2: Метод випробування на розтяг із застосуванням товстошарових зразків

EN ISO 1302:2002 Геометричні характеристики виробів (GPS) – Позначення текстури поверхні у технічній документтації на продукцію

EN ISO 4287:1998 Геометричні характеристики виробів (GPS) – Структура поверхні – Профільний метод – Терміни, визначення та параметри структури

EN ISO 4288:1998 Геометричні характеристики виробів (GPS) – Структура поверхні – Профільний метод. Визначення та параметри структури.

1.3 ПРИПУЩЕННЯ

(1) У додатку до загальних припущень EN 1990 використовуються наступні припущення:

– виконання згідно з prEN 1090-3

1.4 РІЗНИЦЯ МІЖ ПРИНЦИПАМИ ТА ПРАВИЛАМИ ВИКОРИСТАННЯ

aluminium and aluminium alloys. Classification

1.2.5 Other references

ISO 1000:1992 SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units

ISO 31-0:1992 Quantities and units – Part 0: General principles

ISO 3898:1997 Basis of design of structures – Notations – General symbols

ISO 8930:1991 General principles on reliability for structures – List of equivalent terms

ISO 11003-1:2001 Adhesives – Determination of shear behaviour of structural adhesives – Part 1: Torsion test method using butt-bonded hollow cylinders

ISO 11003-2:2001 Adhesives – Determination of shear behaviour of structural adhesives – Part 2: Tensile test method using thick adherents

EN ISO 1302:2002 Geometrical Product Specification (GPS) – Indication of surface texture in technical product documentation.

EN ISO 4287:1998 Geometrical Product Specifications (GSP) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters

EN ISO 4288:1998 Geometrical Product Specification (GPS) – Surface texture – Profile method: Rules and procedures for the assessment of surface texture.

1.3 ASSUMPTIONS

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

– execution complies with prEN 1090-3

1.4 DISTINCTION BETWEEN PRINCIPLES AND APPLICATION RULES

(1) Застосовуються правила, що містяться в EN 1990 1.4.

1.5 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

(1) Застосовуються визначення, що містяться в EN 1990 1.5.

(2) Використовуються терміни, що містяться у EN 1999-1-1, із наступними визначеннями:

1.5.1 рама

ціла конструкція або її частина, що складається з безпосередньо з'єднаних елементів, призначених для спільного сприйняття навантажень; цей термін відноситься як до рам, що сприймають моменти, так і до тригранних каркасів; він включає плоскі та просторові рами

1.5.2 підрама

рама, що є частиною більшої рами, але може розглядатись як ізольована при розрахунку конструкції

1.5.3 типи рам

терміни, що використовуються для класифікації типів рам:

- напівнерозрізна, у якій в процесі розрахунку системи в цілому слід враховувати конструктивні властивості елементів та з'єднань;
- нерозрізна, у якій в процесі розрахунку системи в цілому слід враховувати виключно конструктивні властивості елементів;
- розрізна, де з'єднання не сприймають моментів

1.5.4 розрахунок системи в цілому

визначення набору внутрішніх зусиль та моментів у конструкції, які знаходяться у стані рівноваги з конкретним набором впливів, що діють на систему в цілому

1.5.5 геометрична довжина

відстань у даній площині між двома сусідніми точками елемента, у яких він закріплений від поперечних зміщень, або між однією такою точкою та кінцем елемента

(1) The rules in EN 1990 1.4 apply.

1.5 TERMS AND DEFINITIONS

(1) The definitions in EN 1990 1.5 apply.

(2) The following terms are used in EN 1999-1-1 with the following definitions:

1.5.1 frame

the whole or a portion of a structure, comprising an assembly of directly connected structural members, designed to act together to resist load; this term refers to both moment-resisting frames and triangulated frames; it covers both plane frames and three-dimensional frames

1.5.2 sub-frame

a frame that forms part of a larger frame, but is be treated as an isolated frame in a structural analysis

1.5.3 type of framing

terms used to distinguish between frames that are either:

- semi-continuous, in which the structural properties of the members and connections need explicit consideration in the global analysis
- continuous, in which only the structural properties of the members need be considered in the global analysis
- simple, in which the joints are not required to resist moments

1.5.4 global analysis

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

1.5.5 system length

distance in a given plane between two adjacent points at which a member is braced against lateral displacement, or between one such point and the end of the member

1.5.6 приведена довжина

довжина шарнірно закріпленого елемента постійного по довжині перерізу, який має той же переріз і таке саме пружне критичне зусилля при розрахунку на стійкість, що й досліджуваний (окремий або в складі рамної конструкції)

1.5.7 ефект запізнення зсуву

нерівномірний розподіл напружень у широких полицях балок внаслідок деформацій зсуву; він може бути врахований шляхом використання зниженої «ефективної» ширини полиці балки

1.5.8 поглиблений розрахунок

розрахунок із урахуванням пластичних деформацій елемента та його з'єднань, який забезпечує додаткову міцність.

1.6 ПОЗНАЧЕННЯ

(1) У цьому стандарті використовуються позначення, що наводяться далі. Додаткові позначення визначені там, де вони з'явилися вперше.

ПРИМІТКА. Позначення впорядковані у послідовності їх першої появи в стандарті EN 1999-1-1. Позначення можуть мати різний зміст.

До розділу 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

X - X вісь вздовж елемента
 Y - Y вісь поперечного перерізу
 Z - Z вісь поперечного перерізу
 u - u велика головна вісь (там, де є неспівпадання з віссю Y - Y)
 v - v мала головна вісь (там, де є неспівпадання з віссю Z - Z)

До розділу 2. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

P_k номінальне значення ефекту попереднього натягу, який виникає під час монтажу

G_k номінальне значення ефекту від постійних впливів

X_k характеристичні значення властивостей матеріалу

1.5.6 buckling length

length of an equivalent uniform member with pinned ends, which has the same cross-section and the same elastic critical force as the verified uniform member (individual or as a component of a frame structure)

1.5.7 shear lag effect

non uniform stress distribution in wide flanges due to shear deformations; it is taken into account by using a reduced "effective" flange width in safety assessments

1.5.8 capacity design

design based on the plastic deformation capacity of a member and its connections providing additional strength in its connections and in other parts connected to the member.

1.6 SYMBOLS

(1) For the purpose of this standard the following apply. Additional symbols are defined where they first occur.

NOTE. Symbols are ordered by appearance in EN 1999-1-1. Symbols may have various meanings.

Section 1. GENERAL

X - X axis along a member
 Y - Y axis of a cross-section
 Z - Z axis of a cross-section
 u - u major principal axis (where this does not coincide with the y-y axis)
 v - v minor principal axis (where this does not coincide with the z-z axis)

Section 2. BASIS OF DESIGN

P_k nominal value of the effect of prestressing imposed during erection

G_k nominal value of the effect of permanent actions

X_k characteristic values of material property

X_n номінальні значення властивостей матеріалу
 R_d розрахункове значення опору
 R_k характеристичне значення опору
 γ_M узагальнювальний частковий коефіцієнт надійності для матеріалу
 γ_{Mi} рекомендований частковий коефіцієнт
 γ_{Mf} частковий коефіцієнт втоми
 η коефіцієнт перетворення
 a_d розрахункові значення геометричних даних

X_n nominal values of material property
 R_d design value of resistance
 R_k characteristic value of resistance
 γ_M general partial factor
 γ_{Mi} particular partial factor
 γ_{Mf} partial factor for fatigue
 η conversion factor
 a_d design value of geometrical data

До розділу 3. МАТЕРІАЛИ

Section 3. MATERIALS

f_o характеристичне значення умовної межі текучості
 f_u характеристичне значення межі міцності на розтяг
 f_{oc} характеристичне значення умовної межі текучості для ливарних сплавів
 f_{uc} характеристичне значення межі міцності на розтяг для ливарних сплавів
 A_{50} величина подовження, що вимірюється за допомогою постійної еталонної довжини 50 мм, див. EN 10 002
 $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$ величина подовження, виміряна на еталонній довжині $5,65\sqrt{A_0}$, див. EN 10 002
 A_0 початкова площа поперечного перерізу випробовуваного зразка
 $f_{o,haz}$ характеристичне значення умовної межі текучості в зоні термічного впливу (ЗТВ)
 $f_{u,haz}$ межа міцності на розтяг у ЗТВ
 $\rho_{o,haz}$ співвідношення $f_{o,haz} / f_o$
 $\rho_{u,haz}$ співвідношення $f_{u,haz} / f_u$
 BC клас втрати стійкості при поздовжньому згині
 n_p показник степеня експоненти у залежності Рамберга-Осгуда для

f_o characteristic value of 0,2 % proof strength
 f_u characteristic value of ultimate tensile strength
 f_{oc} characteristic value of 0,2 % proof strength of cast material
 f_{uc} characteristic value of ultimate tensile strength of cast material
 A_{50} elongation value measured with a constant reference length of 50 mm, see EN 10 002
 $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$ elongation value measured with a reference length $5,65\sqrt{A_0}$, see EN 10 002
 A_0 original cross-section area of test specimen
 $f_{o,haz}$ 0,2 % proof strength in heat affected zone, HAZ
 $f_{u,haz}$ ultimate tensile strength in heat affected zone, HAZ
 $\rho_{o,haz} = f_{o,haz} / f_o$, ratio between 0,2 % proof strength in HAZ and in parent material
 $\rho_{u,haz} = f_{u,haz} / f_u$, ratio between ultimate strength in HAZ and in parent material
 BC buckling class
 n_p exponent in Ramberg-Osgood expression for plastic design

розрахунків у пластичній стадії

E модуль пружності
 G модуль зсуву
 ν коефіцієнт Пуассона в пружній фазі
 α коефіцієнт лінійного теплового розширення
 ρ густина

E modulus of elasticity
 G shear modulus
 ν Poisson's ratio in elastic stage
 α coefficient of linear thermal expansion
 ρ unit mass

До розділу 5. РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ

Section 5. STRUCTURAL ANALYSIS

α_{cr} коефіцієнт запасу загальної форми втрати стійкості при пружних деформаціях відносно розрахункового навантаження

α_{cr} factor by which the design loads would have to be increased to cause elastic instability in a global mode

F_{Ed} розрахункове навантаження на конструкцію

F_{Ed} design loading on the structure

F_{cr} критичне навантаження для загальної форми втрати стійкості, обраховане на базі первинної жорсткості в межах пружних деформацій

F_{cr} elastic critical buckling load for global instability mode based on initial elastic stiffness

H_{Ed} загальне розрахункове значення горизонтальної реакції в нижній частині поверху

H_{Ed} design value of the horizontal reaction at the bottom of the storey to the horizontal loads and fictitious horizontal loads

V_{Ed} загальне розрахункове вертикальне навантаження в нижній частині поверху

V_{Ed} total design vertical load on the structure on the bottom of the storey

$\delta_{H,Ed}$ горизонтальне переміщення верхньої частини поверху відносно нижньої

$\delta_{H,Ed}$ horizontal displacement at the top of the storey, relative to the bottom of the storey

h висота поверху, висота споруди

h storey height, height of the structure

$\bar{\lambda}$ відносна гнучкість

$\bar{\lambda}$ non dimensional slenderness

N_{Ed} розрахункове значення осьового зусилля

N_{Ed} design value of the axial force

ϕ сукупна первинна недосконалість перекошення

ϕ global initial sway imperfection

ϕ_0 основне значення для сукупної первинної недосконалості перекошення

ϕ_0 basic value for global initial sway imperfection

α_h знижувальний коефіцієнт для колони заввишки h

α_h reduction factor for height h applicable to columns

α_m знижувальний коефіцієнт для числа колон у ряду

α_m reduction factor for the number of columns in a row

m кількість колон у ряду

m number of columns in a row

e_0 максимальна амплітуда недосконалості елемента

e_0 maximum amplitude of a member imperfection

L довжина елемента

L member length

$e_{0,d}$ розрахункове значення максимальної амплітуди недосконалості

$e_{0,d}$ design value of maximum amplitude of an imperfection

M_{Rk} характеристичне значення несучої

M_{Rk} characteristic moment resistance of the

здатності критичного поперечного перерізу на згинальний момент

N_{Rk} характеристичне значення несучої здатності критичного поперечного перерізу на нормальне зусилля

q еквівалентне зусилля на одиницю довжини

δ_q прогин у площині системи розкосів

q_d еквівалентне розрахункове зусилля на одиницю довжини

M_{Ed} розрахунковий згинальний момент

k коефіцієнт для значення $e_{0,d}$

critical cross section

N_{Rk} characteristic resistance to normal force of the critical cross section

q equivalent force per unit length

δ_q in-plane deflection of a bracing system

q_d equivalent design force per unit length

M_{Ed} design bending moment

k factor for $e_{0,d}$

До розділу 6. ГРАНИЧНІ СТАНИ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ВТРАТОЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

γ_{M1} частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів у залежності від класу

γ_{M1} частковий коефіцієнт опору елементів при втраті стійкості

γ_{M2} частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів при розтягу до повного руйнування

b ширина ділянки поперечного перерізу

t товщина ділянки поперечного перерізу

β відношення ширини до товщини b/t

η коефіцієнт, що враховується для градієнта напружень або підсилення частини поперечного перерізу

ψ коефіцієнт асиметрії циклу при випробуванні на втому

σ_{cr} пружне критичне напруження для підсиленої ділянки поперечного перерізу

σ_{cr0} пружне критичне напруження для непідсиленої ділянки поперечного перерізу

R радіус кривизни по відношенню до середньої товщини матеріалу

D діаметр щодо середньої товщини матеріалу труби

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ границі параметрів пружності

$\varepsilon = \sqrt{250/f_0}$, коефіцієнт

Section 6. ULTIMATE LIMIT STATES FOR MEMBERS

γ_{M1} partial factor for resistance of cross-sections whatever the class is

γ_{M1} partial factor for resistance of members to instability assessed by member checks

γ_{M2} partial factor for resistance of cross-sections in tension to fracture

b width of cross section part

t thickness of a cross-section part

β width-to-thickness ratio b/t

η coefficient to allow for stress gradient or reinforcement of cross section part

ψ stress ratio

σ_{cr} elastic critical stress for a reinforced cross section part

σ_{cr0} elastic critical stress for an unreinforced cross section part

R radius of curvature to the mid-thickness of material

D diameter to mid-thickness of tube material

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ limits for slenderness parameter

$\varepsilon = \sqrt{250/f_0}$, coefficient

z_1 відстань від нейтральної осі до найбільш навантаженого волокна
 z_2 відстань від нейтральної осі до даного волокна
 C_1, C_2 константи
 ρ_c знижувальний коефіцієнт на місцеву деформацію
 b_{haz} протяжність ЗТВ
 T_1 міжпрохідна температура
 α_2 коефіцієнт для b_{haz}

z_1 distance from neutral axis to most severely stressed fibre
 z_2 distance from neutral axis to fibre under consideration
 C_1, C_2 Constants
 ρ_c reduction factor for local buckling
 b_{haz} extent of HAZ
 T_1 interpass temperature
 α_2 factor for b_{haz}

До розділу 6.2 ОПР ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ

Section 6.2 RESISTANCE OF CROSS SECTIONS

$\sigma_{x,Ed}$ розрахункове значення місцевого подовжнього напруження
 $\sigma_{z,Ed}$ розрахункове значення місцевого поперечного напруження
 τ_{Ed} розрахункове значення місцевого зсувного напруження
 N_{Ed} розрахункова нормальна сила
 $M_{y,Ed}$ розрахунковий згинальний момент відносно осі y - y
 $M_{z,Ed}$ розрахунковий згинальний момент відносно осі z - z
 N_{Rd} розрахункові значення опору нормальним силам
 $M_{y,Rd}$ розрахункові значення опору згинальним моментам відносно осі y - y
 $M_{z,Rd}$ розрахункові значення опору згинальним моментам відносно осі z - z
 s крок між центрами сусідніх отворів, вимірюваний вздовж осі елемента при розміщенні отворів у шаховому порядку
 p крок між центрами тих самих отворів, вимірюваний перпендикулярно до осі елемента
 n кількість отворів, розташованих по діагональній або зигзагоподібній лінії впоперек елемента або його частини
 d діаметр отвору
 A_g площа поперечного перерізу брунго
 A_{net} площа поперечного перерізу нетто
 A_{eff} ефективна площа поперечного перерізу

$\sigma_{x,Ed}$ design value of the local longitudinal stress
 $\sigma_{z,Ed}$ design value of the local transverse stress
 τ_{Ed} design value of the local shear stress
 N_{Ed} design normal force
 $M_{y,Ed}$ design bending moment, y-y axis
 $M_{z,Ed}$ design bending moment, z-z axis
 N_{Rd} design values of the resistance to normal forces
 $M_{y,Rd}$ design values of the resistance to bending moments, y-y axis
 $M_{z,Rd}$ design values of the resistance to bending moments, z-z axis
 s staggered pitch, the spacing of the centres of two consecutive holes in the chain measured parallel to the member axis
 p spacing of the centres of the same two holes measured perpendicular to the member axis
 n number of holes extending in any diagonal or zig-zag line progressively across the member or part of the member
 d diameter of hole
 A_g area of gross cross-section
 A_{net} net area of cross-section
 A_{eff} effective area of cross-section

b_0 ширина виступу або половина ширини внутрішньої частини поперечного перерізу

L_e нульові точки згинального моменту

$N_{t,Rd}$ розрахункові значення опору розтягу

$N_{o,Rd}$ розрахункові значення опору розтягу у стані повної пластичності

$N_{u,Rd}$ розрахунковий опір поперечного перерізу нетто осьовим силам за наявності кріпильних отворів

$N_{c,Rd}$ розрахунковий опір поперечного перерізу осьовим силам при рівномірному стиску

M_{Rd} розрахунковий опір поперечного перерізу згину відносно головної осі

$M_{u,Rd}$ розрахунковий опір поперечного перерізу нетто згину за наявності отворів

$M_{o,Rd}$ розрахунковий опір згину при загальній текучості

α коефіцієнт форми

W_{el} пружний момент опору перерізу брутто (див. 6.2.5.2)

W_{net} пружний момент опору перерізу нетто з урахуванням поправок на отвори і зменшення матеріалу у пришовній зоні

W_{pl} пластичний момент опору перерізу брутто

W_{eff} приведений пружний момент опору, отриманий з використанням приведеної товщини t_{eff} для фрагментів перерізів 4-го класу

$W_{el,haz}$ приведений пружний момент опору перерізу брутто, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для ЗТВ

$W_{pl,haz}$ приведений пластичний момент опору перерізу брутто, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для ЗТВ

$W_{eff,haz}$ приведений пружний момент опору, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_c t$ для фрагментів перерізів 4-го класу або приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для

b_0 width of outstand or half width of internal cross-section part

L_e points of zero bending moment

$N_{t,Rd}$ design values of the resistance to tension force

$N_{o,Rd}$ design value of resistance to general yielding of a member in tensions

$N_{u,Rd}$ design value of resistance to axial force of the net cross-section at holes for fasteners

$N_{c,Rd}$ design resistance to normal forces of the cross-section for uniform compression

M_{Rd} design resistance for bending about one principal axis of a cross-section

$M_{u,Rd}$ design resistance for bending of the net cross-section at holes

$M_{o,Rd}$ design resistance for bending to general yielding

α shape factor

W_{el} elastic modulus of the gross section (see 6.2.5.2)

W_{net} elastic modulus of the net section allowing for holes and HAZ softening, if welded

W_{pl} plastic modulus of gross section

W_{eff} effective elastic section modulus, obtained using a reduced thickness t_{eff} for the class 4 parts

$W_{el,haz}$ effective elastic modulus of the gross section, obtained using a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material

$W_{pl,haz}$ effective plastic modulus of the gross section, obtained using a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material

$W_{eff,haz}$ effective elastic section modulus, obtained using a reduced thickness $\rho_c t$ for the class 4 parts or a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material, whichever is the smaller

ЗТВ – залежно від того, яка величина менша

$\alpha_{3,u}$ коефіцієнт форми для класу 3 поперечного перерізу без зварних швів

$\alpha_{3,w}$ коефіцієнт форми для класу 3 поперечного перерізу зі зварними швами

V_{Ed} розрахункова перерізувальна сила

V_{Rd} розрахунковий опір перерізувальній силі

A_v площа зсуву

η_v коефіцієнт для площі зсуву

h_w висота стінки балки між полицями

t_w товщина стінки балки

A_e повна площа перерізу у перерізі без зварних швів, або розрахункова площа перерізу, отримана з використанням приведеної товщини $\rho_{o, haz} t$ для ЗТВ

T_{Ed} розрахункове значення крутильного моменту

T_{Rd} розрахунковий опір крученню за Сен-Венаном

$W_{T,pl}$ пластичний момент опору при крученні

$T_{t,Ed}$ розрахункове значення моменту внутрішнього кручення за Сен-Венаном

$T_{w,Ed}$ розрахункове значення моменту внутрішнього депланаційного кручення

$\tau_{t,Ed}$ розрахункове дотичне напруження від моменту кручення $T_{t,Ed}$ за Сен-Венаном

$\tau_{w,Ed}$ розрахункове дотичне напруження від депланаційного кручення

$\sigma_{w,Ed}$ розрахункове нормальне напруження від бімоменту B_{Ed}

B_{Ed} бімомент

$V_{T,Rd}$ зменшений розрахунковий опір зсуву за наявності моменту кручення

$f_{0,v}$ зменшене розрахункове значення міцності за наявності перерізувальної сили

$M_{v,Rd}$ зменшений розрахунковий опір згинальному моменту за наявності перерізувальної сили

$\alpha_{3,u}$ shape factor for class 3 cross section without welds

$\alpha_{3,w}$ shape factor for class 3 cross section with welds

V_{Ed} design shear force

V_{Rd} design shear resistance

A_v shear area

η_v factor for shear area

h_w depth of a web between flanges

t_w web thickness

A_e the section area of an un-welded section, and the effective section area obtained by taking a reduced thickness $\rho_{o, haz} t$ for the HAZ material of a welded section

T_{Ed} design value of torsional moment

T_{Rd} design St.Venant torsion moment resistance

$W_{T,pl}$ plastic torsion modulus

$T_{t,Ed}$ design value of internal St. Venant torsional moment

$T_{w,Ed}$ design value of internal warping torsional moment

$\tau_{t,Ed}$ design shear stresses due to St. Venant torsion

$\tau_{w,Ed}$ design shear stresses due to warping torsion

$\sigma_{w,Ed}$ design direct stresses due to the bimoment B_{Ed}

B_{Ed} bimoment

$V_{T,Rd}$ reduced design shear resistance making allowance for the presence of torsional moment

$f_{0,v}$ reduced design value of strength making allowance for the presence of shear force

$M_{v,Rd}$ reduced design value of the resistance to bending moment making allowance for the presence of shear force

До розділу 6.3 ОПІР ЕЛЕМЕНТІВ ВТРАТИ СТІЙКОСТІ

N_{Rd} опір осьовому стискаючому зусиллю
 $M_{y,Rd}$ опір згинальному моменту відносно осі у-у
 $M_{z,Rd}$ опір згинальному моменту відносно осі Z-Z
 $\eta_0, \gamma_0, \xi_0, \psi$ показники у формулах

ω_0 коефіцієнт для перерізу з локалізованим зварним швом
 ρ знижувальний коефіцієнт для визначення зменшеного розрахункового значення опору згинального моменту, який враховує наявність сили зсуву
 $N_{b,Rd}$ розрахунковий опір втраті стійкості для стисненого елемента
 κ коефіцієнт, що враховує ефект знеміцнення в результаті процесу зварювання
 χ знижувальний коефіцієнт для відповідної форми втрати стійкості
 ϕ значення для визначення знижувального коефіцієнта χ
 α коефіцієнт недосконалості форми
 $\bar{\lambda}_0$ границя горизонтальної ділянки кривої втрати стійкості
 N_{cr} пружна критична сила для відповідної форми втрати стійкості, що базується на показниках бруто поперечного перерізу
 i радіус інерції відносно відповідної осі, що базується на показниках бруто поперечного перерізу
 $\bar{\lambda}$ відносна гнучкість
 $\bar{\lambda}_T$ відносна гнучкість при крутильній або крутильно-згинній формі втрати стійкості
 N_{cr} пружна критична сила при крутильно-згинній формі втрати стійкості
 k коефіцієнт приведенної довжини
 $M_{b,Rd}$ розрахунковий момент опору втраті стійкості
 χ_{LT} знижувальний коефіцієнт поправки на поперечну крутильну втрату стійкості
 ϕ_{LT} аргумент для визначення знижу-

Section 6.3 BUCKLING RESISTANCE

N_{Rd} resistance of axial compression force
 $M_{y,Rd}$ bending moment resistance about y-y axis
 $M_{z,Rd}$ bending moment resistance about z-z axis
 $\eta_0, \gamma_0, \xi_0, \psi$ exponents in interaction formulae
 ω_0 factor for section with localized weld
 ρ reduction factor to determine reduced design value of the resistance to bending moment making allowance of the presence of shear force
 $N_{b,Rd}$ design buckling resistance of a compression member
 κ factor to allow for the weakening effect of welding
 χ reduction factor for relevant buckling mode
 ϕ value to determine the reduction factor
 χ imperfection factor
 $\bar{\lambda}_0$ limit of the horizontal plateau of the buckling curves
 N_{cr} elastic critical force for the relevant buckling mode based on the gross cross sectional properties
 i radius of gyration about the relevant axis, determined using the properties of the gross cross-section
 $\bar{\lambda}$ relative slenderness
 $\bar{\lambda}_T$ relative slenderness for torsional or torsional-flexural buckling
 N_{cr} elastic torsional-flexural buckling force
 k buckling length factor
 $M_{b,Rd}$ design buckling resistance moment
 χ_{LT} reduction factor for lateral-torsional buckling
 ϕ_{LT} value to determine the reduction factor

вального коефіцієнта χ_{LT}
 α_{LT} коефіцієнт недосконалості
 $\bar{\lambda}_{LT}$ відносна гнучкість для поперечної крутильної деформації
 M_{cr} пружний критичний момент для поперечної крутильної деформації
 $\bar{\lambda}_{0,LT}$ розмір горизонтальної ділянки кривої поперечної крутильної деформації
 $\eta_c, \gamma_c, \xi_c, \psi_c$ показники у формулах взаємодії
 ω_x, ω_{xLT} коефіцієнти для перерізів із локалізованими зварними швами
 $\bar{\lambda}_{haz}, \bar{\lambda}_{haz,LT}$ параметри відносної гнучкості для перерізів із локалізованими зварними швами
 χ_s відстань від перерізу з локалізованим зварним швом до шарнірної опори або точки перегину кривої пружного прогину при дії осьової сили

До розділу 6.4 ОДНОРІДНІ СКЛАДЕНІ ЕЛЕМЕНТИ

L_{ch} приведена довжина поясу
 h_0 відстань між центрами ваги перерізів поясів складених елементів
 a довжина панелі поясу
 α кут між осями поясів та ґратами ферм
 i_{min} мінімальний радіус інерції одиночних кутиків
 A_{ch} площа поперечного перерізу одного поясу
 $N_{cr,Ed}$ розрахункове зусилля поясу в середині складеного елемента
 M_{Ed}^1 розрахункове значення максимального моменту складеного елемента
 I_{eff} ефективний момент інерції складеного елемента
 S_v зсувна жорсткість решітки або з'єднувальних накладок
 n кількість площин решітки
 A_d площа одного розкошу складеної колони

χ_{LT}
 α_{LT} imperfection factor
 $\bar{\lambda}_{LT}$ non dimensional slenderness for lateral torsional buckling
 M_{cr} elastic critical moment for lateral-torsional buckling
 $\bar{\lambda}_{0,LT}$ plateau length of the lateral torsional buckling curve
 $\eta_c, \gamma_c, \xi_c, \psi_c$ exponents in interaction formulae
 ω_x, ω_{xLT} factors for section with localized weld
 $\bar{\lambda}_{haz}, \bar{\lambda}_{haz,LT}$ relative slenderness parameters for section with localized weld
 χ_s distance from section with localized weld to simple support or point of contra flexure of the deflection curve for elastic buckling from an axial force

Section 6.4 UNIFORM BUILT-UP COMPRESSION MEMBERS

L_{ch} buckling length of chord
 h_0 distance of centrelines of chords of a built-up column
 a distance between restraints of chords
 α angle between axes of chord and lacings
 i_{min} minimum radius of gyration of single angles
 A_{ch} area of one chord of a built-up column
 $N_{cr,Ed}$ design chord force in the middle of a built-up member
 M_{Ed}^1 design value of the maximum moment in the middle of the built-up member
 I_{eff} effective second moment of area of the built-up member
 S_v shear stiffness of built-up member from the lacings or battened panel
 n number of planes of lacings
 A_d area of one diagonal of a built-up column

d довжина розкосу складеної колони
 A_v площа однієї стійки (або поперечного елемента) складеної колони
 I_{ch} момент інерції одного поясу у площині
 I_{bl} момент інерції однієї накладки у площині
 μ коефіцієнт впливу
 i_y, i_z радіуси інерції (вісь у-у та вісь z-z)

d length of a diagonal of a built-up column
 A_v area of one post (or transverse element) of a built-up column
 I_{ch} in plane second moment of area of a chord
 I_{bl} in plane second moment of area of a batten
 μ efficiency factor
 i_y, i_z radius of gyration (y-y axis and z-z axis)

До розділу 6.5 ПЛАСТИНИ БЕЗ ПІДСИЛЕННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ У ПЛОЩИНІ

Section 6.5 UN-STIFFENED PLATES UNDER IN-PLANE LOADING

V_1 знижувальний коефіцієнт при втраті стійкості від зсуву
 k_τ коефіцієнт згинної деформації при втраті стійкості від зсуву

V_1 reduction factor for shear buckling
 k_τ buckling coefficient for shear buckling

До розділу 6.6 ПІДСИЛЕНІ ПЛАСТИНИ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ У ПЛОЩИНІ

Section 6.6 STIFFENED PLATES UNDER IN-PLANE LOADING

c характеристика пружної опори від пластини
 l_w довжина півхвилі при пружній втраті стійкості
 χ знижувальний коефіцієнт поправки на можливість втрати стійкості стрижньовим елементом за згинальною формою
 I_{eff} момент інерції ефективного перерізу пластини для згину у площині
 y_{st} відстань від центру пластини до центру найбільш віддаленого елемента жорсткості
 B_x згинна жорсткість ортотропної пластини в перерізі $x = \text{константа}$
 B_y згинна жорсткість ортотропної пластини в перерізі $y = \text{константа}$
 H крутильна жорсткість ортотропної пластини
 I_L умовний статичний момент площі перерізу одного елемента жорсткості та

c elastic support from plate
 l_w half wave-length in elastic buckling
 χ reduction factor for flexural buckling of sub-unit
 I_{eff} second moment of area off effective cross section of plating for in-plane bending
 y_{st} distance from centre of plating to centre of outermost stiffener
 B_x bending stiffness of orthotropic plate in section $x = \text{constant}$
 B_y bending stiffness of orthotropic plate in section $y = \text{constant}$
 H torsional stiffness of orthotropic plate
 I_L cond moment of area of one stiffener and adjacent plating in the longitudinal

прилеглого листа у поздовжньому напрямі
 I_{XT} крутильна жорсткість одного елемента жорсткості та прилеглих листів у поздовжньому напрямі
 a половина відстані між елементами жорсткості
 t_1, t_2 товщина шарів в ортотропній пластині
 s ширина розгортки елементів жорсткості та примикаючих листів
 $\tau_{cr,g}$ зсувне напруження для ортотропної пластини
 ϕ, η_h коефіцієнти

До розділу 6.7 СКЛАДЕНІ ТОНКОСТІННІ ДВОТАВРОВІ БАЛКИ

b_f ширина полиці балки
 h_w висота стінки балки = чиста відстань між полицями балки
 b_w розмір прямолінійної ділянки стінки балки
 t_w товщина стінки балки
 t_f товщина полиці балки
 I_{st} момент інерції поперечного перерізу бруто елемента жорсткості і сусідньої частини стінки балки
 b_1, b_2 відстані від елемента жорсткості до внутрішніх поверхонь полиць балки
 a_c довжина напівхвилі пружної форми втрати стійкості для елемента жорсткості
 ρ_v коефіцієнт запасу за зсувною стійкістю
 η коефіцієнт втрати стійкості при зсуві у пластичній стадії роботи
 λ_w параметр гнучкості при втраті стійкості під час зсуву
 $V_{w,Rd}$ внесок стінки в опір балки зсуву
 $V_{f,Rd}$ внесок полиць в опір балки зсуву
 k_{rst} внесок поздовжніх елементів жорсткості до коефіцієнта втрати стійкості k_τ
 $k_{\tau 1}$ коефіцієнт втрати стійкості для допоміжної панелі

direction
 I_{XT} torsional constant of one stiffener and adjacent plating in the longitudinal direction
 a half distance between stiffeners
 t_1, t_2 thickness of layers in orthotropic plate
 s developed width of stiffeners and adjacent plate
 $\tau_{cr,g}$ shear buckling stress for orthotropic plate
 ϕ, η_h factors

Section 6.7 PLATE GIRDERS

b_f Flange width
 h_w web depth = clear distance between inside flanges
 b_w depth of straight portion of a web
 t_w web thickness
 t_f flange thickness
 I_{st} second moment of area of gross cross-section of stiffener and adjacent effective parts of the web plate
 b_1, b_2 distances from stiffener to inside flanges (welds)
 a_c half wave length for elastic buckling of stiffener
 ρ_v factor for shear buckling resistance
 η factor for shear buckling resistance in plastic range
 λ_w slenderness parameter for shear buckling
 $V_{w,Rd}$ shear resistance contribution from the web
 $V_{f,Rd}$ shear resistance contribution from the flanges
 k_{rst} contribution from the longitudinal stiffeners to the buckling coefficient k_τ
 $k_{\tau 1}$ buckling coefficient for subpanel

c коефіцієнт у виразі для $V_{f,Rd}$

$M_{f,Rd}$ розрахунковий момент опору поперечного перерізу з урахуванням тільки полиць балок

A_{f1}, A_{f2} площі поперечного перерізу верхніх та нижніх полиць балок

F_{Ed} розрахункова поперечна сила

F_{Rd} розрахунковий опір поперечній силі

L_{eff} ефективна довжина опору поперечній силі

l_y ефективна завантажена довжина опору поперечній силі

χ_F знижувальний коефіцієнт для місцевої втрати стійкості при дії поперечних сил

s_s довжина жорсткого опираючого при дії поперечних сил

λ_F гнучкість для місцевої втрати стійкості при дії поперечних сил

k_F коефіцієнт втрати стійкості для поперечних сил

γ_s відносний момент інерції елемента жорсткості, найбільш близького до завантаженої полиці балки

I_{sl} момент інерції елемента жорсткості, найбільш близького до завантаженої полиці балки

m_1, m_2 безрозмірні параметри у формулі для ефективної завантаженої довжини

l_e параметр у формулі для ефективної завантаженої довжини

$M_{N,Rd}$ опір згинальному моменту, зменшений завдяки наявності осьової сили

A_w площа поперечного перерізу стінки балки

A_{fc} площа поперечного перерізу стисненої полиці балки

k коефіцієнт для полиці балки, що випробовує деформації

r радіус кривини

h_f відстань між центрами полиць

До розділу 6.8 ЕЛЕМЕНТИ З ГОФРОВАНИМИ СТІНКАМИ

b_1, b_2 ширини полиць балок

c factor in expression for $V_{f,Rd}$

$M_{f,Rd}$ design moment resistance of a cross section considering the flanges only

A_{f1}, A_{f2} cross section area of top and bottom flange

F_{Ed} design transverse force

F_{Rd} design resistance to transverse force

L_{eff} effective length for resistance to transverse force

l_y effective loaded length for resistance to transverse force

χ_F reduction factor for local buckling due to transverse force

s_s length stiff bearing under transverse force

λ_F slenderness parameter for local buckling due to transverse force

k_F buckling factor for transverse force

γ_s relative second moment of area of the stiffener closest to the loaded flange

I_{sl} second moment of area of the stiffener closest to the loaded flange

m_1, m_2 parameters in formulae for effective loaded length

l_e parameter in formulae for effective loaded length

$M_{N,Rd}$ reduced moment resistance due to presence of axial force

A_w cross section area of web

A_{fc} cross-section area of compression flange

k factor for flange induced buckling

r radius of curvature

h_f distance between centres of flanges

Section 6.8 MEMBERS WITH CORRUGATED WEBS

b_1, b_2 flange widths

t_1, t_2 товщини полиць балок
 ρ_z знижувальний коефіцієнт поперечних моментів у полицях балки
 M_z поперечний згинальний момент у полицях балок
 $\rho_{c,g}$ знижувальний коефіцієнт для загальної втрати стійкості
 $\lambda_{c,g}$ гнучкість для загальної втрати стійкості
 $\tau_{cr,g}$ критичне зсувне напруження для загальної втрати стійкості
 $\rho_{c,1}$ знижувальний коефіцієнт для місцевої втрати стійкості
 $\lambda_{c,1}$ гнучкість для місцевої втрати стійкості
 $\tau_{cr,1}$ критичне зсувне напруження для місцевої втрати стійкості
 $a_0, a_1, a_2, a_3, a_{max}$ розміри рифлення

До розділу 7. ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА ВТРАТОЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

I_{ser} ефективний момент інерції перерізу для граничного стану за втратою працездатності
 I_{eff} ефективний момент інерції поперечного перерізу для граничного стану за втратою несучої здатності
 σ_{gr} максимальне напруження поздовжнього згину у граничному стані за втратою працездатності, обчислене для поперечного перерізу бруто

До розділу 8. РОЗРАХУНОК ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ

$\gamma_{M3} \rightarrow \gamma_{M7}$ часткові коефіцієнти безпеки
 γ_{Mw} частковий коефіцієнт безпеки опору зварних з'єднань
 γ_{Mp} частковий коефіцієнт безпеки опору штифтових з'єднань
 γ_{Ma} частковий коефіцієнт безпеки опору склеювальних з'єднань
 γ_{Mser} частковий коефіцієнт безпеки опору для граничних станів працездатності

t_1, t_2 flange thicknesses
 ρ_z reduction factor due to transverse moments in the flanges
 M_z transverse bending moment in the flanges
 $\rho_{c,g}$ reduction factor for global buckling
 $\lambda_{c,g}$ slenderness parameter for global buckling
 $\tau_{cr,g}$ shear buckling stress for global buckling
 $\rho_{c,1}$ reduction factor for local buckling
 $\lambda_{c,1}$ slenderness parameter for local buckling
 $\tau_{cr,1}$ shear buckling stress for local buckling
 $a_0, a_1, a_2, a_3, a_{max}$ widths of corrugations

Section 7. SERVICEABILITY LIMIT STATE

I_{ser} effective section moment of area for serviceability limit state
 I_{eff} section moment of area for the effective cross-section at the ultimate limit state
 σ_{gr} maximum compressive bending stress at the serviceability limit state based on the gross cross section

Section 8. DESIGN OF CONNECTIONS

$\gamma_{M3} \rightarrow \gamma_{M7}$ partial safety factors
 γ_{Mw} partial safety factor for resistance of welded connection
 γ_{Mp} partial safety factor for resistance of pin connection
 γ_{Ma} partial safety factor for resistance of adhesive bonded connection
 γ_{Mser} partial safety factor for serviceability limit state

γ_{Mc} частковий коефіцієнт безпеки опору бетону

$e_1 \rightarrow e_4$ відстані до кінця елемента

p, p_1, p_2 проміжки між отворами для болтів

d діаметр деталі, що використовується для кріплення

d_0 діаметр отвору

$V_{eff,1,Rd}$ розрахунковий опір блоковому виванню для умов центрованого навантаження

$V_{eff,2,Rd}$ розрахунковий опір блоковому виванню для умов нецентрованого навантаження

A_{nt} площа нетто, що зазнає розтягу

A_{nv} площа нетто, що зазнає зсуву

A_1 площа зовнішньої частини кутика відносно болтового отвору

β_2, β_3 знижувальні коефіцієнти для з'єднань у кутиках

$F_{v,Ed}$ розрахункова перерізувальна сила на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності

$F_{v,Ed,ser}$ розрахункова перерізувальна сила на один болт для граничного стану за втратою працездатності

$F_{v,Rd}$ розрахунковий опір зрізу на один болт

$F_{b,Rd}$ розрахунковий опір зминанню на один болт

$F_{s,Rd,ser}$ розрахунковий опір проковзуванню на один болт для граничного стану за втратою працездатності

$F_{s,Rd}$ розрахунковий опір проковзуванню на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності

$F_{t,Ed}$ розрахункове зусилля розтягу на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності

$F_{t,Rd}$ розрахунковий опір розтягу на один болт

$N_{net,Rd}$ розрахунковий пластичний опір площі перерізу нетто

$B_{t,Rd}$ розрахунковий опір відносно

γ_{Mc} partial safety factor for resistance of concrete

$e_1 \rightarrow e_4$ edge distances

p, p_1, p_2 spacing between bolt holes

d diameter of fastener

d_0 hole diameter

$V_{eff,1,Rd}$ design block tearing resistance for concentric loading

$V_{eff,2,Rd}$ design block tearing resistance for eccentric loading

A_{nt} net area subject to tension

A_{nv} net area subject to shear

A_1 area of part of angle outside the bolt hole

β_2, β_3 reduction factors for connections in angles

$F_{v,Ed}$ design shear force per bolt for the ultimate limit state

$F_{v,Ed,ser}$ design shear force per bolt for the serviceability limit state

$F_{v,Rd}$ design shear resistance per bolt

$F_{b,Rd}$ design bearing resistance per bolt

$F_{s,Rd,ser}$ design slip resistance per bolt at the serviceability limit state

$F_{s,Rd}$ design slip resistance per bolt at the ultimate limit state

$F_{t,Ed}$ design tensile force per bolt for the ultimate limit state

$F_{t,Rd}$ design tension resistance per bolt

$N_{net,Rd}$ design resistance of section at bolt holes

$B_{t,Rd}$ design tension resistance of a bolt-

міцності на продавлювання	plate assembly
f_{ub} характеристична межа міцності матеріалу болта	f_{ub} characteristic ultimate strength of bolt material
f_{ur} характеристична межа міцності матеріалу заклепки	f_{ur} characteristic ultimate strength of rivet material
A_0 площа отвору	A_0 cross section area of the hole
A поперечний переріз болта брутто	A gross cross section of a bolt
A_s площа болта для розрахунку на розтяг	A_s tensile stress area of a bolt
k_2 коефіцієнт для опору розтягуванню болта	k_2 factor for tension resistance of a bolt
d_m середнє значення діаметрів головки болта або гайки між вершинами та гранями або, якщо використовуються шайби, зовнішній діаметр шайби (вибирається менший із цих розмірів)	d_m mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut or if washers are used the outer diameter of the washer, whichever is smaller
t_p товщина пластини під головкою болта або гайки	t_p thickness of the plate under the bolt head or the nut
$F_{p,c}$ зусилля попереднього напруження	$F_{p,c}$ preloading force
μ коефіцієнт проковзування	μ slip factor
n кількість поверхонь тертя	n number of friction interfaces
β_{Lf} знижувальний коефіцієнт для протяжного вузлового з'єднання	β_{Lf} reduction factor for long joint
L_j відстань між центрами кінцевих кріпильних деталей у протяжному вузлі	L_j distance between the centres of the end fasteners in a long joint
β_p знижувальний коефіцієнт для кріпильних деталей, що проходять через прокладки	β_p reduction factor for fasteners passing through packings
a, b товщина листа в штифтових з'єднаннях	a, b plate thickness in a pin connection
c зазор між листами в штифтовому з'єднанні	c gap between plates in a pin connection
f_w характеристична міцність металу шва	f_w characteristic strength of weld metal
σ_{\perp} нормальне напруження, перпендикулярне до осі зварного шва	σ_{\perp} normal stress perpendicular to weld axis
σ_{\parallel} нормальне напруження, паралельне осі зварного шва	σ_{\parallel} normal stress parallel to weld axis
τ, τ_{\parallel} напруження зсуву, паралельне осі зварного шва	τ, τ_{\parallel} shear stress parallel to weld axis
τ_{\perp} напруження зсуву, перпендикулярне до осі зварного шва	τ_{\perp} shear stress perpendicular to weld axis
γ_{Mw} частковий коефіцієнт безпеки для зварних з'єднань	γ_{Mw} partial safety factor for welded joints
L_w загальна довжина поздовжніх	L_w total length of longitudinal fillet weld

зварних швів

$L_{w,eff}$ ефективна довжина поздовжніх кутових швів

a ефективна товщина зварного шва

$\sigma_{haz,Ed}$ розрахункове нормальне напруження в ЗТВ, перпендикулярного до осі зварного шва

$\tau_{haz,Ed}$ розрахункове напруження зсуву в ЗТВ

$f_{v,haz}$ характеристична міцність при зсуві в ЗТВ

$L_{w,eff}$ effective length of longitudinal fillet weld

a effective throat thickness

$\sigma_{haz,Ed}$ design normal stress in HAZ, perpendicular to the weld axis

$\tau_{haz,Ed}$ design shear stress in HAZ

$f_{v,haz}$ characteristic shear strength in HAZ

Додаток А КЛАСИ ВИКОНАННЯ

U вживані марки

Додаток В ЕКВІВАЛЕНТ Т-ПОДІБНОЇ КОРОТКОЇ СТІЙКИ ПРИ РОЗТЯГУ

$F_{u,Rd}$ опір розтягу Т-подібної короткої стійки

B_u опір розтягу вузла зчленування болта з листом

B_o умовна міцність болта при межі пружності

A_s площа напруження болта

l_{eff} ефективна довжина

e_{min} мінімальна відстань від краю

m відстань від кромки лицьової поверхні шва до центру болта

Annex A EXECUTION CLASSES

U utilization grade

Annex B EQUIVALENT t-STUB IN TENSION

$F_{u,Rd}$ tension resistance of a T-stub flange

B_u tension resistance of a bolt-plate assembly

B_o conventional bolt strength at elastic limit

A_s stress area of bolt

l_{eff} effective length

e_{min} minimum edge distance

m distance from weld toe to centre of bolt

Додаток С ВИБІР МАТЕРІАЛІВ

$\sigma_{eq,Ed}$ еквівалент розрахункового напруження для виливків

$\sigma_{x,Ed}$ розрахункове напруження за напрямком осі x для виливків

$\sigma_{y,Ed}$ розрахункове напруження за напрямком осі y для виливків

$\tau_{xy,Ed}$ розрахункове напруження зсуву для виливків

σ_{Rd} розрахункове напруження опору для виливків

$\gamma_{Mo,c}, \gamma_{Mu,c}$ частковий коефіцієнт межі текучості та міцності виливків відповідно

Annex C MATERIALS SELECTION

$\sigma_{eq,Ed}$ equivalent design stress for castings

$\sigma_{x,Ed}$ design stress in x-axis direction for castings

$\sigma_{y,Ed}$ design stress in y-axis direction for castings

$\tau_{xy,Ed}$ design shear stress for castings

σ_{Rd} design resistance for castings

$\gamma_{Mo,c}, \gamma_{Mu,c}$ partial factors for yields strength and ultimate strength castings respectively

$\gamma_{M2,co}, \gamma_{M2,cu}$ частковий коефіцієнт для межі текучості і межі міцності на межу зм'яття болтів, заклепок у виливках

$\gamma_{Mp,co}, \gamma_{Mp,cu}$ частковий коефіцієнт для межі текучості і межі міцності на межу зм'яття штифтів у виливках

Додаток Е АНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТІ НАПРУЖЕННЯ – ДЕФОРМАЦІЯ

Умовні позначення наведені в Додатку

Додаток F РОБОТА ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗА МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ

α_0 коефіцієнт геометричної форми
 α_5, α_{10} узагальнювальні коефіцієнти форми, що відповідають величинам граничної кривизни $\chi_u = 5\chi_{el}$ та $\chi_u = 10\chi_{el}$

$\alpha_{M,red}$ корегуючий коефіцієнт для зварювального поперечного перерізу класу 1

Додаток G ГРАНИЧНИЙ КУТ ПОВОРОТУ ПЕРЕРІЗУ

λ_u гранична згинальна кривизна
 λ_{el} кривизна пружного згину ($= \chi_{0.2}$)
 ξ коефіцієнт пластичності
 M_0 пружний згинний момент, який відповідає досягненню точкою максимального руйнівного напруження
 m, k числові параметри
 R обертальна здатність
 θ_p, θ_{el} і θ_u пластичний поворот, еластичний поворот і максимальний пластичний поворот, відповідний граничній кривизні χ_u

Додаток H МЕТОД ПЛАСТИЧНОГО ШАРНИРА ДЛЯ НЕРОЗРІЗНИХ БАЛОК

η параметр, який залежить від коефіцієнта геометричної форми і умовно доступної ковкості матеріалу
 α_ξ коефіцієнт форми α_5 або α_{10}
 a, b, c коефіцієнти у виразі для η

$\gamma_{M2,co}, \gamma_{M2,cu}$ partial factors for yields strength and ultimate strength for bearing resistance of bolts, rivets in castings

$\gamma_{Mp,co}, \gamma_{Mp,cu}$ partial factors for yields strength and ultimate strength for bearing resistance of pins in castings

Annex E ANALYTICAL MODEL FOR STRESS-STRAIN RELATIONSHIP

The symbols are defined in the Annex

Annex F BEHAVIOR OF CROSS-SECTIONS BEYOND ELASTIC LIMIT

α_0 geometrical shape factor
 α_5, α_{10} generalized shape factors corresponding to ultimate curvature values $\chi_u = 5\chi_{el}$ and $\chi_u = 10\chi_{el}$

$\alpha_{M,red}$ correction factor for welded class 1 cross section

Annex G ROTATION CAPACITY

λ_u ultimate bending curvature
 λ_{el} elastic bending curvature ($= \chi_{0.2}$)
 ξ ductility factor
 M_0 elastic bending moment corresponding to the attainment of the proof stress f_0
 m, k numerical parameters
 R rotation capacity
 θ_p, θ_{el} and θ_u plastic rotation, elastic rotation and maximum plastic rotation corresponding to ultimate curvature χ_u

Annex H PLASTIC HINGE METHOD FOR CONTINUOUS BEAMS

η parameter depending on geometrical shape factor and conventional available ductility of the material
 α_ξ shape factor α_5 or α_{10}
 a, b, c coefficients in expression for η

*Додаток І ПОПЕРЕЧНО-КРУТИЛЬНА
ВТРАТА СТІЙКОСТІ БАЛОК ТА
КРУТИЛЬНА АБО КРУТИЛЬНО-ЗГИННА
ВТРАТА СТІЙКОСТІ СТИСНУТИХ
ЕЛЕМЕНТІВ*

I_t постійна кручення
 I_w постійна короблення
 I_z другий момент площі малої осі
 k_z кінцеві умови, які відповідають обмежувачам бічного зсуву
 k_w кінцеві умови, які відповідають обертанню навколо поздовжньої осі
 k_y кінцеві умови, які відповідають обмежувачам руху в площині навантаження
 κ_{wt} безрозмірний параметр кручення
 ζ_g відносно безрозмірна координата точки прикладення навантаження
 ζ_j відносно безрозмірна координата точки дотику навантаження
 μ_{cr} відносний безрозмірний поперечний переріз
 z_a моносиметричний параметр

 z_s відносно безрозмірний критичний момент
 z_g координата точки дотику навантаження, пов'язана з центроїдою
 z_j координата центру зсуву, пов'язана з центроїдою
 c координата точки дотику навантаження, пов'язана з центром зрушення
 ψ_f моносиметрична постійна
 h_f висота виступу
 h_s коефіцієнт моносиметрії

 I_{fc} відстань між центром зрушення верхньої полиці балки і центром зрушення нижньої полиці балки
 I_{ft} другий момент площі стиснення полиці балки навколо малої осі перерізу
 $C_1, C_2, C_3, C_{1,1}, C_{12}$ коефіцієнти у формулах для безрозмірного критичного моменту
 $N_{cr,y}, N_{cr,z}, N_{cr,T}$ пружно-згинальне деформаційне навантаження (осі $z-z$ і $y-y$) і деформаційне крутильне навантаження

*Annex I LATERAL TORSIONAL BUCKLING
OF BEAMS AND TORSIONAL OR FLEXU-
RAL-TORSIONAL BUCKLING OF COMP-
RESSION MEMBERS*

I_t torsion constant
 I_w warping constant
 I_z second moment of area of minor axis
 k_z end condition corresponding to restraints against lateral movement
 k_w end condition corresponding to rotation about the longitudinal axis
 k_y end condition corresponding to restraints against movement in plane of loading
 κ_{wt} non-dimensional torsion parameter
 ζ_g relative non-dimensional coordinate of the point of load application
 ζ_j relative non-dimensional cross section mono-symmetry parameter
 μ_{cr} relative non-dimensional critical moment
 z_a coordinate of the point of load application related to centroid
 z_s coordinate of the shear centre related to centroid
 z_g coordinate of the point of load application related to shear centre
 z_j mono-symmetry constant

 c depth of a lip
 ψ_f mono-symmetry factor
 h_f distance between centrelines of flanges
 h_s distance between shear centre of upper flange and shear centre of bottom flange
 I_{fc} second moment of area of the compression flange about the minor axis of the section
 I_{ft} second moment of area of the tension flange about the minor axis of the section
 $C_1, C_2, C_3, C_{1,1}, C_{12}$ coefficients in formulae for relative non-dimensional critical moment
 $N_{cr,y}, N_{cr,z}, N_{cr,T}$ elastic flexural buckling load ($y-y$ and $z-z$ axes) and torsional buckling load

i_s полярний радіус обертання
 α_{yw}, α_{zw} коефіцієнти в рівнянні для крутильної і крутильно-згинної деформації
 k, λ_i коефіцієнти у формулі для параметра відносної гнучкості $\bar{\lambda}_T$
 λ_0, s, X коефіцієнти для розрахунку λ_i

Додаток J ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ

β, δ, γ коефіцієнт потовщення і загинання
 b_{sh} ширина плоских частин поперечного перерізу
 α коефіцієнт потовщення і загинання, кут між плоскими частинами поперечного перерізу, що примикають до потовщень і загинання
 D діаметр кола, вписаного в потовщення і загинання

ПРИМІТКА. Система позначень для постійних величин поперечного перерізу приведена в J.4 і тут не повторюється

Додаток K ЕФЕКТ ЗАПІЗНЕННЯ ЗСУВУ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТА

b_{eff} розрахункова ширина для запізнення зсуву
 β_s коефіцієнт розрахункової ширини для запізнення зсуву
 κ умовне співвідношення ширини до довжини для полиці балки
 A_{st} площа всіх поздовжніх елементів жорсткості в межах половини ширини полиці балки
 $a_{st,l}$ відносна площа елементів жорсткості = площі ребер жорсткості, що ділиться на відстань від центру до центру елементів жорсткості
 s_e завантажена довжина в перетині між полицею і стінкою балки

Додаток L КЛАСИФІКАЦІЯ ВУЗЛІВ ТА З'ЄДНАНЬ

F навантаження, узагальнююче зусилля
 F_u граничне навантаження, граничне узагальнююче зусилля
 v узагальнена деформація

i_s polar radius of gyration
 α_{yw}, α_{zw} coefficients in equation for torsional and torsional-flexural buckling
 k, λ_i coefficients in formula for relative slenderness parameter $\bar{\lambda}_T$
 λ_0, s, X coefficients to calculate λ_i

Annex J PROPERTIES OF CROSS SECTIONS

β, δ, γ fillet or bulb factors
 b_{sh} width of flat cross section parts
 α fillet or bulb factor; angle between flat section parts adjacent to fillets or bulbs
 D diameter of circle inscribed in fillet or bulb

NOTE. Notations for cross section constants given in J.4 and are not repeated here

Annex K SHEAR LAG EFFECTS IN MEMBER DESIGN

b_{eff} effective width for shear lag
 β_s effective width factor for shear lag
 κ notional width-to-length ratio for flange
 A_{st} area of all longitudinal stiffeners within half the flange width
 $a_{st,l}$ relative area of stiffeners = area of stiffeners divided by centre to centre distance of stiffeners
 s_e loaded length in section between flange and web

Annex L CLASSIFICATION OF JOINTS

F load, generalized force force
 F_u ultimate load, ultimate generalized force
 v generalized deformation

v_u деформація, відповідна граничному узагальненому зусиллю

v_u deformation corresponding to ultimate generalized force

Додаток М КЛЕЙОВІ З'ЄДНАННЯ

Annex M ADHESIVE BONDED CONNECTION

$f_{v,adh}$ характеристичні величини опору зсуву склеювальних речовин

$f_{v,adh}$ characteristic shear strength values of adhesives

τ середнє зсувне напруження в шарі клейових речовин

τ average shear stress in the adhesive layer

γ_{Ma} коефіцієнт матеріалу для клейових з'єднань

γ_{Ma} material factor for adhesive bonded joint

1.7 УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОСЕЙ ЕЛЕМЕНТА

1.7 CONVENTIONS FOR MEMBER AXES

(1) Загальні позначення для осей елемента мають такий вигляд:

(1) In general the convention for member axes is:

$x - x$ вісь вздовж елемента

$x - x$ along the member

$y - y$ вісь поперечного перерізу

$y - y$ axis of the cross-section

$z - z$ вісь поперечного перерізу

$z - z$ axis of the cross-section

(2) Для алюмінієвих елементів позначення, використані для характеристики осей поперечного перерізу, мають наступний вигляд:

(2) For aluminium members, the conventions used for cross-section axes are:

– загальні:

– generally:

$y - y$ вісь поперечного перерізу, паралельна полицям балки

$y - y$ cross-section axis parallel to the flanges

$z - z$ вісь поперечного перерізу, перпендикулярна до полиць балки

$z - z$ cross-section axis perpendicular to the flanges

– для кутових перерізів:

– for angle sections:

$y - y$ вісь, паралельна меншій стороні

$y - y$ axis parallel to the smaller leg

$z - z$ вісь, перпендикулярна до меншої сторони

$z - z$ axis perpendicular to the smaller leg

– у разі необхідності:

– where necessary:

$u - u$ основна вісь із максимальним моментом інерції (у разі незбігу з віссю $y - y$)

$u - u$ major principal axis (where this does not coincide with the $y-y$ axis)

$v - v$ основна вісь із мінімальним моментом інерції (у разі незбігу з віссю $z - z$)

$v - v$ minor principal axis (where this does not coincide with the $z-z$ axis)

(3) Позначення для розмірів та осей алюмінієвих профілів наведені на рисунку 1.1.

(3) The symbols used for dimensions and axes of aluminium sections are indicated in Figure 1.1.

(4) Вирази, що використовуються для підпису підписів, які позначають моменти, мають такий зміст «Користуйтесь віссю, навколо якої діє момент».

(4) The convention used for subscripts, which indicate axes for moments is: "Use the axis about which the moment acts."

ПРИМІТКА. Всі правила, що містяться у цьому Єврокодi, стосуються властивостей головних осей,

NOTE. All rules in this Eurocode relate to principal axis properties, which are generally defined by the axes

які, як правило, визначаються осями у-у та z-z для симетричних перерізів або осями u-u та z-z для несиметричних перерізів, таких як кутики.

1.8 СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВИКОНАННЯ РОБІТ

(1) Специфікація на виконання робіт повинна бути розроблена таким чином, щоб у ній містилась вся технічна інформація, необхідна для виконання робіт. Ця інформація повинна містити клас(си) виконання незалежно від того, чи застосовуються будь-які ненормативні відхилення від prEN 1090-3, а також геометричні дані та властивості матеріалів, які використовуються в елементах та вузлах, типи та розміри фіксаторів, вимоги щодо зварювання та виконання робіт, причому prEN 1090-3 містить контрольний перелік даних, що надаються.

y-y and z-z for symmetrical sections and by the u-u and v-v axis for unsymmetrical section such as angles.

1.8 SPECIFICATION FOR EXECUTION OF THE WORK

(1) A specification for execution of the work should be prepared that contains all necessary technical information to carry out the work. This information should include execution class(es), whether any non-normative tolerances in prEN 1090-3 should apply, complete geometrical information and of materials to be used in members and joints, types and sizes of fasteners, weld requirements and requirements for execution of work. prEN 1090-3 contains a checklist for information to be provided.

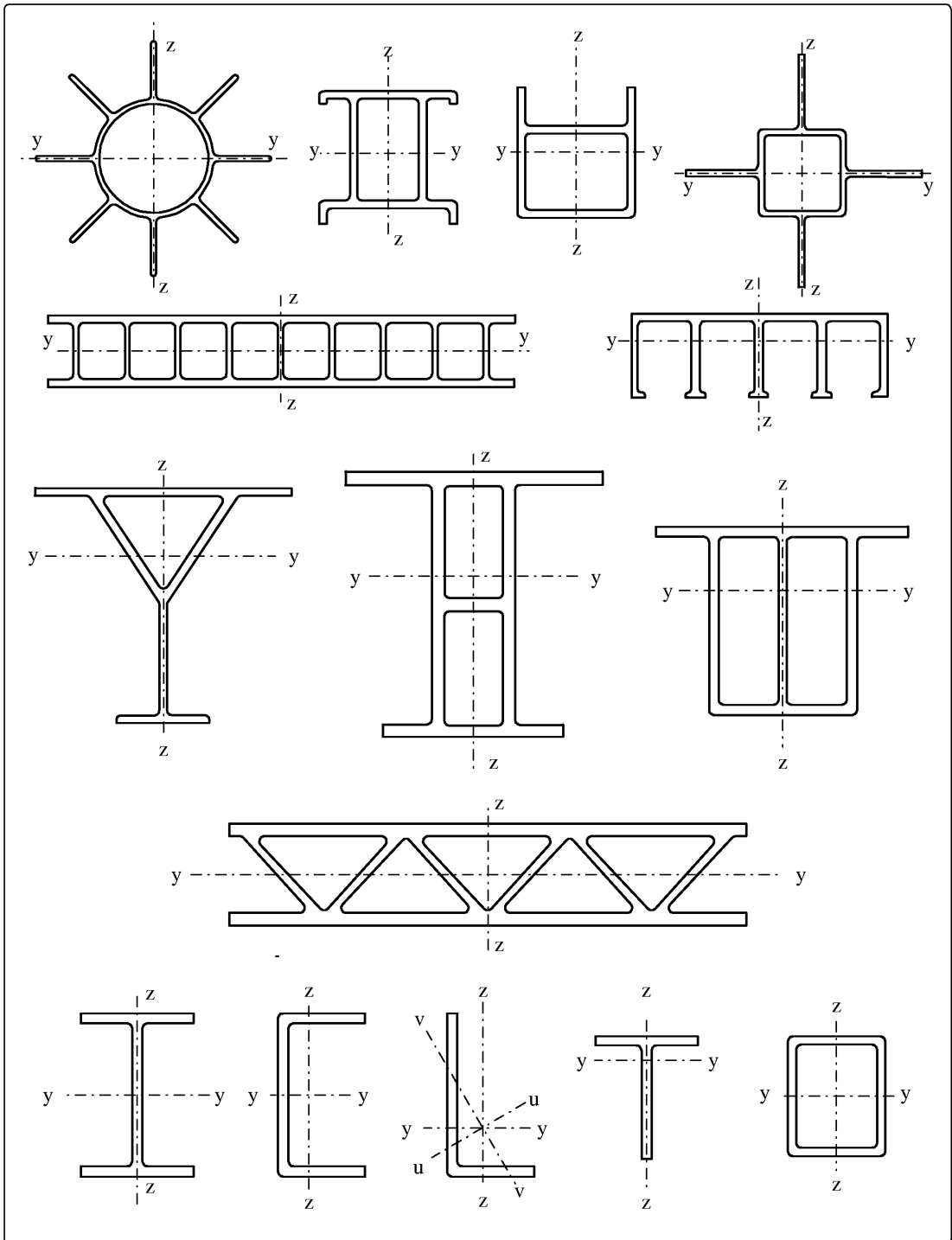


Рисунок 1.1 Визначення осей для різних поперечних перерізів

Figure 1.1 Definition of axes for various cross-sections

2 ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 ВИМОГИ

2.1.1 Основні вимоги

(1)Р Проектування алюмінієвих конструкцій повинно здійснюватись у відповідності з EN 1990.

(2)Р Додаткові положення щодо алюмінієвих конструкцій, які наведені в цьому розділі, також повинні застосовуватись.

(3)Р Основні вимоги розділу 2 EN 1990 мають застосовуватися в тих випадках, якщо використовуються положення про граничний стан у поєднанні з методом часткових коефіцієнтів, комбінаціями навантажень, наведеними в EN 1990, та впливами, наведеними в EN 1991.

(4)Р Слід керуватися правилами щодо стійкості, працездатності і довговічності, які містяться в різних частинах EN 1999.

2.1.2 Управління надійністю

(1) У разі застосування різних рівнів надійності, ці рівні належить забезпечувати переважно через проектування і виконання відповідно до EN 1990 та prEN 1090-3.

(2) Алюмінієві конструкції та їх елементи класифікуються за рівнями їх виконання (див. Додаток А до цього стандарту).

(3) Процес виконання здійснюється відповідно до prEN 1090-1 і prEN 1090-3. У специфікацію на виконання робіт необхідно включати вимоги prEN 1090-3.

ПРИМІТКА. Вимоги, обумовлені prEN 1090, наведено в Національному додатку.

2 BASIS OF DESIGN

2.1 REQUIREMENTS

2.1.1 Basic requirements

(1)P The design of aluminium structures shall be in accordance with the general rules given in EN 1990.

(2)P The supplementary provisions for aluminium structures given in this section shall also be applied.

(3)P The basic requirements of EN 1990 section 2 shall be deemed to be satisfied where limit state design is used in conjunction with the partial factor method and the load combinations given in EN 1990 together with the actions given in EN 1991.

(4)P The rules for resistances, serviceability and durability given in the various parts of EN 1999 should be applied.

2.1.2 Reliability management

(1) Where different levels of reliability are required, these levels should be achieved by an appropriate choice of quality management in design and execution, according to EN 1990, prEN 1090-3.

(2) Aluminium structures and components are classified in execution classes, see Annex A of this standard.

(3) The execution should be carried out in accordance with prEN 1090-1 and prEN 1090-3. The information, which prEN 1090-3 requires to be included in the execution specification, should be provided.

NOTE. Options allowed by prEN 1090 may be specified in a National Annex to EN 1999-1-1 to suit the reliability level

2.1.3 Проектний термін експлуатації, довговічність і міцність

(1) Залежно від типу навантажень, які впливають на довговічність і проектний термін експлуатації (див. EN 1990), алюмінієві конструкції поділяються на такі види:

- розраховані на корозію (див. розділ 4);
- розраховані на втоми (див. EN 1999-1-3);
- розраховані на спрацювання;
- розраховані на випадкові впливи (див. EN 1991-1-7);
- ті, що підпадають під контроль і технічне обслуговування.

ПРИМІТКА 1. Рекомендації щодо врахування корозії наведено в Додатках С і D та в Національному додатку.

ПРИМІТКА 2. Вимоги щодо втоми див. у EN 1999-1-3.

2.2 Принципи проектування за граничними станами

(1) Опірність поперечних перерізів і елементів, перерахованих у даному стандарті EN 1999-1-1, при граничних станах за втратою несучої здатності, визначених у EN 1990, ґрунтується на спрощених проектних моделях з відомими результатами проведених експериментальних досліджень.

(2) Опірність, обумовлена в цьому стандарті, може бути використана також у випадках використання даних для матеріалів, наведених у розділі 3.

2.3 ОСНОВНІ ЗМІННІ

2.3.1 Навантаження та впливи навколишнього середовища

(1) Впливи при проектуванні алюмінієвих конструкцій повинні враховуватися на підставі EN 1991. Щодо поєднання впливів і часткових коефіцієнтів цих впливів див. Додаток А до EN 1990.

ПРИМІТКА. Навантаження і впливи, що повинні

2.1.3 Design working life, durability and robustness

(1) Depending on the type of action affecting durability and the design working life (see EN 1990) aluminium structures should as applicable be:

- designed for corrosion (see Section 4);
- designed for sufficient fatigue life (see EN 1999-1-3);
- designed for wearing;
- designed for accidental actions (see EN 1991-1-7);
- inspected and maintained.

NOTE 1. Recommendations for the design for corrosion are given in Annex C and Annex D.

NOTE 2. Requirements for fatigue, see EN 1999-1-3.

2.2 Principles of limit state design

(1) The resistances of cross sections and members specified in this EN 1999-1-1 for the ultimate limit states as defined in EN 1990 are based on simplified design models of recognised experimental evidence.

(2) The resistances specified in this EN 1999-1-1 may therefore be used where the conditions for materials in section 3 are met.

2.3 BASIC VARIABLES

2.3.1 Actions and environmental influences

(1) Actions for the design of aluminium structures should be taken from EN 1991. For the combination of actions and partial factors of actions see Annex A to EN 1990.

NOTE. The National Annex may define actions for

враховуватись при проектуванні, слід приймати на основі Національного додатка України № 1.

(2) Впливи, які виникають на стадії монтажу, повинні враховуватися на підставі EN 1991-1-6.

(3) При необхідності врахування абсолютного і відносних осідань основи, слід використовувати найгірші їх комбінації.

(4) Наслідки нерівномірних осідань, деформацій або інших видів попереднього напруження, що виникають у процесі монтажу, слід враховувати за їхніми номінальними величинами P_k , групуючи їх із наслідками інших постійних впливів G_k як одне навантаження ($P_k + G_k$).

(5) Навантаження, що викликають втому, не зазначені в EN 1991, слід визначати у відповідності з EN 1999-1-3.

2.3.2 Властивості матеріалів і виробів

(1) Властивості матеріалів з алюмінію та інших будівельних виробів, а також геометричні параметри, які використовуються при проектуванні, повинні бути специфіковані у відповідних ENs, ETAGs або ETAs, за винятком зазначених у даному стандарті.

2.4 ПЕРЕВІРКА МЕТОДОМ КОЕФІЦІЄНТІВ НАДІЙНОСТІ

2.4.1 Розрахункові значення властивостей матеріалів

(1)P У цьому стандарті містяться характеристичні X_k та номінальні X_n значення властивостей матеріалу для розрахунків алюмінієвих конструкцій.

2.4.2 Розрахункові значення геометричних даних

(1) Номінальні величини геометричних параметрів для поперечних перерізів та систем слід приймати за специфікаціями на

particular regional or climatic or accidental situations.

(2) The actions to be considered in the erection stage should be obtained from EN 1991-1-6.

(3) Where the effects of predicted absolute and differential settlements need be considered best estimates of imposed deformations should be used.

(4) The effects of uneven settlements or imposed deformations or other forms of prestressing imposed P_k as permanent action and grouped with other permanent actions G_k to a single action ($P_k + G_k$). during erection should be taken into account by their nominal value

(5) Fatigue loading not defined in EN 1991 should be determined according to EN 1999-1-3.

2.3.2 Material and product properties

(1) Material properties for aluminium and other construction products and the geometrical data to be used for design should be those specified in the relevant ENs, ETAGs or ETAs unless otherwise indicated in this standard.

2.4 VERIFICATION BY THE PARTIAL FACTOR METHOD

2.4.1 Design value of material properties

(1)P For the design of aluminium structures characteristic value X_k or nominal values X_n of material property shall be used as indicated in this Eurocode.of material

2.4.2 Design value of geometrical data

(1) Geometrical data for cross sections and systems may be taken from product standards or drawings for the execution according to

вироби або у відповідності з робочими кресленнями.

(2) Розрахункові величини допусків на геометричні розміри у відповідності з даним стандартом мають враховувати впливи від:

– геометричних неточностей елементів, які обумовлені геометричними допусками у виробничих стандартах або нормах на виготовлення;

– дефектів конструкцій, що виникли під час виготовлення та монтажу, від залишкового напруження, змін границь текучості і зон, які піддаються тепловому впливу.

2.4.3 Розрахункові значення опорів

(1) Для алюмінієвих конструкцій застосовується рівняння (6.6c) або (6.6d) з EN 1990:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_M} R_k (\eta_l X_{k1}; \eta_l X_{ki}; a_d) , \quad (2.1)$$

де:

R_k – характеристичне значення опору поперечного перерізу або елемента, який визначається за характеристичними або номінальними величинами властивостей матеріалу та розмірів поперечного перерізу;

γ_M – коефіцієнт надійності для матеріалу.

ПРИМІТКА. Значення η_l , η_i , X_{k1} , X_{ki} , ad наведені в EN 1990.

2.4.4 Перевірка статичного стану рівноваги (PIB)

(1) Методика для перевірки статичного стану рівноваги (див. таблицю 1.2 (A) Додатка А до EN 1990) застосовується також в аналогічних ситуаціях, наприклад, для розрахунку фіксувальних анкерів або для перевірки підняття вертикальних опор нерозрізних балок.

2.5 РОЗРАХУНОК, ЩО СУПРОВОДЖУЄТЬСЯ ТЕСТУВАННЯМ

(1) Опори R_k у даному стандарті були

prEN 1090-3 and treated as nominal values.

(2) Design values of geometrical imperfections specified in this standard comprise

– the effects of geometrical imperfections of members as governed by geometrical tolerances in product standards or the execution standard.

– the effects of structural imperfections from fabrication and erection, residual stresses, variations of the yield strength and heat-affected zones.

2.4.3 Design resistances

(1) For aluminium structures equation (6.6c) or equation (6.6d) of EN 1990 applies:

where:

R_k – is the characteristic value of resistance of a cross section or member determined with characteristic or nominal values for the material properties and cross sectional dimensions;

γ_M – is the global partial factor for the particular resistance.

NOTE. The definition of η_l , η_i , X_{k1} , X_{ki} , ad see EN 1990.

2.4.4 Verification of static equilibrium (EQU)

(1) The reliability format for the verification of static equilibrium in Table 1.2 (A) in Annex A of EN 1990 also applies to design situations equivalent to (EQU), e.g. for the design of holding down anchors or the verification of up lift of bearings of continuous beams.

2.5 DESIGN ASSISTED BY TESTING

(1) The resistances R_k in this standard

визначені з використанням Додатка D до EN 1990.

(2) У рекомендованих класах постійних часткових коефіцієнтів γ_{Mi} характеристичне значення R_k було отримано з наступної формули:

$$R_k = R_d \cdot \gamma_{Mi}, \quad (2.2)$$

де:

R_d – розрахункові значення опору відповідно до Додатка D EN 1990;

γ_{Mi} – рекомендовані часткові коефіцієнти.

ПРИМІТКА 1. Числові значення рекомендованих часткових коефіцієнтів γ_{Mi} , визначені таким чином, що R_k є орієнтовно 5 % – фрактилями при невизначеній кількості випробувань.

ПРИМІТКА 2. Характеристичні значення границь і часткових коефіцієнтів втомі γ_{Mi} беруться з EN 1999-1-3.

(3) Там, де опір R_k для попередньо виготовлених виробів визначається за допомогою випробувань.

have been determined using Annex D of EN 1990

(2) In recommending classes of constant partial factors γ_{Mi} the characteristic values R_k were obtained from

where:

R_d - are design values according to Annex D of EN 1990;

γ_{Mi} - are recommended partial factors.

NOTE 1. The numerical values of the recommended partial factors γ_{Mi} have been determined such that R_k represents approximately the 5 %-fractile for an infinite number of tests.

NOTE 2. For γ_{Mi} f or fatigue see EN 1999-1-3.

(3) Where resistances R_k for prefabricated should be followed.

3 МАТЕРІАЛИ

3.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

(1) У цьому розділі наведено характеристичні значення властивостей матеріалів. Вони базуються на мінімальних величинах, наведених у відповідних стандартах на продукцію.

(2) Інші дані про властивості матеріалів наведені в 1.2.1 ENs.

3.2 КОНСТРУКЦІЙНИЙ АЛЮМІНІЙ

3.2.1 Номенклатура матеріалів

(1) Цей Європейський стандарт стосується проектування конструкцій з деформівних алюмінієвих сплавів, зазначених у таблиці 3.1a, та з ливарних алюмінієвих сплавів – таблиця 3.1b.

ПРИМІТКА. Додаток С містить подальшу інформацію щодо конструкцій з ливарних алюмінієвих сплавів.

Таблиця 3.1a Деформівні алюмінієві конструкційні сплави
Table 3.1a Wrought aluminium alloys for structures

Позначення сплаву Alloy designation		Форма виробу Form of product	Ступінь довговічності ³⁾ Durability rating ³⁾
Цифрове Numerical	Хімічний склад Chemical symbols		
EN AW-3004	EN AW-AlMnMg1	SH, ST, PL	A
EN AW-3005	EN AW-AlMnMg0,5	SH, ST, PL	A
EN AW-3103	EN AW-AlMn	SH, ST, PL, ET, EP, ER/B	A
EN AW-5005 / 5005A	EN AW-AlMg(B) / (C)	SH, ST, PL	A
EN AW-5049	EN AW-AlMg2Mn0,8	SH, ST, PL	A
EN AW-5052	EN AW-A1 Mg2,5	SH, ST, PL, ET ²⁾ , EP ²⁾ , ER/B, DT	A
EN AW-5083	EN AW-A1 Mg4,5Mn0,7	SH, ST, PL, ET ²⁾ , EP ²⁾ , ER/B, DT, FO	A ¹⁾
EN AW-5454	EN AW-A1 Mg3Mn	SH, ST, PL, ET ²⁾ , EP ²⁾ , ER/B	A
EN AW-5754	EN AW-A1 Mg3	SH, ST, PL, ET ²⁾ , EP ²⁾ , ER/B, DT, FO	A
EN AW-6060	EN AW-A1 MgSi	ET, EP, ER/B, DT	B
EN AW-6061	EN AW-AlMg1SiCu	SH, ST, PL, ET, EP, ER/B, DT	B
EN AW-6063	EN AW-A1 Mg0,7Si	ET, EP, ER/B, DT	B
EN AW-6005A	EN AW-A1 SiMg(A)	ET, EP, ER/B	B
EN AW-6082	EN AW-Al Si1MgMn	SH, ST, PL, ET, EP, ER/B, DT, FO	B
EN AW-6106	EN AW-AlMgSiMn	EP	B
EN AW-7020	EN AW-AlZn4,5Mg1	SH, ST, PL, ET, EP, ER/B, DT	C
EN AW-8011A	EN AW-AlFeSi	SH, ST, PL	B
Ключові позначення			

3 MATERIALS

3.1 GENERAL

(1) The material properties given in this section are specified as characteristic values. They are based on the minimum values given in the relevant product standard.

(2) Other material properties are given in the ENs listed in 1.2.1.

3.2 STRUCTURAL ALUMINIUM

3.2.1 Range of materials

(1) This European standard covers the design of structures fabricated from aluminium alloy material listed in Table 3.1a for wrought alloys conforming to the ENs listed in 1.2.3.1. For the design of structures of cast aluminium alloys given in Table 3.1b, see 3.2.3.1.

NOTE. Annex C gives further information for the design of structures of cast aluminium alloys

Позначення сплаву Alloy designation		Форма виробу Form of product	Ступінь довговічності ³⁾ Durability rating ³⁾
Цифрове Numerical	Хімічний склад Chemical symbols		
Key			
SH	- Тонкий лист (EN 485) - Sheet (EN 485)	ER/B	- Пресовані стрижні і прутти (EN 755) - Extruded Rod and Bar (EN 755)
ST	- Стрічка (EN 485) - Strip (EN 485)	DT	- Тягнуті труби (EN 754) - Drawn Tube (EN 754)
PL	- Товстий лист (EN 485) - Plate (EN 485)	FO	- Ковані вироби (EN 586) - Forgings (EN 586)
ET	- Пресовані труби (EN 755) - Extruded Tube (EN 755)	¹⁾ Див. Додаток С: C2.2.2(2) ¹⁾ See Annex C: C2.2.2(2)	
EP	- Штамповані труби (EN 755) - Extruded Profiles (EN 755)	²⁾ Тільки прості, суцільні (відкриті) пресовані профілі або тонкостінні труби, виготовлені з використанням оправки (безшовні) ²⁾ Only simple, solid (open) extruded sections or thick-walled tubes over a mandrel (seamless) ³⁾ Див. 4, Додаток С і Додаток D. ³⁾ See 4, Annex C and Annex D.	

Таблиця 3.1b Ливарні алюмінієві конструкційні сплави
Table 3.1b Cast aluminium alloys for structures

Позначення сплаву Alloy designation		Ступінь довговічності ¹⁾ Durability rating ¹⁾
Цифрове Numerical	Хімічний склад Chemical symbols	
EN AC-42100	EN AC-A1 Si7Mg0,3	B
EN AC-42200	EN AC-A1 Si7Mg0,6	B
EN AC-43000	EN AC-A1 Si10Mg(a)	B
EN AC-43300	EN AC-A1Si9Mg	B
EN AC-44200	EN AC-A1 Si12(a)	B
EN AC-51300	EN AC-A1 Mg5	A
¹⁾ див.4, Додаток С і Додаток D		
¹⁾ see 4, Annex C and Annex D		

ПРИМІТКА 1. Щодо інших сплавів з алюмінію див. Національний Додаток.

NOTE 1. For other aluminium alloys and temper than those listed, see the National Annex.

ПРИМІТКА 2. Рекомендації щодо вибору алюмінієвих сплавів див. у Додатку С.

NOTE 2. For advice on the selection of aluminium alloys see Annex C.

3.2.2 Властивості деформівних алюмінієвих сплавів

3.2.2 Material properties for wrought aluminium alloys

(1) Характеристичні значення умовної межі текучості f_o (визначені з використанням нелінійної частки відносного видовження на рівні 0,2 %) і f_u межі міцності на розтяг для деформівних алюмінієвих сплавів у залежності від ступеня твердості і товщини наведені в таблиці 3.2a для виробів з тонкого листа, стрічок і товстого листа; для пресованих прутів/стрижнів, пресованих труб і пресованих профілів, а також тягнутих труб у таблиці 3.2b, а кованих виробів – у таблиці 3.2c. Значення, наведені в таблицях 3.2a, b та c, а також в таблицях 3.3, 3.4 (тільки для кріпильних деталей алюмінію), застосовуються для

(1) Characteristic values of the 0,2% proof strength f_o and the ultimate tensile strength f_u for wrought aluminium alloys for a range of tempers and thicknesses are given in Table 3.2a for sheet, strip and plate products; Table 3.2b for extruded rod/bar, extruded tube and extruded profiles and drawn tube and Table 3.2c for forgings. The values in Table 3.2a, b and c, as well as in Table 3.3 and Table 3.4 (for aluminium fasteners only) are applicable for structures subject to service temperatures up to 80 °C.

конструкцій, які зазнають робочих температур до 80 °С.

ПРИМІТКА. Властивості матеріалів для електрозварюваних труб відповідно до EN 1592-1 до 4 для застосування в області будівництва, не містяться в даному стандарті.

(2) Для робочих температур у діапазоні від 80 °С до 100 °С необхідно враховувати явище зниження міцності.

ПРИМІТКА 1. Національний додаток України містить норми і правила щодо зниження характеристичних значень і їх застосування. За наявності температур у діапазоні від 80 °С до 100 °С рекомендується застосовувати наступний порядок дій:

Усі характеристичні значення опору алюмінію ($f_o, f_u, f_{o,haz}$ і $f_{u,haz}$) можуть бути зменшені за формулою:

$$X_{KT} = [1 - k_{100}(T - 80)/20] X_k, \quad (3.1)$$

де:

X_k – характеристичне значення властивостей міцності матеріалів;

X_{KT} – характеристичне значення властивостей міцності матеріалів при температурі T між 80°C і 100 °С;

T – найвища температура, за якої працює конструкція;

$k_{100} = 0,1$ – для сплавів із механічним зміцненням (3xxx-сплави, 5xxx-сплави та EN AW 8011A);

$k_{100} = 0,2$ – для матеріалів із дисперсійним зміцненням (6xxx-сплави та EN AW-7020).

При 100 °С для всіх алюмінієвих сплавів, як правило, застосовується клас втрати стійкості В. Для температур у діапазоні від 80 °С до 100 °С необхідно виконати інтерполяцію між класом А і класом В.

ПРИМІТКА 2. У діапазоні від 80 °С до 100 °С зменшення значень міцності підлягає відновленню, тобто матеріал зберігає свою міцність, якщо температура падає. Для температур понад 100 °С зниження модуля пружності і в залежності від додаткового часу також не підлягає відновленню при зниженні міцності, що необхідно враховувати.

(3) Характеристичні значення умовної межі текучості $f_{o,haz}$ і межі міцності на розтяг $f_{u,haz}$ для зони, що зазнає теплового впливу, які наведені в таблицях 3.2а, 3.2б, 3.2с, знижувальні коефіцієнти (див. 6.1.6),

NOTE. Product properties for electrically welded tubes according to EN 1592-1 to 4 for structural applications are not given in this standard. The National Annex may give rules for their application. Buckling class B is recommended.

(2) For service temperatures between 80°C and 100 °C reduction of the strength should be taken in account.

NOTE 1. The National Annex may give rules for the reduction of the characteristic values to be applied. For temperatures between 80 °C and 100 °C the following procedure is recommended:

All characteristic aluminium resistance values ($f_o, f_u, f_{o,haz}$ і $f_{u,haz}$) may be reduced according to

where:

X_k – is the characteristic value of a strength property of a material;

X_{KT} – is the characteristic strength value for the material at temperature T between 80°C and 100 °C;

T – is the highest temperature the structure is operating;

$k_{100} = 0,1$ – for strain hardening alloys (3xxx-alloys, 5xxx-alloys and EN AW 8011 A);

$k_{100} = 0,2$ – for precipitation hardening material (6xxx-alloys and EN AW-7020).

At 100 °C generally Buckling Class B is applicable for all aluminium alloys. For temperatures between 80 °C and 100 °C interpolation between Class A and Class B should be done.

NOTE 2. Between 80 °C and 100 °C the reduction of the strength values is recoverable, e.g. the materials regain its strength when the temperature is dropping down. For temperatures over 100 °C also a reduction of the elastic modulus and additionally time depending, not recoverable reductions of strength should be considered.

(3) Characteristic values for the heat affected zone (0,2 % proof strength) $f_{o,haz}$ and ultimate tensile strength $f_{u,haz}$ are also given in Table 3.2a to 3.2c and also reduction factors (see 6.1.6), buckling class (used in 6.1.4 and

клас втрати стійкості (розділи 6.1.4 і 6.3.1) можуть аналізуватися у відповідності з залежністю Рамберга-Осгуда для розрахунків у пластичній стадії.

6.3.1) and exponent in Ramberg-Osgood expression for plastic resistance.

Таблиця 3.2а Характеристичні значення умовної межі текучості f_0 , межі міцності на розтяг f_u (незварні елементи та в зоні термічного впливу), мінімальне подовження A , поправкові коефіцієнти $\rho_{0,haz}$ і $\rho_{u,haz}$ для показників міцності у зоні термічного впливу (ЗТВ), клас втрати стійкості та показник n_p для оброблених тиском алюмінієвих сплавів - тонкий лист, стрічка, товстий лист

Сплав EN-AW	Ступінь твердості ¹⁾	Товщина мм ¹⁾	f_0 ¹⁾	f_u	A_{50} ¹⁾⁶⁾ %	$f_{0,haz}$ ²⁾	$f_{u,haz}$ ²⁾	ЗТВ ²⁾		BC ⁴⁾	n_p ^{1),5)}						
			Н/мм ²			Н/мм ²		$\rho_{0,haz}$ ¹⁾	$\rho_{u,haz}$								
3004	H14 H24/H34	≤ 6 3	180 170	220	1 3	75	155	0,42 0,44	0,70	B	23 18						
	H16 H26/H36	≤ 4 3	200 190	240	1 3			0,38 0,39	0,65			B	25 20				
3005	H14 H24	≤ 6 3	150 130	170	1 4	56	115	0,37 0,43	0,68	B	38 18						
	H16 H26	≤ 4 3	175 160	195	1 3			0,32 0,35	0,59			B	43 24				
3103	H14 H24	≤25 12,5	120 110	140	2 4	44	90	0,37 0,40	0,64	B	31 20						
	H16 H26	≤ 4	145 135	160	1 2			0,30 0,33	0,56			B	48 28				
5005/ 5005A	O/H111	≤ 50	35	100	15	35	100	1	1	B	5						
	H12 H22/H32	≤ 12,5	95 80	125	2 4	44	100	0,46 0,55	0,80			B	18 11				
	H14 H24/H34	≤ 12,5	120 110	145	2 3			0,37 0,40	0,69					B	25 17		
5052	H12 H22/H32	≤ 40	160 130	210	4 5	80	170	0,50 0,62	0,81	B	17 10						
	H14 H24/H34	≤ 25	180 150	230	3 4			0,44 0,53	0,74			B	19 11				
5049	O/H111	≤ 100	80	190	12	80	190	1	1	B	6						
	H14 H24/H34	≤ 25	190 160	240	3 6	100	190	0,53 0,63	0,79			B	20 12				
5454	O/H111	≤ 80	85	215	12	85	215	1	1	B	5						
	H14 H24/H34	≤ 25	220 200	270	2 4	105	215	0,48 0,53	0,80			B	22 15				
5754	O/H111	≤ 100	80	190	12	80	190	1	1	B	6						
	H14 H24/H34	≤ 25	190 160	240	3 6	100	190	0,53 0,63	0,79			B	201 12				
5083	O/H111	≤ 50	125	275	11	125	275	1	1	B	6						
		50 < t ≤ 80	115	270	14 ³⁾	115	270					B					
	H12 H22/H32	≤ 40	250 215	305	3 5	155	275	0,62 0,72	0,90	B			22 14				
	H14 H24/H34	≤ 25	280 250	340	2 4			0,55 0,62	0,81			A		22 14			
6061	T4/T451	≤ 12,5	110	205	12	95	150	0,86	0,73	B	8						
	T6/T651	≤ 12,5	240	290	6	115	175	0,48	0,60			A	23				
	T651	12,5 < t ≤ 80	240	290	6 ³⁾												
6082	T4/T451	≤ 12,5	110	205	12	100	160	0,91	0,78	B	8						
	T61/T6151	≤ 12,5	205	280	10			0,61	0,66			A	15				
	T6151	12,5 < t ≤ 100	200	275	12 ³⁾			0,63	0,67					A	14		
	T6/T651	≤ 6	260	310	6			125	185							0,48	0,60
		6 < t ≤ 12,5	255	300	9											0,49	0,62
T651	12,5 < t ≤ 100	240	295	7 ³⁾	0,52	0,63	A	21									
7020	T6	≤ 12,5	280	350	7	205			280	0,73	0,80	A	19				
	T651	≤ 40			9 ³⁾												
8011A	H14 H24	≤ 12,5	110 100	125	2 3	37	85	0,34 0,37	0,68	B	37 22						
	H16 H26	≤ 4	130 120	145	1 2			0,28 0,31	0,59			B	33 33				

¹⁾ Якщо в одному рядку наведені дві або три марки сплавів за способом зміцнення, то марки, розділені знаком “|”, мають різні значення технічних характеристик, тоді як розділені знаком “/” мають однакові значення цих характеристик (марки відрізняються значеннями f_0 , A та n_p).

²⁾ Значення для пришовних зон термічного впливу вірні для напівавтоматичного зварювання в середовищі інертного газу (МІГ) та для товщин зварюваних деталей до 15 мм. У випадку ручного зварювання неплавким електродом в середовищі інертного газу (ВІГ) механічно зміцнених сплавів (маркування 3xxx, 5xxx та 8011 А) при товщинах до 6 мм застосовуються ті самі значення, але при зварюванні цим методом дисперсійно зміцнених сплавів (маркування 6xxx та 7xxx) з товщинами до 6 мм значення $f_i \rho$ для пришовних зон необхідно помножити на коефіцієнт 0,8. Для більших товщин, якщо не вказано інше, значення $f_i \rho$ для пришовних зон підлягають подальшому

зменшенню з урахуванням коефіцієнта 0,8 для сплавів дисперсійного зміцнення (6xxx і 7xxx) та з урахуванням коефіцієнта 0,9 для механічно зміцнених сплавів (3xxx, 5xxx та 8011A). Ці коефіцієнти не застосовуються до відпалених сплавів (маркування O).

³⁾ За основу взяте $A (= A_{5,65\sqrt{A_0}})$, а не A_{50} .

⁴⁾ KB = клас втрати стійкості, див. 6.1.4.4, 6.1.5 та 6.3.1.

⁵⁾ Значення показника n у залежності Рамберга-Осгуда для розрахунків у пластичній стадії.

⁶⁾ Вказані мінімальні значення подовження не застосовуються у всьому діапазоні товщин, а головним чином у випадку тонших матеріалів. Детально див. документ EN 485-2.

Table 3.2a Characteristic values of 0,2% proof strength f_0 , ultimate tensile strength f_u (unwelded and for HAZ), min elongation A , reduction factors $\rho_{0,haz}$ and $\rho_{u,haz}$ in HAZ, buckling class and exponent n_p for wrought aluminium alloys - Sheet, strip and plate

Alloy EN-AW	Temper ¹⁾	Thickness. mm ¹⁾	f_0 ¹⁾	f_u	A_{50} ¹⁾⁶⁾ %	$f_{0,haz}$ ²⁾	$f_{u,haz}$ ²⁾	HAZ-factor ²⁾		BC ⁴⁾	n_p ^{1),5)}
			N/mm ²	N/mm ²		$\rho_{0,haz}$ ¹⁾	$\rho_{u,haz}$				
3004	H14 1 H24/H34	<6I3	180 1	220	1 3	75	155	0,42 1 0,44	0,70	B	23 118
	H16 1 H26/H36	<4I3	2001 190	240	1 3			0,38 1 0,39	0,65	B	25 120
3005	H14 1 H24	<6I3	1501130	170	1 4	56	115	0,37 1 0,43	0,68	B	38 118
	H16 1 H26	<4I3	1751 160	195	1 3			0,32 1 0,35	0,59	B	43 124
3103	H14 1 H24	< 251 12,5	1201 110	140	2 4	44	90	0,37 1 0,40	0,64	B	31 120
	H16 1 H26	<4	145 1	160	1 2			0,30 1 0,33	0,56	B	48 128
5005/ 5005A	O/HIII	<50	35	100	15	35	100	1	1	B	5
	H12 1 H22/H32	< 12,5	95 180	125	2 4	44	100	0,46 1 0,55	0,80	B	18 111
	H14 1 H24/H34	< 12,5	1201110	145	2 3			0,37 1 0,40	0,69	B	25 117
5052	H12 1 H22/H32	<40	1601130	210	4 5	80	170	0,50 1 0,62	0,81	B	17 110
	H14 1 H24/H34	<25	1801150	230	3 4			0,44 1 0,53	0,74	B	19 111
5049	O/HIII	<100	80	190	12	80	190	1	1	B	6
	H14 1 H24/H34	<25	1901 160	240	3 6	100	190	0,53 1 0,63	0,79	B	201 12
5454	O/HIII	<80	85	215	12	85	215	1	1	B	5
	H14H24/H34	<25	220 1	270	2 4	105	215	0,48 1 0,53	0,80	B	22 115
5754	O/HIII	<100	80	190	12	80	190	1	1	B	6
	H14H24/H34	<25	1901 160	240	3 6	100	190	0,53 1 0,63	0,79	B	201 12
5083	O/HIII	<50	125	275	11	125	275	1	1	B	6
		50<r<80	115	270	14 ³⁾	115	270			B	
	H12H22/H32	<40	2501215	305	3 5	155	275	0,62 1 0,72	0,90	B	22 1 14
	H14H24/H34	<25	2801250	340	2 4			0,55 1 0,62	0,81	A	22 1 14
6061	T4/T451	< 12,5	110	205	12	95	150	0,86	0,73	B	8
	T6/T651	< 12,5	240	290	6	115	175	0,48	0,60	A	23
	T651	12,5<f<80	240	290	6 ³⁾						
6082	T4/T451	< 12,5	110	205	12	100	160	0,91	0,78	B	8
	T61/T6151	<12,5	205	280	10	125	185	0,61	0,66	A	15
	T6151	12,5</<100	200	275	12 ³⁾			0,63	0,67	A	14
	T6/T651	<6	260	310	6			0,48	0,60	A	25
		6<r<12,5	255	300	9			0,49	0,62	A	27
	T651	12,5</<100	240	295	7 ³⁾			0,52	0,63	A	21
7020	T6	< 12,5	280	350	7			205	280	0,73	0,80
	T651	<40			9 ³⁾						
8011A	H14 1 H24	< 12,5	1101100	125	2 3	37	85	0,34 1 0,37	0,68	B	37 122
	H16 1 H26	<4	130 1	145	1 2			0,28 10,31	0,59		33 133

1) 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 for f_0 , A and n_p).

2) The HAZ-values are valid for MIG welding and thickness up to 15mm. For TIG welding strain hardening alloys (3xxx, 5xxx and 8011 A) up to 6 mm the same values apply, but for TIG welding precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) and thickness up to 6 mm the HAZ values have to be multiplied by a factor 0,8 and so the ρ -factors. For higher thickness - unless other data are available - the HAZ values and ρ -factors have to be further reduced by a factor 0,8 for the precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) and by a factor 0,9 for the strain hardening alloys (3xxx,5xxx and 8011 A). These reductions do not apply in temper O.

3) Based on A ($= A_{5,65,\sqrt{A_0}}$), not A_{50} .

4) BC = buckling class, see b.1.4.4, 6.1.5 and 6.3.1.

5) n -value in Ramberg-Osgood expression for plastic analysis. It applies only in connection with the listed f_0 -value.

6) The minimum elongation values indicated do not apply across the whole range of thickness given, but mostly to the thinner materials. In detail see EN 485-2.

Таблиця 3.2bХарактеристичні значення умовної межі текучості f_0 та межі міцності на розтяг f_u (без зварювання та у пришовній зоні термічного впливу), мінімальне подовження A , поправкові коефіцієнти $\rho_{o,haz}$ і $\rho_{u,haz}$ для показників міцності у зоні термічного впливу (ЗТВ), клас втрати стійкості та показник n_p для оброблених тиском алюмінієвих сплавів - пресованих профілів, пресованих труб, пресованих стрижнів/прутів і тягнутих труб

Сплави EN-AW	Форма виробу	Ступінь твердості	Товщина t мм ¹⁾³⁾	f_0 ¹⁾	f_u ¹⁾	A ⁵⁾²⁾	$f_{0,haz}$ ⁴⁾	$f_{u,haz}$ ⁴⁾	ЗТВ ⁴⁾		KB ⁶⁾	n_p ⁷⁾
				Н/мм ²		%	Н/мм ²		$\rho_{o,haz}$	$\rho_{u,haz}$		
5083	ET, EP, ER/B	O/H11, F, H112	$t \leq 200$	110	270	12	110	270	1	1	B	5
	DT	H12/22/3 2	$t \leq 10$	200	280	6	135	270	0,68	0,96	B	14
		H14/24/3 4	$t \leq 5$	235	300	4			0,57	0,90	A	18
6060	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 5$	120	160	8	50	80	0,42	0,50	B	17
	EP		$5 < t \leq 25$	100	140	8			0,50	0,57	B	14
	ET, EP, ER/B	T6	$t \leq 15$	140	170	8	60	100	0,43	0,59	A	24
	DT		$t \leq 20$	160	215	12			0,38	0,47	A	16
	EP, ET, ER/B	T64	$t \leq 15$	120	180	12	60	100	0,50	0,56	A	12
	EP, ET, ER/B	T66	$t \leq 3$	160	215	8	65	110	0,41	0,51	A	16
EP	$3 < t \leq 25$		150	195	8	0,43			0,56	A	18	
6061	EP, ET, ER/B, DT	T4	$t \leq 25$	110	180	50	95	150	0,86	0,83	B	8
	EP, ET, ER/B, DT	T6	$t \leq 20$	240	260	8	115	175	0,48	0,67	A	55
6063	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 3$	130	175	8	60	100	0,46	0,57	B	16
	EP		$3 < t \leq 25$	110	160	7			0,55	0,63	B	13
	EP, ET, ER/B	T6	$t \leq 25$	160	195	8	65	110	0,41	0,56	A	24
	DT		$t \leq 20$	190	220	10			0,34	0,50	A	31
	EP, ET, ER/B	T66	$t \leq 10$	200	245	8	75	130	0,38	0,53	A	22
	EP		$10 < t \leq 25$	180	225	8			0,42	0,58	A	21
DT	$t \leq 20$		195	230	10	0,38			0,57	A	28	
6005A	EP/O, ER/B	T6	$t \leq 5$	225	270	8	115	165	0,51	0,61	A	25
			$5 < t \leq 10$	215	260	8			0,53	0,63	A	24
			$10 < t \leq 25$	200	250	8			0,58	0,66	A	20
	EP/H, ET	T6	$t \leq 5$	215	255	8	115	165	0,53	0,65	A	26
$5 < t \leq 10$	200		250	8	0,58	0,66			A	20		
6106	EP	T6	$t \leq 10$	200	250	8	95	160	0,48	0,64	A	20
6082	EP, ET, ER/B	T4	$t \leq 25$	110	205	14	100	160	0,91	0,78	B	8
	EP/O, EP/H	T5	$t \leq 5$	230	270	8	125	185	0,54	0,69	B	28
	EP/O, EP/H ET	T6	$t \leq 5$	250	290	8	125	185	0,50	0,64	A	32
			$5 < t \leq 15$	260	310	10			0,48	0,60	A	25
	ER/B	T6	$t \leq 20$	250	295	8			0,50	0,63	A	27
			$20 < t \leq 150$	260	310	8			0,48	0,60	A	25
$t \leq 5$			255	310	8	0,49			0,60	A	22	
DT	T6	$5 < t \leq 20$	240	310	10	0,52			0,60	A	17	

Сплави EN-AW	Форма виробу	Ступінь твердості	Товщина t мм ¹⁾³⁾	$f_0^{1)}$	$f_u^{1)}$	$A^{5)2)}$	$f_{0,HAZ}^{4)}$	$f_{u,HAZ}^{4)}$	ЗТВ ⁴⁾		КВ ⁶⁾	n_p ⁷⁾
				Н/мм ²		%	Н/мм ²		$\rho_{o,HAZ}$	$\rho_{u,HAZ}$		
7020	EP, ET, ER/B	T6	$t \leq 15$	290	350	10	205	280	0,71	0,80	A	23
	EP, ET, ER/B	T6	$15 < t < 40$	275	350	10			0,75	0,80	A	19
	DT	T6	$t \leq 20$	280	350	10			0,73	0,80	A	18
Ключові позначення												
EP - пресовані профілі			EP/O - пресовані відкриті профілі									
EP/H - пресовані замкнуті профілі			ET - пресовані труби									
ER/B - пресовані стрижні та прутки			DT - тягнені труби									
¹⁾ Там, де значення виділені товстим шрифтом, для деяких видів профілів дозволяється використовувати більші товщини і/або більші значення механічних властивостей (див. EN і prEN, зазначені у розділі 1.2.1.3. У цьому випадку значення $R_{p0,2}$ і R_m можуть бути взяті в якості відповідно f_0 і f_u . У разі застосування цих більших величин коефіцієнти ρ для пришовних зон необхідно визначати за формулами (6.13) і (6.14) з тими ж значеннями для $f_{0,HAZ}$ і $f_{u,HAZ}$. ²⁾ Там, де мінімальні значення видовження виділені товстим шрифтом, для деяких видів профілів або товщин допускається брати більші мінімальні значення. ³⁾ Відповідно до EN 755-2 повинна виконуватися така вимога: «Якщо поперечний переріз профілю складається з фрагментів різних товщин, які відносяться до декількох різних класів механічних властивостей, то для характеристики усього перерізу слід брати найменше зі значень, наведених для цих фрагментів». Можливі винятки, у яких слід брати найбільше з усіх наявних значень за умови, що виробник може обгрунтувати його відповідним сертифікатом якості. ⁴⁾ Величини з індексом HAZ для пришовних зон справедливі для напівавтоматичного зварювання в середовищі інертного газу (МІГ) і товщин зварених деталей до 15 мм. Для ручного зварювання неплавким електродом у середовищі інертного газу (БІГ) механічно зміцнених сплавів (маркування 3xxx, 5xxx і 8011A) товщиною до 6 мм застосовуються ті ж значення, проте для зварювання цим способом сплавів з дисперсійним зміцненням (6xxx і 7xxx) і товщиною до 6 мм величини для пришовних зон необхідно помножити на коефіцієнт 0,8, як і коефіцієнти ρ . Для більших товщин, якщо не вказано інше, величини для пришовних зон (індекс HAZ) і коефіцієнти ρ підлягають подальшому зменшенню з урахуванням коефіцієнта 0,8 для сплавів із дисперсійним зміцненням (6xxx і 7xxx) і з урахуванням коефіцієнта 0,9 для сплавів з механічним зміцненням (3xxx, 5xxx і 8011A). Дане зниження не застосовується для відпалених сплавів (маркування O). ⁵⁾ $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$ ⁶⁾ КВ = клас втрати стійкості, див. розділи 6.1.4.4, 6.1.5 і 6.3.1. ⁷⁾ Значення показника n у залежності Рамберга-Осгуда для розрахунків у пластичній стадії. Воно застосовується тільки разом із наведеними значеннями f_0 (мінімальна стандартизована величина). ⁸⁾ Якщо потрібно використовувати пресований або пресовано-тягнутий напівфабрикат згідно з EN AW-5454 або EN AW-5754 марки за способом зміцнення O/H111 і F/H112 або H14/H24/H34 відповідно до EN 755-2 або EN 754-2, то для розрахунку можна застосовувати відповідні значення з таблиці 3.2а з наступними модифікаціями: - для матеріалів згідно з EN AW-5454 марки O/H111 (включаючи F/H112) слід замінити вказані значення f_u і $f_{u,HAZ}$ на 200 Н/мм ² . - для матеріалів згідно з EN AW-5454 марки O/H111 (включаючи F/H112) слід замінити вказані значення f_u і $f_{u,HAZ}$ на 180 Н/мм ² (товщини стрижнів < 150 мм). - для матеріалів згідно з EN AW-5454 марки H14/H24/H34 слід замінити вказані значення f_0 на 180 Н/мм ² , а значення $\rho_{o,HAZ}$ на 0,56.												

Table 3.2b Characteristic values of 0,2 % proof strength f_0 and ultimate tensile strength f_u (unwelded and for HAZ), min elongation A , reduction factors $\rho_{o,HAZ}$ and $\rho_{u,HAZ}$ in HAZ, buckling class and exponent n_p for wrought aluminium alloys - Extruded profiles, extruded tube, extruded rod/bar and drawn tube

Alloy EN-AW	Product form	Temper	Thickness t mm ¹⁾³⁾	$f_0^{1)}$	$f_u^{1)}$	$A^{5)2)}$	$f_{0,HAZ}^{4)}$	$f_{u,HAZ}^{4)}$	HAZ-factor ⁴⁾		BC ⁶⁾	n_p ⁷⁾
				N/mm ²		%	N/mm ²		$\rho_{o,HAZ}$	$\rho_{u,HAZ}$		
5083	ET, EP, ER/B	O/H111, F, H112	$t \leq 200$	110	270	12	110	270	1	1	B	5
	DT	H12/22/3	$t \leq 10$	200	280	6	135	270	0,68	0,96	B	14
		H14/24/3	$t \leq 5$	235	300	4			0,57	0,90	A	18
6060	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 5$	120	160	8	50	80	0,42	0,50	B	17
	EP		$5 < t \leq 25$	100	140	8			0,50	0,57	B	14
	ET, EP, ER/B	T6	$t \leq 15$	140	170	8	60	100	0,43	0,59	A	24
	DT		$t \leq 20$	160	215	12			0,38	0,47	A	16
	EP, ET, ER/B	T64	$t \leq 15$	120	180	12	60	100	0,50	0,56	A	12
	EP, ET, ER/B	T66	$t \leq 3$	160	215	8	65	110	0,41	0,51	A	16
EP	$3 < t \leq 25$		150	195	8	0,43			0,56	A	18	
6061	EP, ET, ER/B, DT	T4	$t \leq 25$	110	180	50	95	150	0,86	0,83	B	8
	EP, ET, ER/B, DT	T6	$t \leq 20$	240	260	8	115	175	0,48	0,67	A	55
6063	EP, ET, ER/B	T5	$t \leq 3$	130	175	8	60	100	0,46	0,57	B	16
	EP		$3 < t \leq 25$	110	160	7			0,55	0,63	B	13
	EP, ET, ER/B	T6	$t \leq 25$	160	195	8	65	110	0,41	0,56	A	24

Alloy EN-AW	Product form	Temper	Thickness t mm ¹⁾³⁾	$f_0^{1)}$	$f_u^{1)}$	$A^{5)2)}$	$f_{0,haz}^{4)}$	$f_{u,haz}^{4)}$	HAZ-factor ⁴⁾		BC ⁶⁾	n_p ⁷⁾		
				N/mm ²		%	N/mm ²		$\rho_{o,haz}$	$\rho_{u,haz}$				
	DT	T66	$t \leq 20$	190	220	10	75	130	0,34	0,50	A	31		
	EP, ET, ER/B		$t \leq 10$	200	245	8			0,38	0,53	A	22		
	EP		$10 < t \leq 25$	180	225	8			0,42	0,58	A	21		
	DT		$t \leq 20$	195	230	10			0,38	0,57	A	28		
6005A	EP/O, ER/B	T6	$t \leq 5$	225	270	8	115	165	0,51	0,61	A	25		
			$5 < t \leq 10$	215	260	8			0,53	0,63	A	24		
			$10 < t \leq 25$	200	250	8			0,58	0,66	A	20		
	EP/H, ET	T6	$t \leq 5$	215	255	8			0,53	0,65	A	26		
			$5 < t \leq 10$	200	250	8			0,58	0,66	A	20		
			$t \leq 10$	200	250	8			0,48	0,64	A	20		
6106	EP	T6	$t \leq 10$	200	250	8	95	160	0,48	0,64	A	20		
6082	EP, ET, ER/B	T4	$t \leq 25$	110	205	14	100	160	0,91	0,78	B	8		
	EP/O, EP/H	T5	$t \leq 5$	230	270	8	125	185	0,54	0,69	B	28		
	EP/O, EP/H ET	T6	$t \leq 5$	250	290	8	125	185	0,50	0,64	A	32		
			$5 < t \leq 15$	260	310	10			0,48	0,60	A	25		
	ER/B	T6	$t \leq 20$	250	295	8			0,50	0,63	A	27		
			$20 < t \leq 150$	260	310	8			0,48	0,60	A	25		
	DT	T6	$t \leq 5$	255	310	8			0,49	0,60	A	22		
			$5 < t \leq 20$	240	310	10			0,52	0,60	A	17		
7020	EP, ET, ER/B	T6	$t \leq 15$	290	350	10			205	280	0,71	0,80	A	23
	EP, ET, ER/B	T6	$15 < t < 40$	275	350	10					0,75	0,80	A	19
	DT	T6	$t \leq 20$	280	350	10	0,73	0,80			A	18		

Key:

EP - Extruded profiles EP/O - Extruded open profiles
 EP/H - Extruded hollow profiles ET - Extruded tube
 ER/B - Extruded rod and bar DT - Drawn tube

¹⁾ Where values are quoted in bold greater thicknesses and/or higher mechanical properties may be permitted in some forms see ENs and pRENs listed in 1.2.1.3. In this case the $R_{p0,2}$ and R_m values can be taken as f_0 and f_u . If using such higher values the corresponding HAZ-factors have to be calculated acc. to expression (6.13) and (6.14) with the same values for $f_{0,haz}$ and $f_{u,haz}$.

²⁾ Where minimum elongation values are given in bold, higher minimum values may be given for some forms or thicknesses.

³⁾ According to EN 755-2: following rule applies: "If a profile cross-section is comprised of different thicknesses which fall in more than one set of specified mechanically property values, the lowest specified value should be considered as valid for the whole profile cross-section." Exception is possible and the highest value given may be used provided the manufacturer can support the value by an appropriate quality assurance certificate.

⁴⁾ The HAZ-values are valid for MIG welding and thickness up to 15 mm. For TIG welding strain hardening alloys (3xxx, 5xxx and 8011 A) up to 6 mm the same values apply, but for TIG welding precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) and thickness up to 6 mm the HAZ values have to be multiplied by a factor 0,8 and so the ρ -factors. For higher thickness - unless other data are available - the HAZ values and ρ -factors have to be further reduced by a factor 0,8 for the precipitation hardening alloys (6xxx and 7xxx) alloys and by a factor 0,9 for strain hardening alloys (3xxx, 5xxx and 8011 A). These reductions do not apply in temper O.

⁵⁾ $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$

⁶⁾ BC = buckling class, see 6.1.4.4, 6.1.5 and 6.3.1.

⁷⁾ n -value in Ramberg-Osgood expression for plastic analysis. It applies only in connection with the listed f_0 -value (= minimum standardized value).

⁸⁾ If it is intended to use extruded or extruded and drawn semi-products in EN AW-5454 or EN AW-5754 in tempers O/H1 11 and F/H1 12 or H14/H24/H34 according to EN 755-2 or EN 754-2, the corresponding values of table 3.2a may be applied for design with following changes:

- For EN AW-5454 temper O/H1 11 (includes F/H1 12) replace the values for f_0 and $f_{u,haz}$ by 200 N/mm².

- For EN AW-5754 temper O/H1 11 (includes F/H1 12) replace the values for f_0 and $f_{u,haz}$ by 180 N/mm² (thickness of bars < 150 mm).

- For EN AW-5754 temper H14/H24/H34 replace the values for f_0 by 180 N/mm² and for $\rho_{0,haz}$ by 0,56.

Таблиця 3.2 Характеристичні значення умовної межі текучості f_0 та межі міцності на розтяг f_u с (незварні елементи та в зоні термічного впливу), мінімальне подовження A і клас втрати стійкості для алюмінієвих сплавів, оброблених тиском, - поковки

Сплави EN-AW	Твердість	Товщина до мм	Напряг	f_0	f_u	$f_{0,haz}^{1)}$	$f_{u,haz}^{1)}$	$A^3)$ %	Клас викривлення
				Н/мм ²					
5754	H112	150	Поздовжній (L)	80	180	80	180	15	B
5083	H112	150	Поздовжній (L)	120	270	120	270	12	B
			Поперечний (T)	110	260	110	260	10	B
6082	T6	100	Поздовжній (L)	260	310	125 ²⁾	185 ²⁾	6	A
			Поперечний (T)	250	290			5	A

1) $\rho_{0,haz}$, $\rho_{u,haz}$ слід визначати за формулами (6.13) та (6.14)
 2) Щодо товщин понад 15 мм при зварюванні типу МИГ або 6 мм при зварюванні типу ТИГ див. таблицю 3.2b, виноска 4).
 3) $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$

Table 3.2 Characteristic values of 0,2 % proof strength f_0 , ultimate tensile strength f_u (unwelded and c for HAZ), minimum elongation A and buckling class for wrought aluminium alloys – Forgings

Alloy EN-AW	Temper	Thickness up to mm	Direction	f_0	f_u	$f_{0,haz}^{1)}$	$f_{u,haz}^{1)}$	$A^{3)}$ %	Buckling class
				N/mm ²					
5754	H112	150	Longitudinal (L)	80	180	80	180	15	B
5083	H112	150	Longitudinal (L)	120	270	120	270	12	B
			Transverse (T)	110	260	110	260	10	B
6082	T6	100	Longitudinal (L)	260	310	125 ²⁾	185 ²⁾	6	A
			Transverse (T)	250	290			5	A

1) $\rho_{0,haz}$, $\rho_{u,haz}$ to be calculated according to expression (6.13) and (6.14)
 2) For thicknesses over 15 mm (MIG-welding) or 6 mm (TIG-welding) see table 3.2b footnote 4).
 3) $A = A_{5,65\sqrt{A_0}}$

3.2.3 Властивості матеріалів для ливарних алюмінієвих сплавів

3.2.3 Material properties for cast aluminium alloys

3.2.3.1 Загальна частина

3.2.3.1 General

(1) Стандарт EN 1999-1-1 в основному, не стосується ливарних виробів.

(1) EN 1999-1-1 is not generally applicable to castings.

ПРИМІТКА 1. Правила проектування в цьому стандарті застосовуються для ливарних виробів підвищеної ваги за таблицею 3.3, якщо дотримуватися додаткових і особливих вимог, а також положень про якість згідно з Додатком С, С.3.4

NOTE 1. The design rules in this European standard are applicable for gravity cast products according to Table 3.3 if the additional and special rules and the quality provisions of Annex C, C.3.4 are followed.

ПРИМІТКА 2. Вимоги якості для ливарних виробів українського походження можна приймати на основі Національного додатка.

NOTE 2. The National Annex may give rules for quality requirements for castings.

3.2.3.2 Характеристичні значення

3.2.3.2 Characteristic values

(1) Характеристичні значення умовної межі текучості та межі міцності на розтяг f_u для виробів з алюмінію, відлитої у формах з піску або в постійних ливарних формах, відповідають вимогам процесу виливання або ливарного виробництва по кожному місцю розташування елемента виливання і наведені в таблиці 3.3. Наведені значення

(1) The characteristic values of the 0,2 % proof strength f_0 and the ultimate tensile strength/u for sand and permanent mould cast aluminium to be met by the caster or the foundry in each location of a cast piece are given in Table 3.3. The listed values are 70 % of the values of EN 1706, which are only valid for separately cast test specimens (see 6.3.3

складають 70 % від значень EN 1706, які є дійсними виключно для окремо протестованих зразків (див. 6.3.3 (2) EN 1706).

(2) EN 1706).

ПРИМІТКА. Значення для A_{50} , наведені в таблиці 3.3, складають 50 % від величин подовження, наведених у EN 1706, які є дійсними виключно для окремо протестованих зразків (див. 6.3.3(3) EN 1706).

NOTE. The listed values for A_{50} in Table 3.3 are 50 % of the elongation values of EN 1706, which are only valid for separately cast test specimens (see 6.3.3(3) EN 1706)

Таблиця 3.3 Характеристичні значення умовної межі текучості f_0 та межі міцності на розтяг f_u для ливарних алюмінієвих сплавів – ливарні вироби підвищеної ваги

Сплав	Процес виливання	Твердість	$f_0 (f_{0c})$ Н/мм ²	$f_u (f_{uc})$ Н/мм ²	$A_{50\%}$ ¹⁾
EN AC-42100	Постійна ливарна форма	T6	147	203	2,0
	Постійна ливарна форма	T64	126	175	4
EN AC-42200	Постійна ливарна форма	T6	168	224	1,5
	Постійна ливарна форма	T64	147	203	3
EN AC-43000	Постійна ливарна форма	F	63	126	1,25
EN AC-43300	Постійна ливарна форма	T6	147	203	2,0
	Форма з піску	T6	133	161	1,0
	Постійна ливарна форма	T64	126	175	3
EN AC-44200	Постійна ливарна форма	F	56	119	3
	Форма з піску	F	49	105	2,5
EN AC-51300	Постійна ливарна форма	F	70	126	2,0
	Форма з піску	F	63	112	1,5

¹⁾ Вимоги щодо подовження для розрахунку елементів виливків див. у Додатку С 3.4.2(1).

Table 3.3 Characteristic values of 0,2 % proof strength f_0 and ultimate tensile strength f_u for cast aluminium alloys – Gravity castings

Alloy	Casting process	Temper	$f_0 (f_{0c})$ N/mm ²	$f_u (f_{uc})$ N/mm ²	$A_{50\%}$ ¹⁾
EN AC-42100	Permanent mould	T6	147	203	2,0
	Permanent mould	T64	126	175	4
EN AC-42200	Permanent mould	T6	168	224	1,5
	Permanent mould	T64	147	203	3
EN AC-43000	Permanent mould	F	63	126	1,25
EN AC-43300	Permanent mould	T6	147	203	2,0
	Sand cast	T6	133	161	1,0
	Permanent mould	T64	126	175	3
EN AC-44200	Permanent mould	F	56	119	3
	Sand cast	F	49	105	2,5
EN AC-51300	Permanent mould	F	70	126	2,0
	Sand cast	F	63	112	1,5

¹⁾ For elongation requirements for the design of cast components, see C.3.4.2(1).

3.2.4 Розміри, маса та допуски

3.2.4 Dimensions, mass and tolerances

(1) Розміри та допуски конструктивних пресованих виробів, виробів з тонких і товстих листів, тягнутих труб, дроту і поковок повинні відповідати ENs і prENs,

(1) The dimensions and tolerances of structural extruded products, sheet and plate products, drawn tube, wire and forgings, should conform with the ENs and prENs listed

див. у 1.2.3.3.

(2) Розміри та допуски ливарних виробів для конструкцій повинні відповідати ENs і prENs, див. у 1.2.3.4.

in 1.2.3.3.

(2) The dimensions and tolerances of structural cast products should conform with the ENs and prENs listed in 1.2.3.4.

3.2.5 Розрахункові значення констант матеріалу

(1) Константи матеріалу для розрахунку алюмінієвих сплавів, передбачених цим стандартом, слід приймати такими:

модуль пружності $E=70000 \text{ Н/мм}^2$;
 модуль зсуву $G=27000 \text{ Н/мм}^2$;
 коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$;
 коефіцієнт лінійного теплового розширення $\alpha = 23 \times 106/^\circ\text{C}$;
 густина (маса на одиницю об'єму) $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$.

(2) Щодо властивостей матеріалу в конструкціях, що зазнають підвищених температур під час пожежі, див. EN 1999-1-2.

3.3 СПОЛУЧНІ ПРИСТРОЇ

3.3.1 Загальні положення

(1) Сполучні пристрої повинні відповідати їх конкретному призначенню.

(2) Сполучні пристрої включають болти, кріпильні фіксуючі деталі, що працюють на основі тертя, суцільні заклепки, спеціальні фіксатори, зварювальні шви і склеювальні речовини.

ПРИМІТКА. Щодо склеювальних речовин див. Додаток М.

3.3.2 Болти, гайки і шайби

3.3.2.1 Загальна частина

(1) Болти, гайки та шайби повинні відповідати стандартам ENs, prENs і ISO. Для несучих вузлових з'єднань слід використовувати болти і заклепки у відповідності з таблицею 3.4.

(2) У таблиці 3.4 наведено мінімальні значення умовної межі текучості f_o та межі міцності f_u , які необхідно приймати для розрахунків як характеристичні значення.

(3) Алюмінієві болти і заклепки необ-

3.2.5 Design values of material constants

(1) The material constants to be adopted in calculations for the aluminium alloys covered by this European Standard should be taken as follows:

modulus of elasticity $E = 70000 \text{ N/mm}^2$;
 shear modulus $G = 27000 \text{ N/mm}^2$;
 Poisson's ratio $\nu = 0,3$;
 coefficient of linear thermal expansion $\alpha = 23 \times 106/^\circ\text{C}$;
 unit mass $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$.

(2) For material properties in structures subject to elevated temperatures associated with fire see EN 1999-1-2.

3.3 CONNECTING DEVICES

3.3.1 General

(1) Connecting devices should be suitable for their specific use.

(2) Suitable connecting devices include bolts, friction grip fasteners, solid rivets, special fasteners, welds and adhesives.

NOTE. For adhesives, see Annex M.

3.3.2 Bolts, nuts and washers

3.3.2.1 General

(1) Bolts, nuts and washers should conform with existing ENs, prENs and ISO Standards. For load bearing joints bolts and rivets according to Table 3.4 should be used

(2) The minimum values of the 0,2 % proof strength f_o and the ultimate strength f_u to be adopted as characteristic values in calculations, are given in Table 3.4.

(3) Aluminium bolts and rivets should be

хідно використовувати виключно для з'єднань категорії А (несучий тип, див. таблицю 8.4).

used only for connections of category A (bearing type, see table 8.4).

ПРИМІТКА 1. В даний час не існує EN стандартів, які стосуються всіх вимог до алюмінієвих болтів. Рекомендації щодо застосування болтів, згаданих в таблиці 3.4, наведені в Додатку С.

Note 1. Presently no EN-standard, which covers all requirements for aluminium bolts, exists. The National Annex may give provisions for the use of aluminium bolts. Recommendations for the use of the bolts listed in Table 3.4 are given in Annex C.

ПРИМІТКА 2. В даний час не існує ніяких EN стандартів, які стосуються всіх вимог до суцільних алюмінієвих заклепок. Рекомендації з приводу застосування суцільних заклепок, згаданих у таблиці 3.4, наведені в додатку С.

Note 2. Presently no EN-standard, which covers all requirements for solid aluminium rivets, exists. Recommendations for the use of the solid aluminium rivets listed in Table 3.4 are given in Annex C.

(4) Самонарізальні та самозаглиблювальні гвинти, а також закладні заклепки можуть застосовуватися для тонкостінних конструкцій. Правила застосування наведені в EN 1999-1-4.

(4) Selftapping and selfdrilling screws and blind rivets may be used for thin-walled structures. Rules are given in 1999-1-4.

Таблиця 3.4 Мінімальні значення умовної межі текучості f_0 та межі міцності на розтяг f_u для болтів і суцільних заклепок

Матеріал	Тип фіксаторів	Числове позначення сплаву ENAW-	Хімічний склад сплаву ENAW-	Твердість або марка	Діаметр d мм	$f_0^{7)}$ Н/мм ²	$f_u^{7)}$ Н/мм ²
Алюмінієвий сплав	Суцільні заклепки ¹⁾	5019	AlMg5	H111	d ≤ 20	110	250
				H14,H34	d ≤ 18	210	300
		5754	AlMg3	H111	d ≤ 20	80	180
				H14/H34	d ≤ 18	180	240
	Болти ²⁾	6082	AlSiMgMn	T4	d ≤ 20	110	205
				T6	d ≤ 20	240	300
		5754	AlMg3	4)	d ≤ 10	230	270
					10 < d ≤ 20	180	250
		5019	AlMg5	4)	d ≤ 6	205	310
					(AL2) ³⁾	14 < d ≤ 36	200
6082	AlSiMgMn	4)	d ≤ 14	250	320		
			(AL3) ³⁾	14 < d ≤ 36	260	310	
Сталь	Болти ⁵⁾			4.6	d ≤ 39	240	400
				5.6	d ≤ 39	300	500
				6.8	d ≤ 39	480	600
				8.8	d ≤ 39	640	800
				10.9	d ≤ 39	900	1000
Неіржавіюча сталь	Болти ⁶⁾	A2, A4		50	d ≤ 39	210	500
				70	d ≤ 39	450	700
				80	d ≤ 39	600	800

¹⁾ Див. 3.3.2.1(3) та (5)

²⁾ Див. 3.3.2.1(3) та (4)

³⁾ Позначення матеріалів відповідно до EN 28839

⁴⁾ В EN 28839 не містяться позначення марок

⁵⁾ Марка згідно з EN ISO 898-1

⁶⁾ Позначення і марка у відповідності до EN ISO 3506-1

⁷⁾ Наведені значення для суцільних заклепок складають менші значення від наведених у EN 754 для тягнутих стрижнів або в EN 1301 для тягнутого дроту, з яких суцільні заклепки виготовляють шляхом холодного формування. Щодо умовної межі текучості EN 1301 визначає тільки типові значення, проте вище згадані величини з точки зору безпеки усі можуть використовуватися. У будь-якому випадку для розрахунку з'єднань категорії А (несучий режим) величина межі міцності служить основою для розрахунку несучої

здатності болта або заклепки

Table 3.4 Minimum values of 0,2 % proof strength f_0 and ultimate strength f_u for bolts and solid rivets

Material	Type of fastener	Alloy Numerical designation: EN AW-	Alloy Chemical designation: ENAW-	Temper or grade	Diameter	$f_0^{7)}$ N/mm ²	$f_u^{7)}$ N/mm ²
Aluminium alloy	Solid Rivets ¹⁾	5019	AlMg5	Hill	<20	110	250
				H14,H34	<18	210	300
		5754	AlMg3	Hill	<20	80	180
				H14/H34	<18	180	240
		6082	AlSiMgMn	T4	<20	110	205
				T6	<20	240	300
	Bolts ²⁾	5754 (AL1) ³⁾	AlMg3	4)	<10	230	270
					10<d<20	180	250
		5019 (AL2) ³⁾	AlMg5	4)	<14	205	310
					14<d<36	200	280
		6082 (AL3) ³⁾	AlSiMgMn	4)	<6	250	320
					14<d<36	260	310
Steel	Bolts ⁵⁾			4.6	<39	240	400
				5.6	<39	300	500
				6.8	<39	480	600
				8.8	<39	640	800
				10.9	<39	900	1000
Stainless Steel	Bolts ⁶⁾	A2, A4		50	<39	210	500
		A2, A4		70	<39	450	700
		A2, A4		80	<39	600	800

¹⁾ see 3.3.2.1(3) and (5)

²⁾ see 3.3.2.1(3) and (4)

³⁾ Material designation according to EN 28839

⁴⁾ No grade designation in EN 28839

⁵⁾ Grade according to EN ISO 898-1

⁶⁾ Designation and grade according to EN ISO 3506-1

⁷⁾ The given values for solid rivets are the lesser values of EN 754 (drawn rods) or EN 1301 (drawn wire) of which solid rivets are manufactured by cold forming. For the 0,2-proof stress EN 1301 defines indeed only typical values, but the above given values can all be regarded as on the safe side. Anyway for the design of connections of category A (bearing mode) the ultimate strength value is the basis for the calculation of the bearing capacity of a bolt or a rivet.

3.3.2.2 Попередньо-напружені болти

(1) Болти класу 8.8 та 10.9 можуть використовуватися як попередньо-напружені болти з контрольованим натягуванням, яке проводиться відповідно до вимог для попередньо-напружених болтів, що містяться в діючих ENs, prENs і ISO

3.3.2.2 Preloaded bolts

(1) Bolts of class 8.8 and 10.9 may be used as preloaded bolts with controlled tightening, provided they conform to the requirements for preloaded bolts in existing ENs, prENs and ISO Standards.

ПРИМІТКА. Національний додаток України містить правила для попередньо-напружених високоміцних болтів із контрольованим натягуванням.

NOTE. The National Annex may give rules for bolts not according to these standards, to be used for preloading application.

3.3.3 Заклепки

(1) Властивості матеріалу, розміри і допуски для суцільних і порожнистих заклепок з алюмінієвих сплавів повинні відповідати стандартам ENs, prENs або ISO.

(2) Мінімально гарантовані значення умовної межі текучості f_0 та межі міцності f_u які наведені в таблиці 3.4, приймаються для розрахунків як характеристичні.

3.3.3 Rivets

(1) The material properties, dimensions and tolerances of aluminium alloy solid and hollow rivets should conform to ENs, prENs or ISO Standards (if and when they are available).

(2) The minimum guaranteed values of the 0,2 % proof strength f_0 and the ultimate strength f_u to be adopted as characteristic values in calculations, are given in Table 3.4.

3.3.4 Зварювальні витратні матеріали

(1) Всі зварювальні витратні матеріали повинні відповідати стандартам ENs, prENs або ISO, див. 1.2.2.

ПРИМІТКА. prEN (WI121 127 і WI121 214) знаходяться у стадії розроблення.

(2) Вибір наплавлюваного металу для комбінації сплавів, які з'єднуються один з одним, необхідно здійснювати за допомогою таблиць B.2 і B.3 prEN 1011-4 відповідно до розрахункових вимог відносно вузлів, див. 8.6.3.1. Рекомендації щодо вибору заповнювального металу в залежності від основного металу містяться в таблицях 3.5 та 3.6.

3.3.4 Welding consumables

(1) All welding consumables should conform to ENs, prENs or ISO Standards (if available) listed in 1.2.2.

NOTE. prEN (WI121 127 and WI121 214) are in preparation.

(2) The selection of welding filler metal for the combination of alloys being joined should be made from prEN 1011-4 Table B.2 and B.3 in conjunction with the design requirements for the joint, see 8.6.3.1. Guidance on the selection of filler metal for the range of parent metals given in this European Standard is given in Tables 3.5 and 3.6.

Таблиця 3.5 Групи металів-заповнювачів, що використовуються в таблиці 3.6

Групи металів-заповнювачів	Метали-заповнювачі
Тип 3	3103
Тип 4	4043A, 4047A ¹⁾
Тип 5	5056A, 5356/5356A, 5556A/5556B, 5183/5183A

¹⁾ Сплав 4047A використовується спеціально для запобігання виникненню тріщин у зварних з'єднаннях. Для інших випадків кращим є сплав 4043A.

Table 3.5 Alloy grouping used in Table 3.6

Filler metal grouping	Alloys
Type 3	3103
Type 4	4043A, 4047A ¹⁾
Type 5	5056A, 5356 / 5356A, 5556A / 5556B, 5183 / 5183A

¹⁾ 4047A is specifically used to prevent weld metal cracking in joints. In most other cases, 4043A is preferable.

Таблиця 3.6 Вибір металів-заповнювачів (див. таблицю 3.5 для всіх типів сплавів)

Вихідне металеве з'єднання ¹⁾							
Основний метал першої частини	Основний метал другої частини						
	Al-Si виливок	Al-Mg виливок	3xxx - ряд сплавів	5xxx- ряд сплавів за винятком 5083	5083	6xxx- ряд сплавів	7020
7020	NR ²⁾	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 5 Тип 4	Тип 5 Тип 5 Тип 5	5556A Тип 5 5556A	Тип 5 Тип 5 Тип 4	5556A Тип 5 Тип 4 ⁴⁾
6xxx- ряд сплавів	Тип 4 Тип 4 Тип 4	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 4 Тип 4 Тип 4	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 4 Тип 4	
5083	NR ²⁾	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 5 Тип 5	5556A Тип 5 Тип 5		
5xxx- ряд сплавів за винятком 5083	NR ²⁾	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 5 ³⁾ Тип 5			
3xxx - ряд сплавів	Тип 4 Тип 4 Тип 4	Тип 5 Тип 5 Тип 5	Тип 3 Тип 3 Тип 3				
Al-Mg виливок	NR ²⁾	Тип 5 Тип 5 Тип 5					
Al-Si виливок	Тип 4 Тип 4 Тип 4						

¹⁾ У кожній клітині таблиці метал-заповнювач для максимальної міцності шва вказаний у верхньому рядку; у разі ряду сплавів 6xxx і при використанні EN-AW 7020, міцність шва буде нижчою за міцність термічно обробленого основного металу. Метал-заповнювач для максимального протистояння корозії вказаний у середньому рядку. Метал-заповнювач для уникнення тріщин у зварних швах вказаний у нижньому рядку.

²⁾ NR – не рекомендовано. Зварювання сплавів, що містять біля 2 % або більше Mg, з Al-Si металом-заповнювачем або навпаки, до використання не рекомендовано через достатній осад Mg₂Si, який утворюється при зварюванні країв і робить крихким зварний шов. Якщо не вдається уникнути такої ситуації, див. prEN 1011-4.

³⁾ Процес корозії зварювального металу імовірно буде оптимальним, якщо склад металу-заповнювача буде близьким до складу основного металу або трохи кращим. Таким чином, при експлуатації в потенційно небезпечних корозійних умовах краще здійснювати зварювання EN-AW 5454 за допомогою металу-заповнювача 5454. Проте у деяких випадках це можливо тільки при виконанні бездефектного зварювання, таким чином необхідно знайти компроміс.

⁴⁾ Проводиться тільки в особливих випадках, зважаючи на нижчу міцність зварного шва і видовження з'єднання.

Table 3.6 Selection of filler metals (see Table 3.5 for alloy types)

Parent metal combination ¹⁾							
1st Part	2nd Part						
	Al-Si castings	Al-Mg castings	3xxx series alloys	5 xxx- series alloys except 5083	5083	6xxx-series alloys	7020
7020	NR ²⁾	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 5 Type 4	Type 5 Type 5 Type 5	5556A Type 5 5556A	Type 5 Type 5 Type 4	5556A Type 5 Type 4 ⁴⁾
6xxx-series alloys	Type 4 Type 4 Type 4	Type 5 Type 5 Type 5	Type 4 Type 4 Type 4	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 4 Type 4	

Parent metal combination ¹⁾							
1st Part	2nd Part						
5083	NR ²⁾	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 5 Type 5	5556A Type 5 Type 5		
5xxx- series alloys except 5083	NR ²⁾	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 Type 5 Type 5	Type 5 ³⁾ Type 5			
3xxx series alloys	Type 4 Type 4 Type 4	Type 5 Type 5 Type 5	Type 3 Type 3 Type 3				
Al-Mg castings	NR ²⁾	Type 5 Type 5 Type 5					
Al-Si castings	Type 4 Type 4 Type 4						

¹⁾ In each box the filler metal for the maximum weld strength is shown in the top line; in the case of 6xxx series alloys and EN-AW 7020, this will be below the fully heat treated parent metal strength. The filler metal for maximum resistance to corrosion is shown in the middle line. The filler metal for avoidance of persistent weld cracking is shown on the bottom line.

²⁾ NR = Not recommended. The welding of alloys containing approximately 2% or more of Mg with Al-Si filler metal, or vice-versa is not recommended because sufficient Mg₂Si precipitate is formed at the fusion boundaries to embrittle the weld. Where unavoidable see prEN 1011-4.

³⁾ The corrosion behaviour of weld metal is likely to be better if its alloy content is close to that of the parent metal and not markedly higher. Thus for service in potentially corrosive environments it is preferable to weld EN-AW 5454 with 5454 filler metal. However, in some cases this may only be possible at the expense of weld soundness, so that a compromise will be necessary.

⁴⁾ Only in special cases due to the lower strength of the weld and elongation of the joint.

3.3.5 Склеювальні речовини

ПРИМІТКА. Рекомендації відносно склеювальних з'єднань наведені в Додатку М

3.3.5 Adhesives

NOTE. Recommendations for adhesive bonded connections are given in Annex M

4 ДОВГОВІЧНІСТЬ

(1) Основні вимоги щодо довговічності наведено в EN 1990.

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо алюмінію, який знаходиться у контакті з іншими матеріалами, наведені в Додатку D.

(2) При звичайних атмосферних умовах алюмінієві конструкції, виготовлені із сплавів, наведених у таблиці 3.1a та таблиці 3.1b, можуть використовуватися без захисту поверхні і це не призведе до зниження їхньої несучої здатності.

ПРИМІТКА. Додаток D містить дані про стійкість до корозії і рекомендації щодо захисту алюмінієвої поверхні, а також умови, коли такий захист від корозії рекомендується.

(3) Елементи, що зазнають впливу корозії, а також є об'єктом агресивних впливів, механічного зносу або втомних явищ, повинні бути запроектовані з можливістю проведення огляду, обслуговування і ремонту під час розрахункового терміну експлуатації. Необхідно забезпечити доступ для проведення інспекції і потокового ремонту.

(4) Вимоги і засоби забезпечення виконання захисних заходів, що проводяться поза майданчиком або на майданчику будівництва, наведені в prEN 1090-3.

(5) Технічні умови на виконання даних заходів повинні містити обсяг, вид і процедуру виконання відповідних захисних заходів.

4 DURABILITY

(1) The basic requirements for durability are given in EN 1990.

NOTE. For aluminium in contact with other material, recommendations are given in Annex D.

(2) Under normal atmospheric conditions, aluminium structures made of alloys listed in Tables 3.1a and 3.1b can be used without the need for surface protection to avoid loss of load-bearing capacity.

NOTE. Annex D gives information on corrosion resistance of aluminium and guidelines for surface protection of aluminium, as well as information on conditions for which a corrosion protection is recommended.

(3) Components susceptible to corrosion and subject to aggressive exposure, mechanical wear or fatigue should be designed such that inspection, maintenance and repair can be carried out satisfactorily during the design life. Access should be available for service inspection and maintenance.

(4) The requirements and means for execution of protective treatment undertaken off-site and on-site are given in prEN 1090-3.

(5) The execution specification should describe the extent, type and execution procedure for a selected protective treatment.

5 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ

5.1 МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ

5.1.1 Моделювання кострукторії та основні припущення

(1) Розрахунки мають базуватися на розрахункових моделях споруди, які відповідають даному граничному стану.

(2) Розрахункова модель і основні припущення для проведення розрахунку повинні відображати роботу конструкції при досягненні відповідного граничного стану з достатнім ступенем точності, а також прогнозований тип поведінки поперечних перерізів, елементів, з'єднань і несучих конструкцій.

5.1.2 Моделювання з'єднань

(1) Впливом роботи з'єднань на розподіл внутрішніх зусиль і моментів у межах споруди, а також загальними деформаціями споруди можна нехтувати, проте коли такі впливи є значними (як у випадку з напівнерозрізного з'єднання), їх слід брати до уваги.

(2) Для визначення необхідності врахування впливу роботи з'єднання у розрахунках, необхідно розрізнити три типи з'єднань:

- розрізне, тобто таке, що не передає згинальні моменти;
- нерозрізне, при якому жорсткість і/або стійкість вузла дозволяє забезпечити повну нерозривність переміщень кінців елементів;
- напівнерозрізне, поведінку якого необхідно враховувати при розрахунках.

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо різних типів з'єднань містяться в Додатку L.

5 STRUCTURAL ANALYSIS

5.1 STRUCTURAL MODELLING FOR ANALYSIS

5.1.1 Structural modelling and basic assumptions

(1) Analysis should be based upon calculation models of the structure that are appropriate for the limit state under consideration.

(2) The calculation model and basic assumptions for the calculations should reflect the structural behaviour at the relevant limit state with appropriate accuracy and reflect the anticipated type of behaviour of the cross sections, members, joints and bearings.

5.1.2 Joint modeling

(1) The effects of the behaviour of the joints on the distribution of internal forces and moments within a structure, and on the overall deformations of the structure, may generally be neglected, but where such effects are significant (such as in the case of semi-continuous joints) they should be taken into account.

(2) To identify whether the effects of joint behaviour on the analysis need be taken into account, a distinction may be made between three joint models as follows:

- simple, in which the joint may be assumed not to transmit bending moments;
- continuous, in which the stiffness and/or the resistance of the joint allow full continuity of the members to be assumed in the analysis;
- semi-continuous, in which the behaviour of the joint needs to be taken into account in the analysis

NOTE. Recommendations for the various types of joints are given in Annex L

5.1.3 Взаємодія між конструкцією та землею

(1) Необхідно враховувати деформаційні характеристики опор, якщо вони є значними.

ПРИМІТКА. EN 1997 містить інструкцію для розрахунку споруди при її взаємодії з землею.

5.2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ В ЦІЛОМУ

5.2.1 Вплив деформованої геометрії на конструкцію

(1) Внутрішні зусилля і моменти можуть визначатися шляхом:

- розрахунку першого порядку з використанням початкової геометрії конструкції;
- розрахунку другого порядку з урахуванням впливу деформацій конструкції на розподіл внутрішніх зусиль.

(2) Вплив деформованої геометрії (вплив другого порядку) необхідно розглядати, якщо він є значним і змінює роботу конструкції.

(3) Розрахунок першого порядку може застосовуватися для конструкцій, якщо можна знехтувати зростанням відповідних внутрішніх сил або моментів, або будь-якою іншою зміною статичної роботи конструкції, викликаною її деформаціями. Передбачається, що розрахунок другого порядку можна не виконувати у випадку, якщо задовольняються наступні критерії:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10, \quad (5.1)$$

де:

F_{Ed} – розрахункове навантаження на споруду;

F_{cr} – пружне критичне подовжнє навантаження для врахування загальної форми втрати стійкості на основі первинної жорсткості в межах пружних деформацій;

α_{cr} – коефіцієнт запасу стійкості при пружних деформаціях відносно розрахункового навантаження.

5.1.3 Ground-structure interaction

(1) Account should be taken of the deformation characteristics of the supports where significant.

NOTE. EN 1997 gives guidance for calculation of soil-structure interaction.

5.2 GLOBAL ANALYSIS

5.2.1 Effects of deformed geometry of the structure

(1) The internal forces and moments may generally be determined using either:

- first-order analysis, using the initial geometry of the structure;
- second-order analysis, taking into account the influence of the deformation of the structure.

(2) The effects of the deformed geometry (second-order effects) shall be considered if they increase the action effects significantly or modify significantly the structural behaviour.

(3) First order analysis may be used for the structure, if the increase of the relevant internal forces or moments or any other change of structural behaviour caused by deformations can be neglected. This condition may be assumed to be fulfilled, if the following criterion is satisfied:

where:

F_{Ed} – is the design loading on the structure;

F_{cr} – is the elastic critical buckling load for global instability mode based on initial elastic stiffness;

α_{cr} – is the factor by which the design loading would have to be increased to cause elastic instability in a global mode

ПРИМІТКА. Національний додаток України № 1 визначає критерій нехтування розрахунком другого порядку.

(4) Ефект запізнення зсуву та ефект локальної втрати стійкості необхідно брати до уваги, якщо вони значно впливають на розрахунок системи в цілому через вплив на жорсткість системи.

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо врахування ефекту запізнення зсуву містяться в Додатку К.

(5) Вплив на розрахунок системи в цілому явища проковзування звичайних або анкерних болтів та інших з'єднувальних елементів в отворах враховується, якщо це проковзування можливе і якщо цей вплив значний.

5.2.2 Стійкість рамних конструкцій

(1) Якщо відповідно до 5.2.1 вплив деформованої схеми слід брати до уваги, необхідно скористатися вказівками (2) – (6) для врахування цього впливу і перевірки стійкості конструкції.

(2) Перевірку стійкості рамних конструкцій або їх частин необхідно проводити з урахуванням недосконалостей і впливів другого порядку.

(3) Відповідно до типу рамної конструкції і розрахунку системи в цілому впливи другого порядку і недосконалості можна враховувати одним із наведених способів:

- a) разом – шляхом виконання розрахунку системи в цілому;
- b) частково – шляхом виконання розрахунку системи в цілому і частково шляхом перевірки стійкості окремих елементів згідно з 6.3;
- c) для основних випадків – шляхом перевірки стійкості окремих елементів згідно з 6.3 з використанням розрахункових довжин відповідно до загальної форми втрати стійкості системи.

(4) Впливи другого порядку можуть

NOTE. The national Annex may give a different criterion for the limit of α_{cr} for neglecting the influence of second order effects.

(4) The effects of shear lag and of local buckling on the stiffness should be taken into account if this significantly influences the global analysis.

NOTE. Recommendations how to allow for shear lag are given in Annex K.

(5) The effects on the global analysis of the slip in bolt holes and similar deformations of connection devices like studs and anchor bolts on action effects should be taken into account, where relevant and significant.

5.2.2 Structural stability of frames

(1) If according to 5.2.1 the influence of the deformation of the structure has to be taken into account. (2) to (6) should be applied to consider these effects and to verify the structural stability.

(2) The verification of the stability of frames or their parts should be carried out considering imperfections and second order effects.

(3) According to the type of frame and the global analysis, second order effects and imperfections may be accounted for by one of the following methods:

- a) both totally by the global analysis,
- b) partially by the global analysis and partially through individual stability checks of members according to 6.3,
- c) for basic cases by individual stability checks of equivalent members according to 6.3 using appropriate buckling lengths according to the global buckling mode of the structure.

(4) Second order effects may be calculated

враховуватися з використанням методів, прийнятних для розрахунку даної конструкції (включаючи покрокові або інші ітераційні методи). Для рамних конструкцій, де перша форма втрати стійкості є домінуючою, пружний розрахунок першого порядку необхідно проводити з урахуванням зростання результатів розрахунку (наприклад, згинальних моментів) із використанням відповідних коефіцієнтів.

(5) Відповідно до 5.2.2(3) а) та б) стійкість окремих елементів необхідно перевіряти таким чином.

а) Якщо вплив другого порядку і недосконалість елементів (див. 5.3.4) повністю враховується при розрахунку системи в цілому, то немає необхідності проводити окрему перевірку на стійкість елементів у відповідності до 6.3.

б) Якщо впливи другого порядку і відповідна недосконалість елементів (наприклад на згинальну і/або бічну крутильну деформацію, див. 5.3.4) не враховуються повністю при розрахунку системи в цілому, то стійкість окремих елементів необхідно перевіряти з використанням критеріїв 6.3 відносно чинників, які не охоплені цим розрахунком. Така перевірка повинна враховувати кінцеві моменти і зусилля на основі розрахунку системи в цілому, включаючи сукупні впливи другого порядку і загальну недосконалість (див. 5.3.2), і може базуватися на приведених довжинах елементів відповідних розмірам системи, див. рисунок 5.1 (d), (e), (f) і (g).

(6) У разі, коли стійкість рамної конструкції визначається перевіркою з використанням моделі еквівалентного стрижня згідно з 6.3, приведені довжини повинні ґрунтуватися на загальній формі втрати стійкості рами з урахуванням жорсткості елементів і вузлів, наявності пластичних шарнірів і розподілу стискаючих зусиль при розрахункових навантаженнях. У цьому випадку внутрішні зусилля визначаються відповідно до теорії першого порядку без урахування недосконалостей, див. рисунки 5.1 (a), (b) та (c).

by using an analysis appropriate to the structure (including step-by-step or other iterative procedures). For frames where the first sway buckling mode is predominant first order elastic analysis should be carried out with subsequent amplification of relevant action effects (e.g. bending moments) by appropriate factors.

(5) In accordance with 5.2.2(3) a) and b) the stability of individual members should be checked according to the following:

a) if second order effects in individual members and relevant member imperfections (see 5.3.4) are totally accounted for in the global analysis of the structure, no individual stability check for the members according to 6.3 is necessary.

b) if second order effects in individual members or certain individual member imperfections (e.g. member imperfections for flexural and/or lateral torsional buckling, see 5.3.4) are not totally accounted for in the global analysis, the individual stability of members should be checked according to the relevant criteria in 6.3 for the effects not included in the global analysis. This verification should take account of end moments and forces from the global analysis of the structure, including global second order effects and global imperfections (see 5.3.2) where relevant and may be based on a buckling length equal to the system length, see Figure 5.1 (d), (e), (f) and (g).

(6) Where the stability of a frame is assessed by a check with the equivalent column method according to 6.3 the buckling length values should be based on a global buckling mode of the frame accounting for the stiffness behaviour of members and joints, the presence of plastic hinges and the distribution of compressive forces under the design loads. In this case internal forces to be used in resistance checks are calculated according to first order theory without considering imperfections, see Figure 5.1 (a), (b) and (c).

5.3 НЕДОСКОНАЛОСТІ

5.3.1 Основні положення

(1)Р Слід враховувати відповідні допуски, включаючи залишкові напруження і геометричні недосконалості, такі як неvertикальність, непрямолинійність, відхилення від площини, недоліки підганяння та необумовлені ексцентриситети, які мають місце у вузлах ненавантаженої конструкції.

ПРИМІТКА. Геометричні недосконалості, відповідають основним геометричним допускам, наведеним у prEN 1090-3, або менші за них, враховуються в EN 1999 у формулах, кривих та значеннях γ_M .

(2) Слід використовувати еквівалентні геометричні недосконалості (див. 5.3.2 та 5.3.3), які враховують впливи від усіх видів недосконалості. При застосуванні методу еквівалентної стійки ці впливи включені у формулу розрахунку елемента на стійкість згідно з 5.3.4.

(3) Необхідно брати до уваги такі недосконалості:

- а) загальні недосконалості для рамних і в'язевих систем;
- б) локальні недосконалості для окремих елементів.

5.3.2 Недосконалість для розрахунку системи в цілому

(1) Форму загальної та локальної недосконалості можна прийняти на базі розгляду пружної форми втрати стійкості конструкції в площині згину.

(2) Усі компоненти просторової форми втрати стійкості, включаючи вигини в площині рами і з її площини, крутильні деформації симетричної та несиметричної форми, слід враховувати найбільш несприятливими і за напрямом, і за формою.

(3) При розрахунку рам, які можуть втрачати стійкість з перекошенням, слід

5.3 IMPERFECTIONS

5.3.1 Basis

(1)P Appropriate allowances shall be considered to cover the effects of imperfections, including residual stresses and geometrical imperfections such as lack of verticality, lack of straightness, lack of flatness, lack of fit and any unspecified eccentricities present in joints of the unloaded structure.

NOTE. Geometrical imperfections equal or less than the fundamental geometrical tolerances given in prEN 1090-3 are considered in the resistance formulae, the buckling curves and the γ_M valued in EN 1999.

(2) Equivalent geometric imperfections, see 5.3.2 and 5.3.3, should be used, with values which reflect the possible effects of all type of imperfections. In the equivalent column method according to 5.3.4 the effects are included in the resistance formulae for member design.

(3) The following imperfections should be taken into account:

- a) global imperfections for frames and bracing systems;
- b) local imperfections for individual members.

5.3.2 Imperfections for global analysis of frames

(1) The assumed shape of global imperfections and local imperfections may be derived from the elastic buckling mode of a structure in the plane of buckling considered.

(2) Both in and out of plane buckling including torsional buckling with symmetric and asymmetric buckling shapes should be taken into account in the most unfavourable direction and form.

(3) For frames sensitive to buckling in a sway mode the effect of imperfections should

враховувати недосконалості початкового перекошення і дугові недосконалості окремих елементів. Недосконалості можна визначити так:

а) недосконалості початкового перекошення (див. рисунок 5.1 (d));

be allowed for in frame analysis by means of an equivalent imperfection in the form of an initial sway imperfection and individual bow imperfections of members. The imperfections may be determined from:

a) global initial sway imperfections, see Figure 5.1(d):

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m, \tag{5.2}$$

де:

ϕ_0 – базове значення: $\phi_0 = 1/200$

α_h – знижувальний коефіцієнт для висоти h колони:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}, \text{ але } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0;$$

h – висота колони в метрах;

α_m – знижувальний коефіцієнт для числа

колон в ряду $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$;

m – кількість колон у ряді, включаючи тільки ті колони, які несуть вертикальне навантаження N_{Ed} не менше ніж 50 % від середнього значення для розглядуваної колони;

where:

ϕ_0 is the $\phi_0 = 1/200$

α_h is the reduction factor for height h applicable to columns:

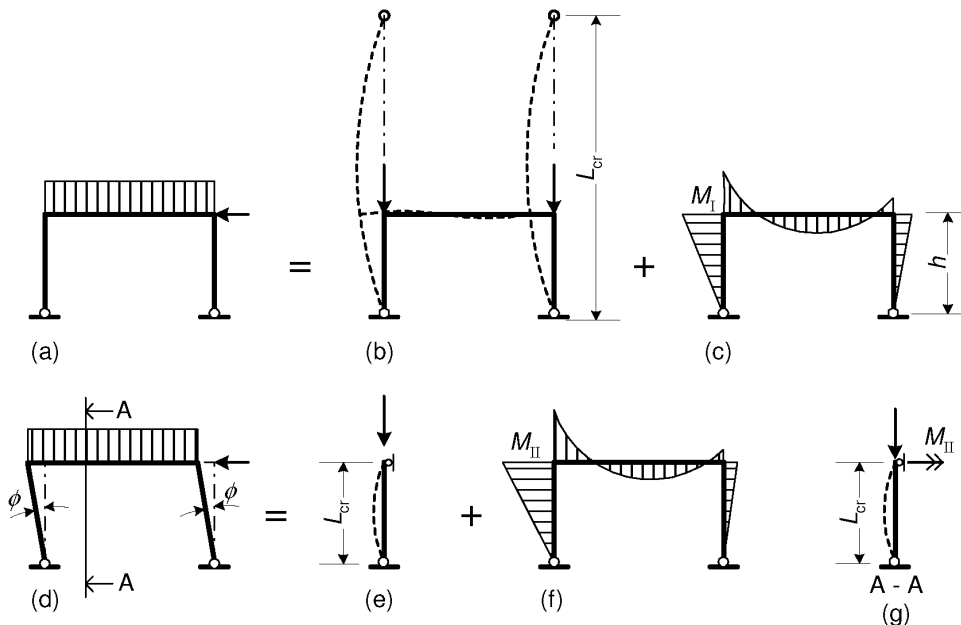
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}, \text{ but } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

h is the height of the structure in meters

α_m is the reduction factor for the number of

columns in a row: $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$

m is the number of columns in a row including only those columns which carry a vertical load N_{Ed} not less than 50 % of the average value of the column in the vertical plane considered.



Метод еквівалентної стійки ілюструється позиціями (а), (b) і (с), де (а) – система і навантаження, (b) – приведена довжина колони і (с) – моменти першого порядку.

The equivalent column method is illustrated by (a), (b) and (c), where (a) is system and load, (b) is equivalent column length and (c) is the first order moment.

Метод еквівалентного перекошення ілюструється позиціями (d), (e), (f) і (g), де (d) – система, навантаження і перекошення; (e) – початкове локальне викривлення і приведена довжина для згинальної форми втрати стійкості; (f) – моменти другого порядку, які включають моменти від недосконалості перекошення; (g) – початкове локальне викривлення і приведена довжина при згинально-крутильній формі втрати стійкості.

The equivalent sway method is illustrated by (d), (e), (f) and (g), where (d) is system, load and displacement, (e) is initial local bow and buckling length for flexural buckling, (f) is second order moment including moment from sway imperfection and (g) is initial local bow and buckling length for lateral-torsional buckling.

Рисунок 5.1 Приведена довжина і розрахункові недосконалості перекошення

Figure 5.1 Equivalent buckling length and equivalent sway imperfections

б) відносна початкова локальна недосконалість елемента при згинальній формі втрати стійкості

b) relative initial local bow imperfections of members for flexural buckling

$$e_0 / L , \tag{5.3}$$

де L – довжина елемента

where L is the member length

ПРИМІТКА. Значення e_0/L для конструкцій, що виготовляються в Україні, слід брати з Національного додатка України. Рекомендовані величини наведені в таблиці 5.1.

NOTE. The values e_0/L may be chosen in the National Annex. Recommended values are given in Table 5.1.

Таблиця 5.1 Розрахункові значення початкової дугової недосконалості e_0/L

Table 5.1 Design values of initial bow imperfection e_0/L

Клас втрати стійкості згідно з таблицею 3.2 Buckling class acc. to Table 3.2	аналіз на пружність elastic analysis	аналіз на пластичність plastic analysis
	e_0/L	e_0/L
A	1/300	1/250
B	1/200	1/150

(4) Для будівельних каркасів недосконалості від перекошення можна не брати до уваги, якщо

(4) For building frames sway imperfections may be disregarded

$$H_{Ed} \geq 0,15V_{Ed} , \tag{5.4}$$

де:

where:

H_{Ed} – загальне розрахункове значення горизонтальної реакції в нижній частині поверху;

H_{Ed} is the design value of the horizontal force;

V_{Ed} – загальне розрахункове вертикальне навантаження в нижній частині поверху.

V_{Ed} is design value of the vertical force.

(5) Для визначення горизонтальних зусиль відносно міжповерхових діафрагм слід приймати конфігурацію недосконалості так, як це вказано на рисунку 5.2, де ϕ – недосконалість перекошення, отримана з виразу (5.2) при висоті поверху h , див. (3) а).

(5) For the determination of horizontal forces given in Figure 5.2 should be applied, where ϕ is a sway imperfection obtained from expression (5.2) assuming a single storey with height h , see (3) a).

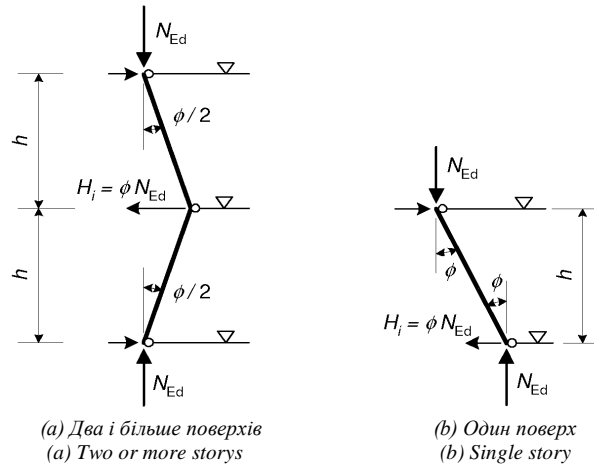


Рисунок 5.2 Форма недосконалості перекошення ϕ для визначення горизонтальних зусиль на міжповерхових діафрагмах
Figure 5.2 Configuration of sway imperfections ϕ for horizontal forces on floor diaphragms

(6) При проведенні розрахунку системи в цілому для визначення кінцевих зусиль і кінцевих моментів, що використовуються при перевірках елемента відповідно до 6.3, можна нехтувати локальною дуговою недосконалістю. Проте, для рамних конструкцій, чутливих до впливів другого порядку, необхідно враховувати місцеві дугові недосконалості елементів у поєднанні з недосконалостями перекошення (див. 5.2.1(3)) для кожного стиснутого елемента за таких умов:
 – за наявності, як мінімум, вузла, здатного сприймати момент, на одному кінці елемента;

(6) When performing the global analysis for determining end forces and end moments to be used in member checks according to 6.3 local bow imperfections may be neglected. However, for frames sensitive to second order effects local bow imperfections of members additionally to global sway imperfections (see 5.2.1(3)) should be introduced in the structural analysis of the frame for each compressed member where the following conditions are met:

- at least one moment resistant joint at one member end

$$\bar{\lambda} > 0,5 \sqrt{\frac{Af_o}{N_{Ed}}}, \tag{5.5}$$

де:
 N_{Ed} – розрахункове значення стискаючої сили;
 $\bar{\lambda}$ – відносна гнучкість елемента у площині деформації, якщо розглядати його як шарнірно закріплений.

where:
 N_{Ed} is the design value of the compression force;
 $\bar{\lambda}$ is the in-plane relative slenderness calculated for the member considered as hinged at its ends.

ПРИМІТКА. Локальна дугова недосконалість враховується при перевірці елемента за вказівками див. 5.2.2 (3) та 5.3.4.

NOTE. Local bow imperfections are taken into account in member checks, see 5.2.2 (3) and 5.3.4.

(7) Вплив початкових недосконалостей перекошення і дугових недосконалостей може бути замінений системами еквівалентних горизонтальних сил для кожної колони (див. рисунки 5.2 та 5.3).

(7) The effects of initial sway imperfection and bow imperfections may be replaced by systems of equivalent horizontal forces, introduced for each column, see Figure 5.2 and Figure 5.3.

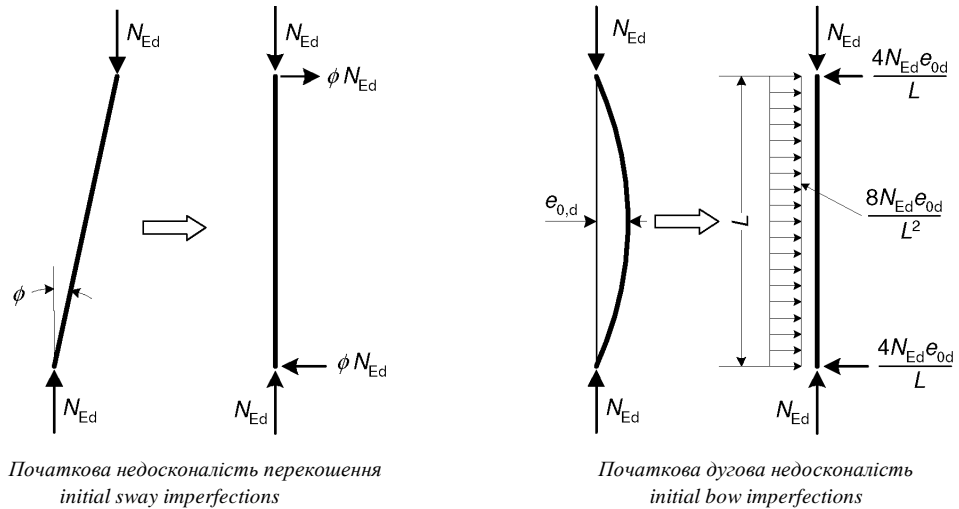


Рисунок 5.3 Заміна початкових недосконалостей еквівалентними горизонтальними силами
Figure 5.3 Replacement of initial imperfections by equivalent horizontal forces

(8) Початкові недосконалості перекошення необхідно передбачати для всіх горизонтальних напрямів, але розглядати їх слід для кожного напрямку окремо.

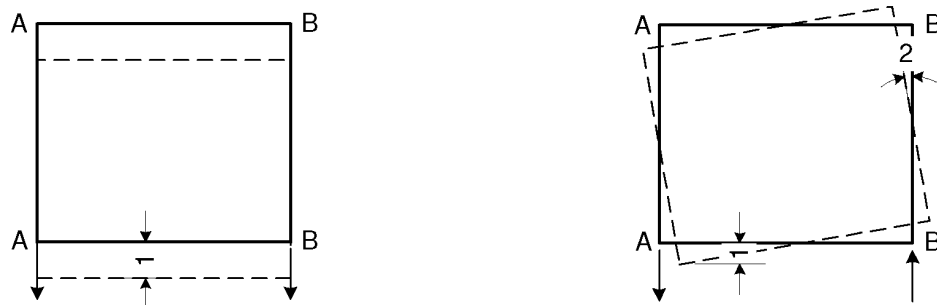
(8) These initial sway imperfections should apply in all relevant horizontal directions, but need only be considered in one direction at a time.

(9) У випадку використання еквівалентних горизонтальних сил для багатоповерхової будівлі з стійково-балковим каркасом, їх слід прикладати у рівні кожного поверху і покриття.

(9) Where, in multi-storey beam-and-column building frames, equivalent forces are used they should be applied at each floor and roof level.

(10) Вірогідні крутильні впливи, викликані антисиметричними перекошеннями на двох протилежних гранях, також мають бути враховані (див. рисунок 5.4).

(10) The possible torsional effects on a structure caused by anti-symmetric sways at the two opposite faces, should also be considered, see Figure 5.4.



а) Грані А-А і В-В при перекошенні в одному і тому ж напрямку
 (a) Faces A-A and B-B sway in same direction
 б) Грані А-А і В-В при перекошенні у протилежних напрямках
 (b) Faces A-A and B-B sway in opposite direction
 1 поступальне перекошення, 2 обертальне перекошення
 1 translational sway, 2 rotational sway

Рисунок 5.4 Поступальне й обертальне перекошення (у плані)
Figure 5.4 Translational and torsional effects (plan view)

(11) Альтернативну по відношенню до (3) і (6) форму втрати стійкості η_{cr} споруди

(11) As an alternative to (3) and (6) the shape of the elastic critical buckling mode η_{cr}

або елемента можна розглядати як єдину загальну і локальну недосконалість. Еквівалентна геометрична недосконалість може бути виражена у формі:

$$\eta_{\text{init}}(x) = e_{0,d} \frac{N_{\text{cr},m}}{EI_m |\eta_{\text{cr}}''|_{\text{max}}} \eta_{\text{cr}}(x), \quad (5.6)$$

де:

$$e_{0,d} = \alpha \left(\bar{\lambda}_m - \bar{\lambda}_0 \right) \frac{M_{\text{Rk},m}}{N_{\text{Rk},m}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}_m^2}{1 - \chi \bar{\lambda}_0^2} \quad \text{для (for) } \bar{\lambda}_m > \bar{\lambda}_0 \quad (5.7)$$

причому:

m – позначає поперечний переріз, де $|\eta_{\text{cr}}''|$ досягає максимуму;

α – є коефіцієнтом недосконалості для відповідної кривої деформації (див. таблицю 6.6).

$\bar{\lambda}_m = \sqrt{\frac{M_{\text{Rk},m}}{N_{\text{Rk},m}}}$ – відносна гнучкість споруди;

$\bar{\lambda}_0$ – межа, зазначена в таблиці 6.6.

χ – знижувальний коефіцієнт для відповідної кривої деформації (див. 6.3.1.2);

$N_{\text{cr},m} = \alpha_{\text{cr}} N_{\text{Ed},m}$ – величина осьового зусилля в поперечному перерізі m при досягненні критичного навантаження для пружного розрахунку;

α_{cr} – коефіцієнт запасу стійкості для конфігурації зусиль в елементах N_{Ed} для досягнення критичного навантаження при пружному розрахунку;

$M_{\text{Rk},m}$ – характеристичне значення несучої здатності критичного поперечного перерізу m на згинальний момент згідно з формулою (6.25) 6.2.5.1;

$N_{\text{Rk},m}$ – характеристичне значення несучої здатності критичного поперечного перерізу m на нормальне зусилля згідно з формулою (6.22) 6.2.4;

$EI_m |\eta_{\text{cr}}''|_{\text{max}}$ – згинальний момент, що виникає через η_{cr} у поперечному перерізі m ;

η_{cr}'' – друга похідна від $\eta_{\text{cr}}(x)$.

ПРИМІТКА 1. Для визначення коефіцієнта запасу на стійкість α_{cr} слід вважати, що елементи конструкції навантажені осьовими зусиллями N_{Ed} , які отримані в результаті пружного розрахунку

of the structure or of the verified member may be applied as a unique global and local imperfection. The equivalent geometrical imperfection may be expressed in the form:

where:

$$e_{0,d} = \alpha \left(\bar{\lambda}_m - \bar{\lambda}_0 \right) \frac{M_{\text{Rk},m}}{N_{\text{Rk},m}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}_m^2}{1 - \chi \bar{\lambda}_0^2} \quad \text{для (for) } \bar{\lambda}_m > \bar{\lambda}_0 \quad (5.7)$$

where:

m – denotes $|\eta_{\text{cr}}''|$ reaches its maximum;

α is the imperfection factor for the relevant buckling curve, see Table 6.6;

$\bar{\lambda}_m = \sqrt{\frac{M_{\text{Rk},m}}{N_{\text{Rk},m}}}$ is the relative slenderness of the

structure;

$\bar{\lambda}_0$ is the limit given in Table 6.6

χ is the reduction factor for the relevant buckling curve, see 6.3.1.2;

$N_{\text{cr},m} = \alpha_{\text{cr}} N_{\text{Ed},m}$ – is the value of axial force in cross-section m when the elastic critical buckling was reached;

α_{cr} is the minimum force amplifier for the axial force configuration N_{Ed} elastic critical buckling

$M_{\text{Rk},m}$ is the characteristic moment resistance of the cross-section m according to (6.25) 6.2.5.1;

$N_{\text{Rk},m}$ – is the characteristic normal force resistance of the cross-section m according to (6.22) 6.2.4;

$EI_m |\eta_{\text{cr}}''|_{\text{max}}$ is the bending η_{cr} at the cross-section m ;

η_{cr}'' – is the second derivative of $\eta_{\text{cr}}(x)$.

NOTE 1. For calculating the amplifier α_{cr} the members of the structure may be considered to be loaded by axial forces N_{Ed} only that result from the first order elastic analysis of the structure for the design loads

першого порядку на розрахункові навантаження.

ПРИМІТКА 2. Коефіцієнт $\frac{1}{EI_m |\eta_{cr}''|_{\max}}$ може бути

замінений на $\frac{|\eta''|_{\max}}{M''_{\eta_{cr},m} |\eta_{cr}''|_{\max}}$

де:

$|\eta_{cr}|_{\max}$ – максимальна амплітуда форми втрати стійкості конструкції (можна взяти довільну величину);

$|\eta''|_{\max}$ – максимальний прогин конструкції, що розраховується з використанням аналізу другого порядку для конструкції з недосконалістю у вигляді пружної критичної форми втрати стійкості η_{cr} при максимальній амплітуді $|\eta_{cr}|_{\max}$;

$M''_{\eta_{cr},m}$ – згинальний момент у поперечному перерізі m , який відповідає прогину $|\eta''|_{\max}$.

Згинальний момент, що відповідає формі недосконалостей $\eta_{init}(x)$ з урахуванням впливів другого порядку, можна обчислити за формулою:

$$M''_{\eta_{init}}(x) = \frac{e_{0,d} N_{cr,m} |\eta''|_{\max}}{M''_{\eta_{cr},m} |\eta_{cr}''|_{\max}} M''_{\eta_{cr}}(x). \quad (5.8)$$

ПРИМІТКА 3. Формула (5.6) ґрунтується на припущенні, що недосконалість η_{init} , яка повторює пружну форму втрати стійкості η_{cr} , повинна мати ту ж саму максимальну кривину, як і еквівалентний за стійкістю елемент того самого поперечного перерізу.

5.3.3 Недосконалість для розрахунку в'язевих систем

(1) При розрахунку в'язевих систем, у яких забезпечена бічна стійкість конструкції в межах геометричних довжин балок або стиснутих елементів, треба брати до уваги дугову недосконалість зв'язаних елементів. Амплітуда цієї недосконалості:

$$e_0 = \alpha_m L / 500, \quad (5.9)$$

де:

L – прогин елемента;

where:

L is the span of the member

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad (5.10)$$

m – кількість стиснутих елементів.

in which m is the number of members to be restrained.

NOTE 2. The ratio $\frac{1}{EI_m |\eta_{cr}''|_{\max}}$ may be replaced by

$$\frac{|\eta''|_{\max}}{M''_{\eta_{cr},m} |\eta_{cr}''|_{\max}}$$

where:

$|\eta_{cr}|_{\max}$ – is the maximum amplitude of the buckling mode of the structure (arbitrary value may be taken);

$|\eta''|_{\max}$ – is the maximum deflection of the structure calculated using second order analysis for the structure with the imperfection of the elastic critical buckling mode η_{cr} with maximum amplitude $|\eta_{cr}|_{\max}$;

$M''_{\eta_{cr},m}$ – is the bending moment in cross-section m calculated as given for $|\eta''|_{\max}$.

The bending moments in the structure due to $\eta_{init}(x)$ with allowing for second order effects may be then calculated from:

NOTE 3. Formula (5.6) is based on the requirement that the imperfection η_{init} having the shape of the elastic buckling mode η_{cr} should have the same maximum curvature as the equivalent uniform member.

5.3.3 Imperfection for analysis of bracing systems

(1) In the analysis of bracing systems which are required to provide lateral stability within the length of beams or compression members the effects of imperfections should be included by means of an equivalent geometric imperfection of the members to be restrained, in the form of an initial bow imperfection:

(2) Для зручності ефект початкової дугової недосконалості елементів, розкріплених за допомогою в'язевої системи може бути замінений еквівалентним стабілізуючим зусиллям, як показано на рисунку 5.5:

$$q_0 = \sum N_{Ed} 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2}, \quad (5.11)$$

де:

δ_q – прогин в'язевої системи у своїй площині при дії навантаження q_0 плюс прогин від будь-якого зовнішнього навантаження, що визначається на основі розрахунку першого порядку.

ПРИМІТКА 1. $\delta_q = 0$, якщо використовується теорія другого порядку.

ПРИМІТКА 2. Оскільки δ_q у формулі (5.11) залежить від q_0 , слід запровадити ітераційну процедуру.

(3) Там, де в'язева система потрібна для стабілізації стисненого поясу балки постійної висоти, зусилля N_{Ed} на рисунку 5.5 можна отримати за формулою:

$$N_{Ed} = M_{Ed} / h, \quad (5.12)$$

де:

M_{Ed} – максимальний момент у балці;

h – загальна висота балки.

ПРИМІТКА. У випадку, якщо балка зазнає зовнішнього стиску, цей факт необхідно обов'язково врахувати.

(4) У точках зрощення балок або стиснутих стрижнів виникають сили, рівні $\alpha_m N_{Ed} / 100$. Слід перевіряти, чи можуть ці сили передаватись до точок, у яких балка або стиснутий елемент розкріплені (див. рисунок 5.6).

(5) Для перевірки місцевого зусилля відповідно до пункту (4) зовнішні навантаження будь-якого виду, що діють на несучі системи, повинні також враховуватися, проте зусилля, що виникають через недосконалість, розглянуту в пункті (1),

(2) For convenience, the effects of the initial bow imperfections of the members to be restrained by a bracing system, may be replaced by the equivalent stabilising force as shown in Figure 5.5:

where:

δ_q – is the inplane deflection q_0 plus any external loads calculated from first order analysis.

NOTE 1. $\delta_q = 0$, for second order analysis.

NOTE 2. As δ_q in (5.11) it results in an iterative procedure.

(3) Where the bracing system is required to stabilise the compression flange of a beam of constant height, the force N_{Ed} in Figure 5.5 may be obtained from

where:

M_{Ed} is the

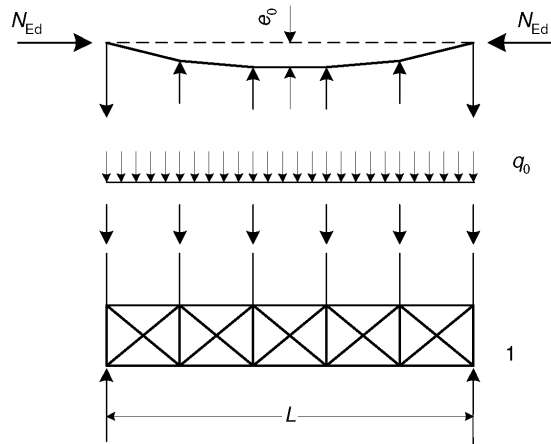
h is the overall depth of the beam.

NOTE. Where a beam is subjected to external compression, this should be taken into account.

(4) At points where beams or compression members are spliced, it should also be verified that the bracing system is able to resist a local force equal to $\alpha_m N_{Ed} / 100$ which is spliced at that point, and to transmit this force to the adjacent points at which that beam or compression member is restrained, see Figure 5.6

(5) For checking for the local force according to clause (4), any external loads acting on bracing systems should also be included, but the forces arising from the imperfection given in (1) may be omitted.

можна опустити.



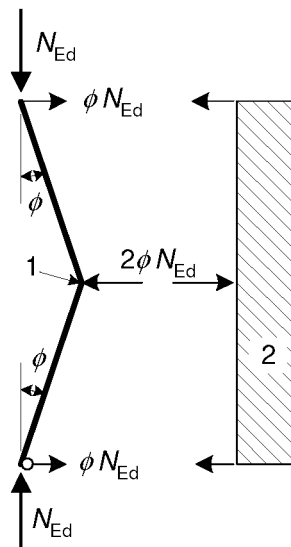
e_0 – недосконалість; q_0 – еквівалентне зусилля на одиницю довжини; 1 – в’язева система

e_0 – imperfection; q_0 – equivalent force per unit length; 1 – bracing system

Зусилля N_{Ed} вважається рівномірно розподіленим у межах прогону L в’язевої системи. При нерівномірному розподілі зусилля такий підхід дає невеликий запас.

The force N_{Ed} is assumed uniform within the span L of the bracing. For non-uniform forces this is slightly conservative.

Рисунок 5.5 Еквівалентне стабілізуюче зусилля
Figure 5.5 Equivalent stabilising force



$$\phi = \alpha_m \phi_0 : \phi_0 = 1/200$$

$$2\phi N_{Ed} = \alpha_m N_{Ed} / 100$$

1 – з’єднання внакрив; 2 – в’язева система
1 splice; 2 bracing system

Рисунок 5.6 Навантаження на в’язі при зрощенні стиснутих елементів
Figure 5.6 Bracing forces at splices in compression members

5.3.4 Недосконалість елемента

5.3.4 Member imperfections

(1) Вплив недосконалості елементів, описаних у 5.3.1(1), включено до складу формул для перевірки стійкості елементів (див. 6.3.1).

(1) The effects of imperfections of members described in 5.3.1(1) are incorporated within the formulas given for buckling resistance for members, see section 6.3.1.

(2) У випадках, коли стійкість елементів перевіряється з урахуванням ефектів другого порядку у відповідності з 5.2.2(5)a), недосконалості стиснутих елементів $e_{0,d}$ необхідно розглядати згідно з 5.3.2(3)б), 5.3.2(5) або (6).

(3) Для розрахунків другого порядку з урахуванням згинально-крутильної форми втрати стійкості недосконалість може прийматися рівною $ke_{0,d}$, де $e_{0,d}$ – еквівалент початкової дугової недосконалості у напрямку мінімальної жорсткості профілю. Тобто, в цьому випадку немає необхідності враховувати додаткову крутильну недосконалість.

ПРИМІТКА. Значення k для конструкцій, що виготовляються в Україні, слід брати з Національного додатка України. Рекомендується приймати значення $k = 0,5$.

5.4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

5.4.1 Загальні положення

(1) Внутрішні зусилля і моменти слід визначати одним із двох методів:

- a) методом пружного розрахунку системи в цілому;
- b) методом пластичного розрахунку системи в цілому.

ПРИМІТКА. Щодо використання методу скінчених елементів див. EN 1993-1-5.

(2) Метод пружного розрахунку системи в цілому може використовуватися у всіх випадках.

(3) Метод пластичного розрахунку системи в цілому може використовуватися тільки в тих випадках, коли конструкція має достатній опір крутильній формі втрати стійкості з урахуванням фактичного розташування пластичних шарнірів, незалежно від того знаходяться вони в елементах чи у вузлах. У випадках, коли пластичний шарнір знаходиться у прогоні елемента його поперечні перерізи повинні

(2) Where the stability of members is accounted for by second order analysis according to 5.2.2(5)a) for compression members imperfections $e_{0,d}$ according to 5.3.2(3)b) or 5.3.2(5) or (6) should be considered.

(3) For a second order analysis taking account of lateral torsional buckling of a member in bending the imperfections may be adopted as for $ke_{0,d}$, where $e_{0,d}$ is the equivalent initial bow imperfection of the weak axis of the profile considered. In general an additional torsional imperfection need not to be allowed for.

NOTE. The National Annex may choose the value of k . The value $k = 0,5$ is recommended.

5.4 METHODS OF ANALYSIS

5.4.1 General

(1) The internal forces and moments may be determined using either

- a) elastic global analysis
- b) plastic global analysis.

NOTE. For finite element model (FEM) analysis see EN 1993-1-5.

(2) Elastic global analysis may be used in all cases.

(3) Plastic global analysis may be used only where the structure has sufficient rotation capacity at the actual location of the plastic hinge, whether this is in the members or in the joints. Where a plastic hinge occurs in a member, the member cross sections should be double symmetric or single symmetric with a plane of symmetry in the same plane as the rotation of the plastic hinge and it should satisfy the requirements specified in 5.4.3.

бути подвійносиметричними або симетричними відносно площини повороту пластичного шарніра, а також повинні виконуватися вимоги 5.4.3. У випадках, коли пластичний шарнір знаходиться біля вузла, вузлове з'єднання повинне мати або достатню міцність, щоб забезпечити розвиток шарніра в елементі, або ж пластичну міцність при достатньому повороті.

ПРИМІТКА 1. Дані про можливості повороту у пластичному шарнірі наведені в Додатку G.

ПРИМІТКА 2. Тільки деякі види сплавів мають достатню деформівність, щоб забезпечити достатній кут повороту (див. 6.4.3(2)).

5.4.2 Пружний розрахунок системи в цілому

(1) Пружний розрахунок системи в цілому ґрунтується на припущенні, що залежність напруження–деформація для матеріалу носить лінійний характер при будь-якому рівні напружень.

ПРИМІТКА. Щодо вибору моделі напівнерозрізного вузлового з'єднання див. 5.1.2.

(2) Внутрішні зусилля і моменти можна знаходити у відповідності з пружним розрахунком системи в цілому навіть у тому разі, коли несуча здатність поперечного перерізу визначається з урахуванням пластичних деформацій.

(3) Пружний розрахунок системи в цілому може також застосовуватися для поперечних перерізів, опір яких визначається місцевою втратою стійкості.

5.4.3 Пластичний розрахунок системи в цілому

(1) Пластичний розрахунок системи в цілому не слід використовувати для балок з поперечними зварними швами на розтягнутій стороні елемента при розташуванні там пластичних шарнірів.

ПРИМІТКА. Рекомендації з використання пластичного розрахунку системи в цілому наведені в Додатку H.

Where a plastic hinge occurs in a joint the joint should either have sufficient strength to ensure the hinge remains in the member or should be able to sustain the plastic resistance for a sufficient rotation.

NOTE 1. Information on rotation capacity is given in Annex G.

NOTE 2. Only certain alloys have the required ductility to allow sufficient rotation capacity, see 6.4.3(2).

5.4.2 Elastic global analysis

(1) Elastic global analysis is based on the assumption that the stress-strain behaviour of the material is linear, whatever the stress level is.

NOTE. For the choice of a semi-continuous joint model see 5.1.2.

(2) Internal forces and moments may be calculated according to elastic global analysis even if the resistance of a cross section is based on its plastic resistance.

(3) Elastic global analysis may also be used for cross sections, the resistances of which are limited by local buckling.

5.4.3 Plastic global analysis

(1) Plastic global analysis should not be used for beams with transverse welds on the tension side of the member at the plastic hinge locations.

NOTE. For plastic global analysis of beams recommendations are given in Annex H.

(2) Пластичний розрахунок системи в цілому використовується тільки там, де може бути забезпечена стійкість елементів (див. 6.3).

(2) Plastic global analysis should only be used where the stability of members can be assured, see 6.3.

6 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ВТРАТОЮ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

6.1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

6.1.1 Загальні положення

(1)Р Підбір параметрів алюмінієвих конструкцій та конструкційних елементів повинен виконуватися таким чином, щоб задовольнити загальні проектні вимоги до граничного стану за втратою несучої здатності, викладені у розділі 2. Розрахункові рекомендації стосуються конструкцій, які перебувають у нормальних погодних умовах.

6.1.2 Характеристичні показники міцності

(1) У розрахунках елементів конструкцій повинні використовуватися такі характеристичні показники міцності:

f_0 – характеристичне значення межі міцності при згині та межі повної текучості при розтягу/стиску;

f_u – характеристичне значення межі міцності при перевірці перерізу нетто на місцевий розтяг/стиск.

(2) Характеристичні значення на рівні 0,2% від умовної межі текучості f_0 і межі міцності на розтяг f_u для деформівних алюмінієвих сплавів, наведені у 3.2.2.

6.1.3 Часткові коефіцієнти надійності

(1) Часткові коефіцієнти надійності γ_M , визначені у 2.4.3, слід застосовувати до різних характеристичних показників міцності, що використовуються у цьому розділі, згідно з наступною таблицею:

Таблиця 6.1 Часткові коефіцієнти надійності для граничних станів за втратою несучої здатності

Опір поперечних перерізів довільного класу:	γ_{M1}
Здатність елементів опиратися втраті стійкості, за перевірками окремих елементів:	
Опір поперечних перерізів у стані розтягу до повного руйнування:	γ_{M2}
Опір вузлових з'єднань:	Див. розділ 8

6 ULTIMATE LIMIT STATES FOR MEMBERS

6.1 BASIS

6.1.1 General

(1)P Aluminium structures and components shall be proportioned so that the basic design requirements for the ultimate limit state given in Section 2 are satisfied. The design recommendations are for structures subjected to normal atmospheric conditions.

6.1.2 Characteristic value of strength

(1) Resistance calculations for members are made using characteristic value of strength as follows:

f_0 – is the characteristic value of the strength for bending and overall yielding in tension and compression;

f_u – is the characteristic value of the strength for the local capacity of a net section in tension or compression

(2) The characteristic value of the 0,2% proof strength f_0 and the ultimate tensile strength f_u for wrought aluminium alloys are given in 3.2.2.

6.1.3 Partial safety factors

(1) The partial factors γ_M as defined in 2.4.3 should be applied to the various characteristic values of resistance in this section as follows:

Table 6.1 Partial safety factors for ultimate limit states

resistance of cross-sections whatever the class is:	γ_{M1}
resistance of members to instability assessed by member checks:	
resistance of cross-sections in tension to fracture:	γ_{M2}
resistance of joints:	See Section 8

ПРИМІТКА 1. Часткові коефіцієнти γ_{M1} та γ_{M2} наведені у Національному додатку України № 2. Рекомендуються наступні числові значення: $\gamma_{M1} = 1,10$; $\gamma_{M2} = 1,25$.

ПРИМІТКА 2. Інші рекомендовані числові значення див. у EN 1999 з частини 1-2 по частину 1-5. Необхідні відомості щодо конструкцій, не охоплених рамками EN 1999 з частини 1-2 до частини 1-5, слід брати з Національного додатку.

6.1.4 Класифікація поперечних перерізів

6.1.4.1 Основні положення

(1) Класифікація поперечних перерізів необхідна для того, щоб встановити межі, у яких показники міцності та взаємний кут повороту поперечних перерізів, що знаходяться по обидва боки від пластичного шарніру, обмежені можливістю місцевої втрати стійкості.

ПРИМІТКА. Див. також Додаток F.

6.1.4.2 Класифікація

(1) Встановлено наступні чотири класи поперечних перерізів:

У поперечних перерізах 1-го класу може утворюватися пластичний шарнір з таким взаємним кутом повороту перерізів, який відповідає пластичному руйнуванню без втрати стійкості.

ПРИМІТКА. Інша інформація щодо поперечних перерізів класу 1 міститься в Додатку G.

У поперечних перерізах 2-го класу розвивається пластичний момент, але взаємний кут повороту перерізів обмежений можливістю втрати стійкості.

У поперечних перерізах 3-го класу розраховане напруження у крайньому стисне-

NOTE 1. Partial factors γ_{M1} may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended: $\gamma_{M1} = 1,10$; $\gamma_{M2} = 1,25$.

NOTE 2. For other recommended numerical values see EN 1999 Part 1-2 to Part 1-5. For structures not covered by EN 1999 Part 1-2 to Part 1-5 the National Annex may give information.

6.1.4 Classification of cross-sections

6.1.4.1 Basis

(1) The role of cross-section classification is to identify the extent to which the resistance and rotation capacity of cross-sections is limited by its local buckling resistance.

NOTE. See also Annex F.

6.1.4.2 Classification

(1) Four classes of cross-sections are defined, as follows:

Class 1 cross-sections are those that can form a plastic hinge with the rotation capacity required for plastic analysis without reduction of the resistance.

NOTE. Further information on class 1 cross-sections is given in Annex G.

Class 2 cross-sections are those that can develop their plastic moment resistance, but have limited rotation capacity because of local buckling.

Class 3 cross-sections are those in which the calculated stress in the extreme compression

ному волокні може досягти умовної межі текучості, проте повному розвитку пластичного моменту перешкоджає місцева втрата стійкості.

У поперечних перерізах 4-го класу місцева втрата стійкості відбувається до того, як у одній або кількох частинах перерізу досягається умовна межа текучості.

(2) У перерізах 4-го класу для врахування зниження опору за рахунок можливої втрати стійкості можна використовувати приведену товщину (див. 6.1.5).

(3) Класифікація поперечного перерізу залежить від співвідношення ширини стисненого фрагмента перерізу до його товщини.

(4) Стиснутими фрагментами перерізу вважаються будь-які фрагменти, які під дією заданої комбінації навантажень частково або повністю перебувають у стані стиску.

(5) Різні стиснуті фрагменти поперечного перерізу (наприклад, стінки або полиці балок) можуть відноситися до різних класів. Щоб віднести переріз до певного класу, слід вибрати з-поміж класів, до яких належать стиснені фрагменти перерізу, клас із найбільшим номером (тобто найменш сприятливий з точки зору міцності).

(6) Для цілей класифікації розрізняють такі основні типи тонкостінних фрагментів перерізу:

- a) плоскі консольні фрагменти;
- b) плоскі внутрішні фрагменти;
- c) криволінійні внутрішні фрагменти.

Ці фрагменти можуть не мати підсилення або ж бути підсилені поздовжніми ребрами жорсткості, кінцевими загинами або потовщеннями (див. рисунок 6.1).

fibre of the aluminium member can reach its proof strength, but local buckling is liable to prevent development of the full plastic moment resistance.

Class 4 cross-sections are those in which local buckling will occur before the attainment of proof stress in one or more parts of the cross-section.

(2) In Class 4 cross-sections effective thickness may be used to make the necessary allowances for reduction in resistance due to the effects of local buckling, see 6.1.5.

(3) The classification of a cross-section depends on the width to thickness ratio of the parts subject to compression.

(4) Compression parts include every part of a cross-section that is either totally or partially in compression under the load combination considered.

(5) The various compression parts in a cross-section (such as web or a flange) can, in general, be in different classes. A cross-section is classified according to the highest (least favourable) class of its compression parts.

(6) The following basic types of thin-walled part are identified in the classification process:

- a) flat outstand parts;
- b) flat internal parts;
- c) curved internal parts.

These parts can be un-reinforced, or reinforced by longitudinal stiffening ribs or edge lips or bulbs (see Figure 6.1).

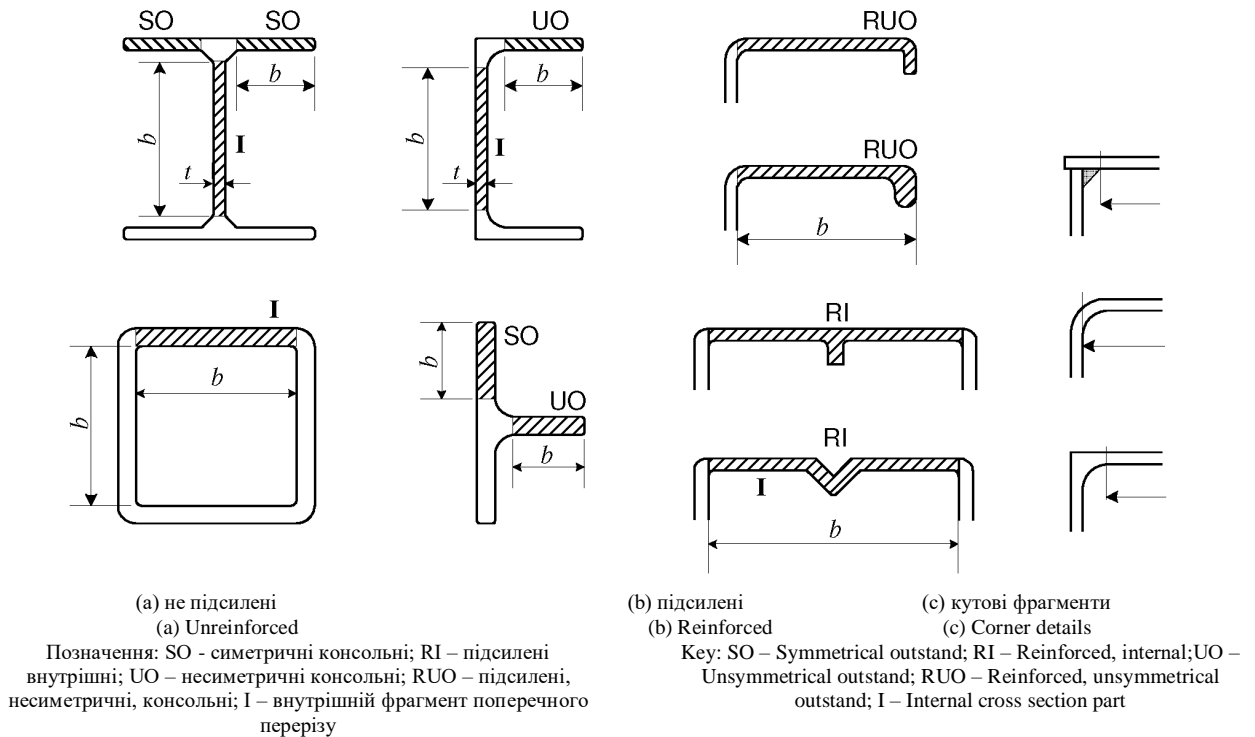


Рисунок 6.1 Типи фрагментів поперечного перерізу
Figure 6.1 Types of cross-section parts

6.1.4.3 Показники згучкості

(1) Показником здатності непідсилених плоских фрагментів до втрати стійкості є параметр β , обчислюваний за наступними формулами:

a) плоскі фрагменти, що не мають градієнта напруження, чи плоскі консольні фрагменти з максимальним стиском на закріпленому кінці

$$\beta = b / t ; \tag{6.1}$$

b) внутрішні фрагменти при наявності градієнта напружень, який призводить до появи нейтральної осі у центрі

$$\beta = 0,40b / t ; \tag{6.2}$$

c) внутрішні фрагменти при наявності градієнта напружень і консольні фрагменти з максимальним стиском на вільному кінці

$$\beta = \eta b / t , \tag{6.3}$$

де:
 b – ширина фрагмента поперечного перерізу
 t – товщина поперечного перерізу

6.1.4.3 Slenderness parameters

(1) The susceptibility of an un-reinforced flat part to local buckling is defined by the parameter β , which has the following values:

a) flat internal parts with no stress gradient or flat outstands with no stress gradient or peak compression at toe

b) internal parts with a stress gradient that results in a neutral axis at the center

c) internal parts with stress gradient and outstands with peak compression at root

where:
 b is the width of a cross-section part
 t is the thickness of a cross-section
 η is the stress gradient factor given by the

η – коефіцієнт градієнта напруження, який виражається як:

$$\eta = 0,70 + 0,30\psi \quad (1 \geq \psi \geq -1) \quad (6.4)$$

$$\eta = 0,80 / (1 - \psi) \quad (\psi < -1), \quad (6.5)$$

де:

ψ – відношення напруження на краю даного плоского фрагмента до максимального напруження стиску. В загальному випадку треба використовувати пружну нейтральну вісь, проте для перевірки належності перерізу до класу 1 чи до класу 2 можна використовувати пластичну нейтральну вісь.

expressions:

where

ψ is the ratio of the stresses at the edges of the plate under consideration related to the maximum compressive stress. In general the neutral axis should be the elastic neutral axis, but in checking whether a section is class 1 or 2 it is permissible to use the plastic neutral axis.

ПРИМІТКА. При розрахунку параметрів β всі фрагменти поперечного перерізу вважаються шарнірно-опертими навіть у тому разі, коли насправді фрагменти перерізу защемлені пружно або жорстко.

NOTE. All cross section parts are considered simply supported when calculating the parameters β even if the cross section parts are elastically restrained or clamped.

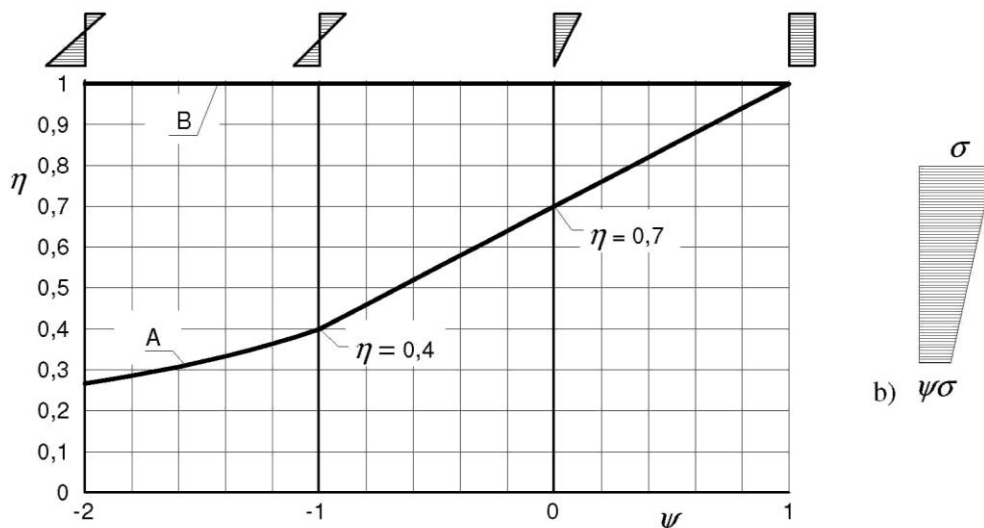


Рисунок 6.2 Значення η для плоских фрагментів при наявності градієнта напруження. Для внутрішніх фрагментів і консольних фрагментів з максимальним стиском на вільному кінці використовуйте криву А. Для консольних фрагментів з максимальним стиском на закріпленому кінці використовуйте лінію В.

Figure 6.2 Flat internal parts under stress gradient, values of η For internal parts or (peak compression at root) use curve A. For outstands (peak compression at toe) use line B.

(2) Аналізуючи здатність підсиленого плоского фрагмента до втрати стійкості, необхідно розглянути три можливі форми втрати стійкості, як вказано на рисунку 6.3. Для кожної форми необхідно визначити окремі значення β . Форми втрати стійкості визначені нижче:

а) Форма 1: підсилений фрагмент втрачає стійкість як єдине ціле, тобто підсилювальна деталь має ту саму кривину, що і сам фрагмент. Цю форму називають

(2) When considering the susceptibility of a reinforced flat part to local buckling, three possible buckling modes should be considered, as shown in Figure 6.3. Separate values of β should be found for each mode. The modes are:

а) Mode 1: the reinforced part buckles as a unit, so that the reinforcement buckles with the same curvature as the part. This mode is often referred to as distortional buckling.

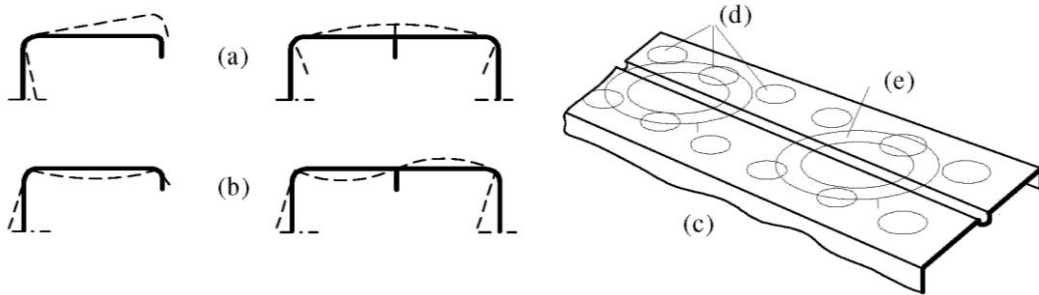
вигином;

б) Форма 2: фрагменти перерізу і підсилювальні деталі втрачають стійкість окремо, тоді як ділянка з'єднання між ними залишається прямолінійною;

с) Форма 3: комбінація форм 1 і 2, у якій вигини фрагментів накладаються на вигин всієї ділянки. Ця форма показана на рисунку 6.3(с)

b) Mode 2: the sub-parts and the reinforcement buckle as individual parts with the junction between them remaining straight.

c) Mode 3: this is a combination of Modes 1 and 2 in which sub-part buckles are superimposed on the buckles of the whole part. This is indicated in Figure 6.3(c).



(a) – форма 1; (b) – форма 2; (c) – форма 3; (d) – вигин фрагментів; (e) – вигин підсиленого елемента.
(a) – Mode 1, (b) – mode 2, (c) – mode 3, (d) – sub-part buckles, (e) – whole reinforced part buckles.

Рисунок 6.3 **Форми втрати стійкості плоских підсилених фрагментів**

Figure 6.3 **Buckling modes for flat reinforced parts**

(3) Значення β обчислюються таким чином:

а) Форма 1, рівномірний стиск, стандартне підсилення.

Якщо підсилення виконане за допомогою одностороннього ребра або кромки тієї ж товщини, що й товщина фрагмента t :

(3) Values of β are found as follows:

a) Mode 1, uniform compression, standard reinforcement:

When the reinforcement is a single-sided rib or lip of thickness equal to the part thickness t :

$$\beta = \eta \frac{b}{t}, \tag{6.6}$$

де η визначається виразами (6.7a), (6.7b) чи (6.7c) або береться з рисунка 6.4(a), (b) або (c). На цьому рисунку глибина c ребра або кромки вимірюється до внутрішньої поверхні листа.

where η is given in expressions (6.7a), (6.7b) or (6.7c), or is read from Figure 6.4(a), (b) or (c). In this figure the depth c of the rib or lip is measured to the inner surface of the plate.

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1+0,1(c/t-1)^2}} \tag{рис. 6.4a} \tag{6.7a}$$

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1+2,5 \frac{(c/t-1)^2}{b/t}}} \geq 0,5 \tag{рис. 6.4b} \tag{6.7b}$$

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1+4,5 \frac{(c/t-1)^2}{b/t}}} \geq 0,33 \tag{рис. 6.4c} \tag{6.7c}$$

б) Форма 1, рівномірний стиск, нестандартне підсилення.

Якщо підсилення має іншу форму, його замінюють на еквівалентне ребро або кромку, рівну по товщині самому фрагментові (t). Значення c для еквівалентного ребра або кромки вибирається таким чином, щоб момент інерції підсилення відносно серединної площини пластини дорівнював моменту інерції нестандартного підсилення відносно тієї самої площини. Інший спосіб наведено у 6.6.

с) Форма 1, рівномірний стиск, складне підсилення.

Якщо нетипова конфігурація підсилення не підлягає методу розрахунку, описаному вище, тоді приймаємо

$$\beta = \frac{b}{t} \left(\frac{\sigma_{cr0}}{\sigma_{cr}} \right)^{0,4}, \quad (6.8)$$

де:

σ_{cr} – критичне напруження у пружній стадії для підсиленого фрагмента у припущенні шарнірного обпирання його країв;

σ_{cr0} – критичне напруження у пружній стадії для непідсиленого фрагмента у припущенні шарнірного обпирання його країв.

д) Форма 1, градієнт напруження.

Значення β знаходиться з виразу (6.8), де σ_{cr} і σ_{cr0} тепер відносяться до напруження на більш стиснутому краю фрагмента.

е) Форма 2.

Значення β знаходиться окремо для кожної частини фрагмента у відповідності до 6.1.4.3(1) а).

(4) Здатність рівномірно стисненого, пологого, криволінійного, непідсиленого внутрішнього фрагмента до місцевої втрати стійкості вимірюється параметром β , де:

$$\beta = \frac{b}{t} \frac{1}{\sqrt{1 + 0,006 \frac{b^2}{R^2 t^2}}}, \quad (6.9)$$

R – радіус кривини серединної поверхні матеріалу;

b – ширина розгортки фрагмента у

б) Mode 1, uniform compression, non-standard reinforcement.

With any other single shape of reinforcement, the reinforcement is replaced by an equivalent rib or lip equal in thickness to the part (t). The value of c for the equivalent rib or lip is chosen so that the second moment of area of the reinforcement about the mid-plane of the plate part is equal to that of the non-standard reinforcement about the same plane. An alternative method is given in 6.6.

с) Mode 1, uniform compression, complex reinforcement.

For unusual shapes of reinforcement not amenable to the analysis described above

where:

σ_{cr} – is the elastic critical stress for the reinforced part assuming simply supported edges;

σ_{cr0} – is the elastic critical stress for the unreinforced part assuming simply supported edges.

д) Mode 1, stress gradient.

The value of β is found from the expression (6.8), where σ_{cr} and σ_{cr0} now relate to the stress at the more heavily compressed edge of the part.

е) Mode 2.

The value of β is found separately for each sub-part in accordance with 6.1.4.3(1) a).

(4) The susceptibility of a uniformly compressed shallow curved unreinforced internal part to local buckling is defined by β where:

R is radius of curvature to the mid-thickness of material

b is developed width of the part at mid-

серединній площині матеріалу;
 t – товщина.

thickness of material
 t is thickness.

Цей розрахунок дійсний, якщо $R/b > 0,1b/t$. Перерізи з більш криволінійними фрагментами вимагають окремого розрахунку або експериментального дослідження.

The above treatment is valid if $R/b > 0,1b/t$. Sections containing more deeply curved parts require special study or design by testing.

(5) Здатність тонкостінної круглої труби до втрати стійкості, як в умовах рівномірного стиску, так і при згині визначається параметром β , де:

(5) The susceptibility of a thin-walled round tube to local buckling, whether in uniform compression or in bending is defined by β where:

$$\beta = 3\sqrt{\frac{D}{t}}, \quad (6.10)$$

D – діаметр серединної поверхні матеріалу труби.

D diameter to mid-thickness of tube material.

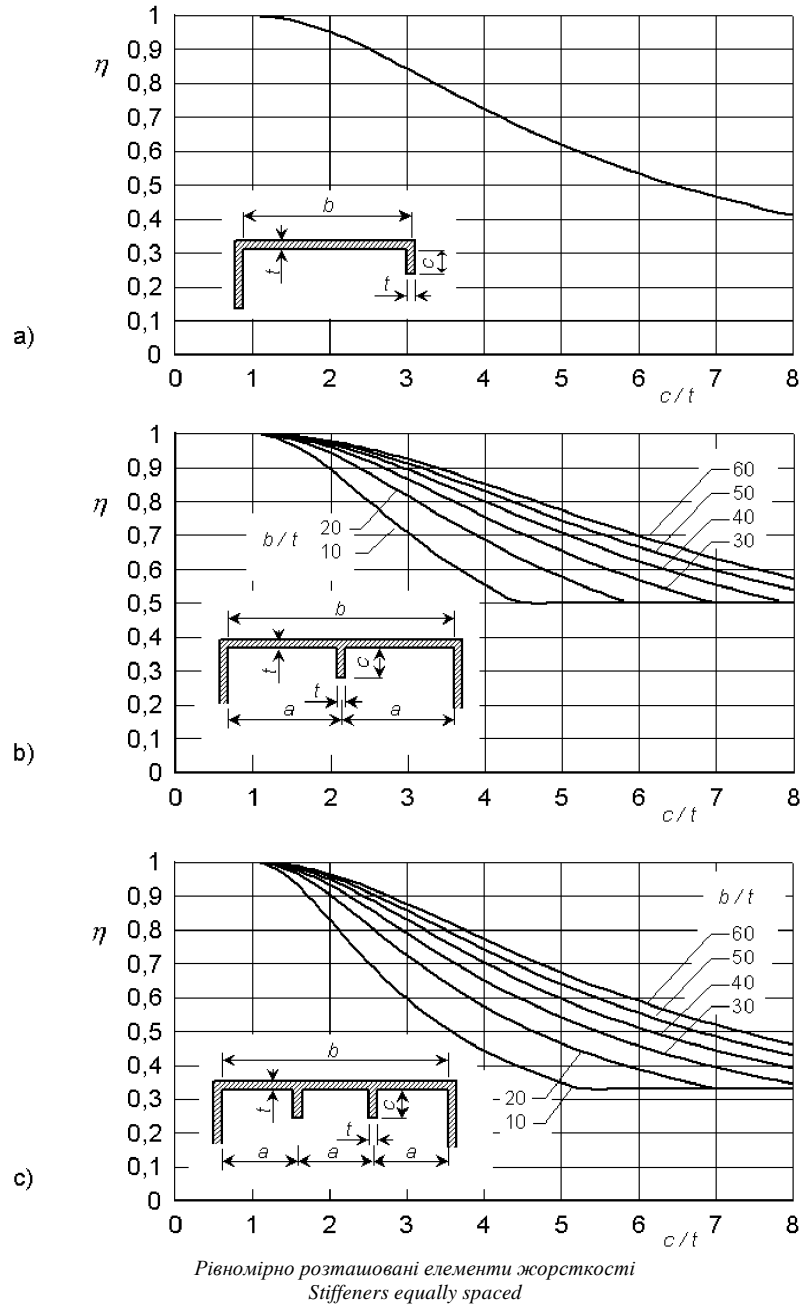


Рисунок 6.4 Значення η для підсилених фрагментів поперечного перерізу
 Figure 6.4 Values of η for reinforced cross section parts

6.1.4.4 Класифікація фрагментів поперечних перерізів

6.1.4.4 Classification of cross-section parts

(1) Класифікація фрагментів поперечних перерізів базується на значеннях параметра гнучкості β наступним чином:

(1) The classification of parts of cross-sections is linked to the values of the slenderness parameter β as follows:

Фрагменти в балках	Фрагменти в розкосах	Parts in beam	Parts in struts
$\beta \leq \beta_1$: клас 1	$\beta \leq \beta_2$: клас 1 або 2	$\beta \leq \beta_1$: class 1	$\beta \leq \beta_2$: class 1 або 2
$\beta_1 < \beta \leq \beta_2$: клас 2	$\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: клас 3	$\beta_1 < \beta \leq \beta_2$: class 2	$\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: class 3

Фрагменти в балках	Фрагменти в розкосах	Parts in beam	Parts in struts
$\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: клас 3	$\beta_3 < \beta$: клас 4	$\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: class 3	$\beta_3 < \beta$: class 4
$\beta_3 < \beta$: клас 4		$\beta_3 < \beta$: class 4	

(2) Значення β_1, β_2 і β_3 наведені в таблиці 6.2.

(2) Values of β_1, β_2 and β_3 are given in Table 6.2.

Таблиця 6.2 Параметри гнучкості $\beta_1/\epsilon, \beta_2/\epsilon$ і β_3/ϵ

Класифікація матеріалу згідно з таблицею 3.2	Внутрішня частина			Консольна частина		
	β_1/ϵ	β_2/ϵ	β_3/ϵ	β_1/ϵ	β_2/ϵ	β_3/ϵ
Клас А, без швів	11	16	22	3	4,5	6
Клас А, зі швами	9	13	18	2,5	4	5
Клас В, без швів	13	16,5	18	3,5	4,5	5
Клас В, зі швами	10	13,5	15	3	3,5	4

$\epsilon = \sqrt{250/f_0}$, де f_0 – у Н/мм²

Table 6.2 Slenderness parameters $\beta_1/\epsilon, \beta_2/\epsilon$ and β_3/ϵ

Material classification according to Table 3.2	Internal part			Outstand part		
	β_1/ϵ	β_2/ϵ	β_3/ϵ	β_1/ϵ	β_2/ϵ	β_3/ϵ
Class A, without welds	11	16	22	3	4,5	6
Class A, with welds	9	13	18	2,5	4	5
Class B, without welds	13	16,5	18	3,5	4,5	5
Class B, with welds	10	13,5	15	3	3,5	4

$\epsilon = \sqrt{250/f_0}$, f_0 in N/mm²

(3) У таблиці 6.2 прийнято, що фрагмент поперечного перерізу має зварні шви, якщо на краю або у будь-якій іншій точці у межах його ширини присутнє зварювання. Однак можна вважати, що фрагмент поперечного перерізу не має зварних швів, якщо шви розташовані перпендикулярно до осі елемента, з метою поперечного закріплення.

(3) In the Table 6.2, a cross-section part is considered with welds if it contains welding at an edge or at any point within its width. However, a cross-sections part may be considered as without welds if the welds are transversal to the member axis and located at a position of lateral restraint.

ПРИМІТКА. Класифікація фрагментів перерізів зі зварними швами не залежить від ширини пришовної зони.

NOTE. In a cross-section part with welds the classification is independent of the extent of the HAZ.

(4) При класифікації фрагментів в елементах конструкцій, що перебувають у стані згину, якщо ці фрагменти менш напружені, ніж найбільш напружені волокна у даному перерізі, можна скористатися модифікованим виразом $\epsilon = \sqrt{(250/f_0)(z_1/z_2)}$. У цьому виразі значення z_1 є відстанню від пружної нейтральної осі розрахункового перерізу до

(4) When classifying parts in members under bending, if the parts are less highly stressed than the most severely stressed fibres in the section, a modified expression $\epsilon = \sqrt{(250/f_0)(z_1/z_2)}$ may be used. In this expression, z_1 is the distance from the elastic neutral axis of the effective section to the most severely stressed fibres, and z_2 is the distance from the elastic neutral axis of the effective

найбільш напружених волокон, а значення z_2 є відстанню від пружної нейтральної осі розрахункового перерізу до даного фрагмента. Значення z_1 і z_2 необхідно обчислювати за заданим розрахунковим перерізом за допомогою ітераційного процесу (щонайменше дві ітерації).

section to the part under consideration. z_1 and z_2 should be evaluated on the effective section by means of an iterative procedure (minimum two steps).

6.1.5 Опір місцевій втраті стійкості

6.1.5 Local buckling resistance

(1) Можливість втрати стійкості у елементах 4-го класу в загальному випадку враховується шляхом заміни фактичного перерізу на ефективний переріз. Площа ефективного перерізу обчислюється шляхом застосування коефіцієнта стійкості ρ_c для зменшення фактичної товщини. Коефіцієнт ρ_c застосовується до будь-якого фрагмента класу 4 постійної товщини, який повністю або частково знаходиться у стані стиску. Фрагменти змінної товщини підлягають окремому дослідженню.

(1) Local buckling in class 4 members is generally allowed for by replacing the true section by an effective section. The effective section is obtained by employing a local buckling factor ρ_c to factor down the thickness. ρ_c is applied to any uniform thickness class 4 part that is wholly or partly in compression. Parts that are not uniform in thickness require a special study.

(2) Коефіцієнт ρ_c обчислюється за виразами (6.11) або (6.12) окремо по всіх фрагментах перерізу, через відношення β/ε , де β визначено у 6.1.4.3, ε – у таблиці 6.2, а константи C_1 і C_2 беруться з таблиці 6.3. Співвідношення між ρ_c і β/ε показані у вигляді графіків на рисунку 6.5.

(2) The factor ρ_c is given by expressions (6.11) or (6.12), separately for different parts of the section, in terms of the ratio β/ε , where β is found in 6.1.4.3, ε is defined in Table 6.2 and the constants C_1 and C_2 in Table 6.3. The relationships between ρ_c and β/ε are summarised in Figure 6.5.

$$\rho_c = 1,0 \text{ , якщо (but) } \beta \leq \beta_3 \tag{6.11}$$

$$\rho_c = \frac{C_1}{(\beta/\varepsilon)} - \frac{C_2}{(\beta/\varepsilon)^2} \text{ якщо (but) } \beta > \beta_3 \tag{6.12}$$

Таблиця 6.3 Константи C_1 і C_2 у виразах для коефіцієнта ρ_c

Клас матеріалу згідно з таблицею 3.2	Внутрішній фрагмент		Консольний фрагмент	
	C_1	C_2	C_1	C_2
Клас А, без швів	32	220	10	24
Клас А, зі швами	29	198	9	20
Клас В, без швів	29	198	9	20
Клас В, зі швами	25	150	8	16

Table 6.3 Constants C_1 and C_2 in expressions for ρ_c

Material classification according to Table 3.2	Internal part		Outstand part	
	C_1	C_2	C_1	C_2
Class A, without welds	32	220	10	24
Class A, with welds	29	198	9	20
Class B, without welds	29	198	9	20
Class B, with welds	25	150	8	16

(3) Для плоских консольних фрагментів у несиметричному поперечному перерізі (рисунок 6.1) значення ρ_c дається вище зазначеними виразами для плоских консольних фрагментів у симетричному перерізі, але не більше ніж $120/(\beta/\epsilon)^2$.

(3) For flat outstand parts in unsymmetrical cross-sections (Figure 6.1), ρ_c is given by the above expressions for flat outstand in symmetrical sections, but not more than $120/(\beta/\epsilon)^2$.

(4) Для підсилених фрагментів поперечного перерізу необхідно розглянути всі можливі форми втрати стійкості і прийняти найнижче значення ρ_c . Якщо втрата стійкості відбувається за формою 1, коефіцієнт ρ_c слід застосовувати як до площі підсилення, так і до основної товщини листа (також див. 6.7). Для підсилених консольних фрагментів перерізу використовується крива, яка відповідає консольним фрагментам, у протилежному випадку – внутрішнім фрагментам.

(4) For reinforced cross-section parts: Consider all possible modes of buckling, and take the lower value of ρ_c . In the case of mode 1 buckling the factor ρ_c should be applied to the area of the reinforcement as well as to the basic plate thickness. See also 6.7. For reinforced outstand cross section part use curve for outstands, otherwise curve for internal cross section part.

(5) Для визначення ρ_c у перерізах, які повинні опиратися двохосьовому згину або одночасній дії згину та осьового навантаження, див. примітки в 6.3.3(4).

(5) For the determination of ρ_c in sections required to carry biaxial bending or combined bending and axial load, see notes in 6.3.3(4).

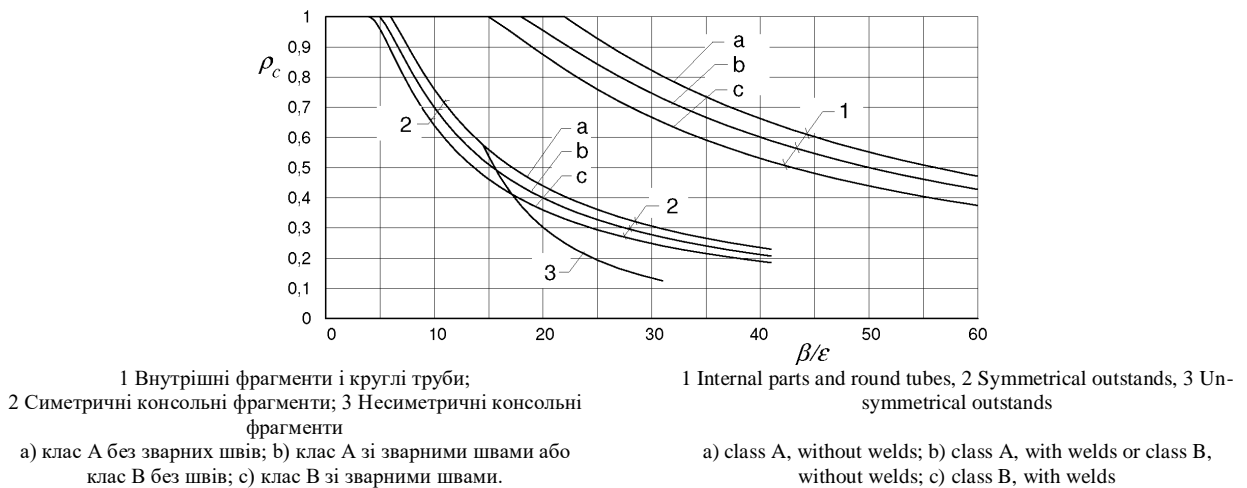


Рисунок 6.5 Співвідношення між ρ_c і β/ϵ для консольних фрагментів, внутрішніх фрагментів або круглих труб
Figure 6.5 Relationship between ρ_c and β/ϵ for outstands, internal parts and round tubes

6.1.6 Знеміцнення матеріалу в зонах термічного впливу біля зварних швів

6.1.6 HAZ softening adjacent to welds

6.1.6.1 Загальні положення

6.1.6.1 General

(1)Р При проектуванні та розрахунку зварних конструкцій, у яких використовуються сплави з деформаційним або дисперсійним зміцненням, необхідно враховувати знеміцнення матеріалу у зонах навколо зварних швів.

(2) Існують винятки з цього правила, коли вважається, що в зоні навколо зварних швів знеміцнення відсутнє. Це стосується відпалених сплавів (маркування «О»), а також нетермооброблених сплавів (маркування «F»), розрахункова міцність яких береться з властивостей відпалених сплавів.

(3) Для цілей розрахунку прийнято допущення, що по всій пришовній зоні термічного впливу міцнісні характеристики знижуються на постійну величину.

ПРИМІТКА 1. Умовна межа текучості матеріалу знижується більше, ніж межа міцності на розрив. Ділянка, в якій має місце дане явище, безпосередньо оточує шов, а за її межами властивості міцності швидко поновлюються до тих значень, які мають місце за відсутності зварних швів.

ПРИМІТКА 2. Навіть невеликі зварні шви, які приєднують другорядні фрагменти до основних конструкційних елементів, можуть значно знизити міцність елемента за рахунок наявності пришовної зони. При проектуванні балкових систем вигідно розташовувати шви і додаткові фрагменти в зонах з низькими напруженнями, тобто у зоні нейтральної осі або далеко від ділянок із високими згинальними моментами.

ПРИМІТКА 3. Для деяких термооброблених сплавів можна усунути ефект знеміцнення у пришовних зонах, застосовуючи штучне старіння після зварювання.

6.1.6.2 Кількісні показники знеміцнення

(1) Характеристичні значення умовної межі текучості $f_{0,haz}$ і межі міцності $f_{a,haz}$ у пришовній зоні наведені в таблиці 3.2. Таблиця 3.2 також містить знижувальні коефіцієнти

$$\rho_{0,haz} = \frac{f_{0,haz}}{f_0}; \quad (6.13)$$

(1)P In the design of welded structures using strain hardened or artificially aged precipitation hardening alloys the reduction in strength properties that occurs in the vicinity of welds shall be allowed for.

(2) Exceptions to this rule, where there is no weakening adjacent to welds, occur in alloys in the O-condition; or if the material is in the F condition and design strength is based on O-condition properties.

(3) For design purposes it is assumed that throughout the heat affected zone (HAZ) the strength properties are reduced on a constant level.

NOTE 1. The reduction affects the 0,2% proof strength of the material more severely than the ultimate tensile strength. The affected region extends immediately around the weld, beyond which the strength properties rapidly recover to their full unwelded values.

NOTE 2. Even small welds to connect a small attachment to a main member may considerably reduce the resistance of the member due to the presence of a HAZ. In beam design it is often beneficial to locate welds and attachments in low stress areas, i.e. near the neutral axis or away from regions of high bending moment.

NOTE 3. For some heat treatable alloys it is possible to mitigate the effects of HAZ softening by means of artificial ageing applied after welding.

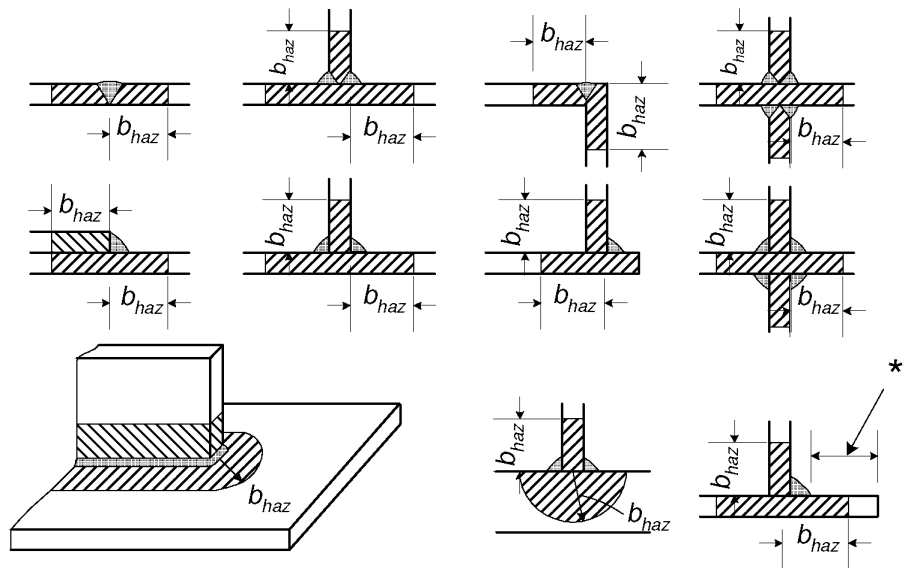
6.1.6.2 Severity of softening

(1) The characteristic value of the 0,2 % proof strengths $f_{0,haz}$ and the ultimate strength $f_{a,haz}$ in the heat affected zone are listed in Table 3.2. Table 3.2 also gives the reduction factors

$$\rho_{u,haz} = \frac{f_{u,haz}}{f_u} \tag{6.14}$$

ПРИМІТКА. Значення для інших сплавів та технологій їх зміцнення повинні досліджуватися і визначатися експериментальним шляхом. Якщо необхідні загальні усереднені значення, слід провести серію випробувань для урахування того факту, що матеріали від різних виробників металевих напівфабрикатів можуть відрізнятися за хімічним складом, а тому після зварювання можуть мати різні показники міцності. У деяких випадках також можливо виводити показники міцності добре відомих сплавів за допомогою інтерполяції.

NOTE. Values for other alloys and tempers must be found and defined by testing. If general values are wanted, testing series are necessary to allow for the fact that material from different manufactures of semi products may vary in chemical composition and therefore may show different strength values after welding. In some cases it is also possible to derive strength values from values of well-known alloys by interpolation.



*) Якщо ця відстань менша $3b_{haz}$, то слід припускати, що пришовна зона займає всю ширину консольного фрагмента; див. 6.1.6.3(7).

*) If this distance is less than $3b_{haz}$ assume that the HAZ extends to the full width of outstand, see 6.1.6.3(7)

Рисунок 6.6 Розміри зони термічного впливу біля зварних швів
Figure 6.6 The extent of heat-affected zones (HAZ)

(2) Значення $f_{o,haz}$ і $f_{a,haz}$ у таблиці 3.2 стають дійсними лише після певного, вказаного нижче проміжку часу, який повинен пройти з моменту зварювання, за умови, що матеріал зберігався за температури не менше $10\text{ }^\circ\text{C}$:

- для сплавів серії 6xxx – через 3 дні
- для сплавів серії 7xxx – через 30 днів

(2) The values of $f_{o,haz}$ and $f_{a,haz}$ in Table 3.2 are valid from the following times after welding, providing the material has been held at a temperature not less than $10\text{ }^\circ\text{C}$:

- 6xxx series alloys 3 days
- 7xxx series alloys 30 days.

ПРИМІТКА 1. Якщо матеріал витримувався після зварювання при температурі нижче $10\text{ }^\circ\text{C}$, час відновлення властивостей збільшиться. У таких випадках слід звернутися за інформацією до виробника.

NOTE 1. If the material is held at a temperature below $10\text{ }^\circ\text{C}$ after welding, the recovery time will be prolonged. Advice should be sought from manufacturers.

ПРИМІТКА 2. Ступінь знеміцнення можна врахувати шляхом використання характеристичних значень міцності $f_{o,haz}$ і $f_{u,haz}$ у пришовній зоні

NOTE 2. The severity of softening can be taken into account by the characteristic value of strength $f_{o,haz}$ and $f_{u,haz}$ in the HAZ (Table 3.2) as for the parent metal, or

(таблиця 3.2) як для основного металу або ж шляхом зменшення розрахункової площі поперечного перерізу, на яку діють напруження, за допомогою коефіцієнтів $\rho_{o,haz}$ і $\rho_{u,haz}$ (таблиця 3.2). Таким чином, характеристичну міцність простого прямокутного перерізу, в якому має місце ефект пришовної зони, можна виразити як $Af_{u,haz} = (\rho_{o,haz} A) f_u$, якщо виконується розрахунок на досягнення межі міцності або як $Af_{o,haz} = (\rho_{o,haz} A) f_o$, якщо виконується розрахунок на досягнення умовної межі текучості.

6.1.6.3 Розміри пришовних зон

(1) Слід вважати, що пришовна зона термічного впливу розповсюджується на відстань b_{haz} у всіх напрямках від зварного шва наступним чином (див. рисунок 6.6):

- a) перпендикулярно до центральної лінії стикового зварного шва, який з'єднує листи в одній площині;
- b) перпендикулярно до точки перетину зварених поверхонь при кутових швах;
- c) перпендикулярно до точки перетину зварених поверхонь у стикових швах у кутових, таврових або хрестоподібних вузлових з'єднаннях;
- d) у будь-якому радіальному напрямі від кінця шва.

(2) Межі навколошовної зони, в основному, встановлюються у вигляді прямих ліній, нормальних по відношенню до металевої поверхні – зокрема при зварюванні тонколистових матеріалів. Проте, якщо деталь приварена до поверхні товстого матеріалу, границю можна вважати криволінійною з радіусом b_{haz} , як показано на рисунку 6.6.

(3) Якщо на ненагрітий матеріал накладається багатошаровий зварний шов із проміжним охолодженням матеріалу до 60 °C або нижче, то слід використовувати наступні значення b_{haz} :

$0 < t \leq 6$ мм:	$b_{haz} = 20$ мм
$6 < t \leq 12$ мм:	$b_{haz} = 30$ мм
$12 < t \leq 25$ мм:	$b_{haz} = 35$ мм
$t > 25$ мм:	$b_{haz} = 40$ мм

by reducing the assumed cross-sectional area over which the stresses acts with the factors $\rho_{o,haz}$ and $\rho_{u,haz}$ (Table 3.2). Thus the characteristic resistance of a simple rectangular section affected by HAZ softening can be expressed as $Af_{u,haz} = (\rho_{o,haz} A) f_u$ if the design is dominated by ultimate strength or as if the $Af_{o,haz} = (\rho_{o,haz} A) f_o$ design is dominated by the 0,2 % proof strength.

6.1.6.3 Extent of HAZ

(1) The HAZ is assumed to extend a distance in b_{haz} any direction from a weld, measured as follows (see Figure 6.6).

- a) transversely from the centre line of an in-line butt weld;
- b) transversely from the point of intersection of the welded surfaces at fillet welds;
- c) transversely from the point of intersection of the welded surfaces at butt welds used in corner, tee or cruciform joints;
- d) in any radial direction from the end of a weld.

(2) The HAZ boundaries should generally be taken as straight lines normal to the metal surface, particularly if welding thin material. However, if surface welding is applied to thick material it is permissible to assume a curved boundary of radius b_{haz} , as shown in Figure 6.6.

(3) For a MIG weld laid on unheated material, and with interpass cooling to 60 °C or less when multi-pass welds are laid, values of b_{haz} are as follows:

$0 < t \leq 6$ mm:	$b_{haz} = 20$ mm
$6 < t \leq 12$ mm:	$b_{haz} = 30$ mm
$12 < t \leq 25$ mm:	$b_{haz} = 35$ mm
$t > 25$ mm:	$b_{haz} = 40$ mm

(4) При товщині матеріалу >12 мм може виникнути температурний ефект, оскільки за відсутності суворого контролю якості проміжне охолодження може вийти за встановлену межу 60°C. Від цього збільшиться ширина пришовної зони термічного впливу.

(5) Вищенаведені розміри відносяться до стикових зварних швів (два шляхи тепловідведення) або до кутових швів у таврових з'єднаннях (три шляхи тепловідведення) в серіях сплавів 6xxx або 7xxx, або ж у загартованих сплавах серії 5xxx.

(6) Для швів ручного зварювання неплавким електродом у інертному середовищі (ВІГ) ширина пришовної зони є більшою, оскільки теплонадходження у таких швах більше, ніж при напівавтоматичному зварюванні у інертному середовищі (МІГ). Для швів ручного зварювання неплавким електродом (стикових або кутових швів) у сплавах серій 6xxx, 7xxx або у загартованих сплавах серії 5xxx величина b_{haz} має значення:

$$0 < t \leq 6 \text{ мм:} \quad b_{haz} = 30 \text{ мм}$$

(7) Якщо два або більше швів розташовані близько один від одного, межі їхніх пришовних зон частково перекриваються. Таким чином, існує одна спільна пришовна зона для всієї групи швів. Якщо зварний шов розташований достатньо близько до вільного краю консольного фрагмента перерізу, розсіювання тепла стає менш ефективним. Це характерно для ситуацій, коли відстань від краю шва до вільної кромки складає менш ніж $3b_{haz}$. За таких обставин слід припустити, що коефіцієнт $\rho_{o,haz}$ має застосовуватися до всієї ширини консольної частини.

(8) Інші чинники, що впливають на значення b_{haz} , приведені нижче:

а) вплив температури, вищої за 60 °C. Коли прокладаються багатошарові зварні шви, температура може наростати від одного проходу до іншого. В результаті пришовна зона розширюється. Якщо

(4) For thickness > 12 mm there may be a temperature effect, because interpass cooling may exceed 60°C unless there is strict quality control. This will increase the width of the heat affected zone.

(5) The above figures apply to in-line butt welds (two valid heat paths) or to fillet welds at T-junctions (three valid heat paths) in 6xxx or 7xxx series alloys, or 5xxx series alloys in the work-hardened condition.

(6) For a TIG weld the extent of the HAZ is greater because the heat input is greater than for a MIG weld. TIG welds for in-line butt or fillet welds in 6xxx, 7xxx or work-hardened 5xxx series alloys, have a value of b_{haz} given by:

$$0 < t \leq 6 \text{ mm:} \quad b_{haz} = 30 \text{ mm}$$

(7) If two or more welds are close to each other, their HAZ boundaries overlap. A single HAZ then exists for the entire group of welds. If a weld is located too close to the free edge of an outstand the dispersal of heat is less effective. This applies if the distance from the edge of the weld to the free edge is less than $3b_{haz}$. In these circumstances assume that the entire width of the outstand is subject to the factor $\rho_{o,haz}$.

(8) Other factors that affect the value of b_{haz} are as follows:

a) Influence of temperatures above 60 °C. When multi-pass welds are being laid down, there could be a build-up of temperature between passes. This results in an increase in the extent of the HAZ. If the interpass

температура між двома проходами складає $T_1(^{\circ}\text{C})$, зі значенням у діапазоні від 60°C до 120°C , то припускається, що для сплавів серії 6xxx, 7xxx або нагартованих сплавів 5xxx величина b_{haz} має помножуватися на коефіцієнт α_2 , як вказано нижче:

- для сплавів серії 6xxx або нагартованих серії 5xxx: $\alpha_2 = 1 + (T_1 - 60)/120$;
- для сплавів серії 7xxx:
 $\alpha_2 = 1 + 1,5(T_1 - 60)/120$.

Якщо потрібно отримати значення α_2 з меншим запасом, то дійсну ширину пришовної зони можна визначити випробуванням дослідних зразків на міцність. Температура 120°C є максимально рекомендованою для зварювання алюмінієвих сплавів.

б) Випадок змінної товщини

Якщо фрагменти поперечного перерізу, з'єднані за допомогою зварювання, не мають однакової товщини t , то можна зробити припущення в запас: вибрати у всіх вищенаведених виразах за t середню товщину всіх фрагментів. Це правило застосовне, якщо середня товщина не перевищує найменшу товщину більше ніж у 1,5 раза. Якщо товщини фрагментів варіюються більше, то розміри пришовних зон слід отримувати шляхом експериментальних досліджень твердості на зразках матеріалу.

с) Випадок різниці у кількості ліній тепловідведення

Якщо за допомогою кутових швів з'єднано такі фрагменти поперечних перерізів, які мають інше число ліній тепловідведення (n), ніж число три, вказане вище у (5), то необхідно помножити величину b_{haz} на $3/n$.

temperature $= T_1(^{\circ}\text{C})$ which should be somewhere between 60°C and 120°C , it is conservative to assume that for 6xxx, 7xxx or work-hardened 5xxx series alloys b_{haz} will be multiplied by a factor α_2 , as follows:

- 6xxx alloys and work-hardened 5xxx series alloys: $\alpha_2 = 1 + (T_1 - 60)/120$;
- 7xxx alloys:
 $\alpha_2 = 1 + 1,5(T_1 - 60)/120$.

If a less conservative value of α_2 is desired, hardness tests on test specimens will indicate the true extent of the HAZ. A temperature of 120°C is the maximum recommended temperature for welding aluminium alloys.

b) Variations in thickness

If the cross-section parts to be joined by welds do not have a common thickness t , it is conservative to assume in all the above expressions that t is the average thickness of all parts. This applies as long as the average thickness does not exceed 1,5 times the smallest thickness. For greater variations of thickness, the extent of the HAZ should be determined from hardness tests on specimens.

c) Variations in numbers of heat paths

If the junctions between cross-section parts are fillet welded, but have different numbers of heat paths (n) from the three designated at (5) above, multiply the value of b_{haz} by $3/n$.

6.2 ОПІР ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ

6.2.1 Загальні положення

(1)Р Розрахункове значення діючого фактора в будь-якому поперечному перерізі не повинне перевищувати відповідного розрахункового опору. Якщо ж діє одночасно кілька факторів, то сукупний ефект від них не повинен перевищувати граничного значення розрахункового показника для такої комбінації факторів.

(2) Ефект запізнення зсуву слід враховувати шляхом введення розрахункової ширини. Можливість місцевої втрати стійкості слід враховувати, вводячи ефективну товщину; див. 6.1.5. Як альтернативу також можна використовувати еквівалентну ширину.

ПРИМІТКА. Щодо ефекту запізнення зсуву див. Додаток К.

(3) Розрахункові граничні значення, які характеризують опір перерізів, залежать від того, до якого класу належить той чи інший переріз за наведеною раніше класифікацією.

(4) Для всіх класів поперечних перерізів можна виконувати перевірку опору втраті несучої здатності у пружній області роботи за умови, що для перевірки перерізів 4-го класу використовуватимуться розрахункові параметри перерізів.

(5) Як критерій втрати несучої здатності можна використовувати наступний критерій текучості у деякій критичній точці перерізу, окрім тих випадків, коли мають застосовуватися інші теорії (див. 6.2.7 – 6.2.10):

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right)^2 \leq C; \quad (6.15)$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right) \leq 1, \quad \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}\right) \leq 1, \quad \frac{\sqrt{3}\tau_{Ed}}{f_0/\gamma_{M1}} \leq 1, \quad (6.15a, b, c)$$

де:

6.2 RESISTANCE OF CROSS-SECTIONS

6.2.1 General

(1)P The design value of an action effect in each cross-section shall not exceed the corresponding design resistance and if several action effects act simultaneously the combined effect shall not exceed the resistance for that combination.

(2) Shear lag effects should be included by an effective width. Local buckling effects should be included by an effective thickness, see 6.1.5. As an alternative, equivalent effective width may also be used.

NOTE. For the effect of shear lag, see Annex K.

(3) The design values of resistance depend on the classification of the cross-section.

(4) Verification according to elastic resistance may be carried out for all cross-sectional classes provided the effective cross-sectional properties are used for the verification of class 4 cross-sections.

(5) For the resistance the following yield criterion for a critical point of the cross-section may be used unless other interaction formulae apply, see 6.2.7 to 6.2.10.

where:

$\sigma_{x,Ed}$ – розрахункове значення місцевого поздовжнього напруження в даній точці;

$\sigma_{z,Ed}$ – розрахункове значення місцевого поперечного напруження в даній точці;

τ_{Ed} – розрахункове значення місцевого зсувного напруження в даній точці.

$C \geq 1$ – постійна величина, див. примітку 2.

ПРИМІТКА 1. Перевірка за формулою 6.2.1(5) може давати оцінку з запасом, оскільки при цьому тільки частково враховується розподіл пластичних напружень, які виникають навіть при розрахунку конструкцій у пружній області роботи. Тому таку перевірку слід виконувати тільки тоді, коли немає змоги застосувати комплексний критерій втрати несучої здатності.

ПРИМІТКА 2. Постійна величина C у критерії (6.15) береться з Національного додатка України №2. Рекомендоване числове значення $C=1,2$.

6.2.2 Характеристики поперечних перерізів

6.2.2.1 Переріз брунто

(1) Характеристики поперечного перерізу брунто (A_g) повинні визначатися за його номінальними розмірами. Можна не брати до уваги отвори для кріпильних деталей, проте слід ввести поправки для більших проїм. Матеріал стиків та з'єднувальних накладок враховувати не треба.

6.2.2.2 Площа нетто

(1) Площа нетто поперечного перерізу (A_{net}) обчислюється шляхом віднімання від площі брунто відповідних допусків на отвори, проїми та пришовні зони зварних швів.

(2) Поправка, яка віднімається від площі перерізу брунто для врахування наявності одиночного кріпильного отвору, дорівнює площі брунто цього отвору у площині його осі. Для отворів під потайні головки болтів необхідно також передбачити відповідні поправки.

(3) Якщо отвори для кріпильних дета-

$\sigma_{x,Ed}$ – is the design value of the local longitudinal stress at the point of consideration;

$\sigma_{z,Ed}$ – is the design value of the local transverse stress at the point of consideration;

τ_{Ed} – is the design value of the local shear stress at the point of consideration.

$C \geq 1$ is a constant, see note 2.

NOTE 1. The verification according to 6.2.1(5) can be conservative as it only partially allow for plastic stress distribution, which is permitted in elastic design. Therefore it should only be performed where the interaction on the basis of resistances cannot be performed.

NOTE 2. The constant C in criterion (6.15) may be defined in the National Annex. The numerical value $C=1,2$ is recommended.

6.2.2 Section properties

6.2.2.1 Gross cross-section

(1) The properties of the gross cross-section (A_g) should be found by using the nominal dimensions. Holes for fasteners need not be deducted, but allowance should be made for larger openings. Splice materials and battens should not be included.

6.2.2.2 Net area

(1) The net area of a cross-section (A_{net}) should be taken as the gross area less appropriate deductions for holes, other openings and heat affected zones.

(2) For calculating net section properties, the deduction for a single fastener hole should be the gross cross-sectional area of the hole in the plane of its axis. For countersunk holes, appropriate allowance should be made for the countersunk portion.

(3) Provided that the fastener holes are not

лей розташовані не в шаховому порядку, то загальна площа, яку треба відняти від площі бруто перерізу, дорівнює максимальній сумі площ перерізів отворів у будь-якій площині перерізу, перпендикулярній до осі елемента (див. площину руйнування *l* на рисунку 6.7).

staggered, the total area to be deducted for the fastener holes should be the maximum sum of the sectional areas of the holes in any cross-section perpendicular to the member axis (see failure plane *l* in Figure 6.7).

ПРИМІТКА. Вказана максимальна сума визначає положення лінії руйнування.

NOTE. The maximum sum denotes the position of the critical failure line.

(4) Якщо отвори для кріплення розташовані у шаховому порядку, то загальна площа, яку слід відняти від площі перерізу бруто для їх врахування, повинна дорівнювати більшій з двох наступних величин (див. рисунок 6.7):

(4) Where the fastener holes are staggered, the total area to be deducted for fastener holes should be the greater of (see Figure 6.7):

- а) поправці для отворів, розташованих не в шаховому порядку, з (3);
- б) величині $\sum td - \sum tb_s$, де b_s – величина, менша з двох наступних:

- a) the deduction for non-staggered holes given in (3);
- b) a deduction taken as $\sum td - \sum tb_s$ where b_s is the lesser of:

$$s^2 / (4p) \text{ або } 0,65s, \tag{6.16}$$

де:

where:

- d – діаметр отвору;
- s – поздовжній інтервал між отворами, тобто інтервал між двома сусідніми отворами, вимірюваний паралельно осі елемента;
- p – інтервал між центрами цих же отворів, вимірюваний перпендикулярно до осі;

- d – is the diameter of hole;
- s – is staggered pitch, the spacing of the centres of two consecutive holes in the chain measured parallel to the member axis;
- p – is the spacing of the centers of the same two holes measured perpendicular to the member axis;
- t – is the thickness (or effective thickness in a member containing HAZ material).

t – товщина (або розрахункова ефективна товщина в елементі з пришовними зонами)

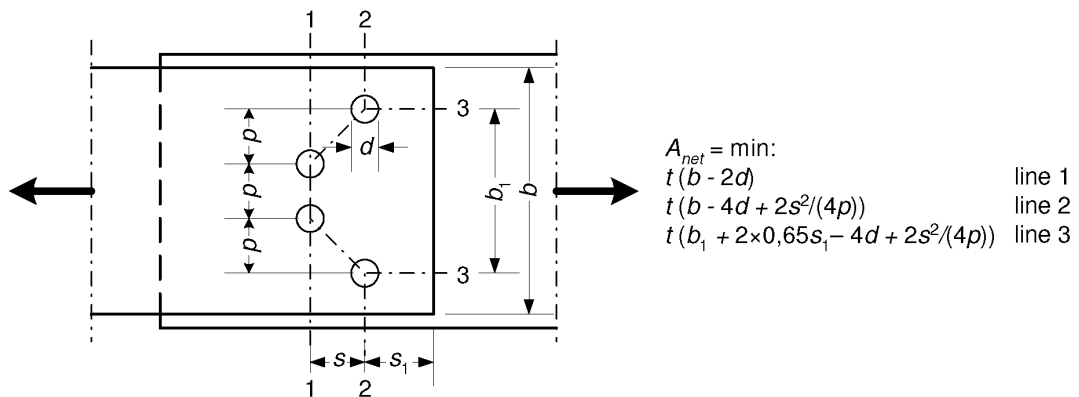


Рисунок 6.7 Отвори, розташовані в шаховому порядку, і лінії руйнування 1, 2 та 3
 Figure 6.7 Staggered holes and critical fracture lines 1, 2 and 3

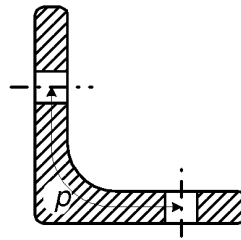


Рисунок 6.8 Кутики з отворами в обох полицях

Figure 6.8 Angles with holes in both legs

(5) У кутиках або інших елементах, що мають отвори в кількох площинах, інтервал p слід вимірювати уздовж центру товщини матеріалу (див. рисунок 6.8).

(5) In an angle or other member with holes in more than one plane, the spacing p should be measured along the center of thickness of the material (see Figure 6.8).

6.2.2.3 Ефект запізнення зсуву

6.2.2.3 Shear lag effects

(1) Необхідно враховувати вплив ефекту запізнення зсуву полиць на їхню здатність опиратися втраті стійкості та розриву.

(1) The effect of shear lag on the buckling and rupture resistance of flanges should be taken into account.

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо ефекту запізнення зсуву містяться в Додатку К.

NOTE. Recommendations for the effect of shear lag are given in Annex K.

6.2.3 Розтяг

6.2.3 Tension

(1)Р Розрахункове значення розтягувальної сили N_{Ed} повинне задовольняти формулу:

(1)P The design value of the tensile force N_{Ed} shall satisfy:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0; \quad (6.17)$$

(2) Розрахунковий показник опору розтягу поперечного перерізу $N_{t,Rd}$ слід визначати як менше з двох значень $N_{o,Rd}$ і $N_{u,Rd}$, де:

2) The design tension resistance of the cross-section $N_{t,Rd}$ should be taken as the lesser of $N_{o,Rd}$ and $N_{u,Rd}$ where:

a) загальний пластичний опір уздовж елемента:

a) general yielding along the member:

$$N_{o,Rd} = A_g f_0 / \gamma_{M1}, \quad (6.18)$$

b) межа місцевого руйнування у перерізі з отворами:

b) local failure at a section with holes:

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}, \quad (6.19a)$$

c) межа місцевого руйнування у перерізі з пришовними зонами:

c) local failure at a section with HAZ:

$$N_{u,Rd} = A_{eff} f_u / \gamma_{M2}, \quad (6.19b)$$

A_g – або площа перерізу бруто, або приведена площа поперечного перерізу з

A_g is either the gross section or a reduced cross-section to allow for HAZ softening due

урахуванням зниженої міцності матеріалу у пришовних зонах поздовжніх зварних швів. В останньому випадку для обчислення значення A_g береться приведена площа, яка дорівнює величині $\rho_{o,haz}$, помноженій на площу пришовної зони; див. 6.1.6.2.

A_{net} – площа перерізу нетто за винятком поправок на отвори та, якщо це необхідно, поправки, яка враховує ефект знеміцнення матеріалу в пришовній зоні через наявність отвору. Остання поправка обчислюється на основі приведеної товщини $\rho_{u,haz}t$.

A_{eff} – ефективна площа перерізу, яка обчислюється на основі приведеної товщини $\rho_{u,haz}t$.

(3) Дані для кутиків, з'єднаних однією полицею, див. у 6.3.1.5. Аналогічні міркування застосовуються до інших типів перерізів, у яких елементи з'єднані через консольні виступи – такі як таври або швелери.

(4) Рекомендації для отворів, розміщених у шаховому порядку, див. у 6.2.2.2.

6.2.4 Стиск

(1)Р Розрахункове значення сили осьового стиску N_{Ed} повинне задовольняти формулу

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.20)$$

(2) Розрахунковий опір при рівномірному стиску $N_{c,Rd}$ має вибиратися як менше з двох значень $N_{u,Rd}$ і $N_{c,Rd}$, де:

а) у перерізах з незаповненими отворами:

$$N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}, \quad (6.21)$$

б) в інших перерізах

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}, \quad (6.22)$$

де:

A_{net} – площа перерізу нетто за винятком поправок на незаповнені отвори і знеміцнення матеріалу в пришовних зонах, якщо необхідно; див. 6.2.2.2. Що стосується отворів, розташованих у ділянках з

to longitudinal welds. In the latter case A_g is found by taking a reduced area equal to $\rho_{o,haz}$ times the area of the HAZ, see 6.1.6.2.

A_{net} is the net section area, with deduction for holes and a deduction if required to allow for the effect of HAZ softening in the net section through the hole. The latter deduction is based on the reduced thickness of $\rho_{u,haz}t$.

A_{eff} is the effective area based on the reduced thickness of $\rho_{u,haz}t$.

(3) For angles connected through one leg see 6.3.1.5. Similar consideration should also be given to other types of sections connected through outstands such as T-sections and channels.

(4) For staggered holes, see 6.2.2.2.

6.2.4 Compression

(1)P The design value of the axial compression force N_{Ed} shall satisfy:

(2) The design resistance for uniform compression $N_{c,Rd}$ should be taken as the lesser of $N_{u,Rd}$ and $N_{c,Rd}$ where:

a) in sections with unfilled holes

b) other sections

in which:

A_{net} – is the net section area, with deductions for unfilled holes and HAZ softening if necessary. See 6.2.2.2. For holes located in reduced thickness regions the deduction may be based on the reduced thickness, instead of

приведеною товщиною, поправки для них можна обчислювати на основі приведеної товщини замість повної товщини;

A_{eff} – розрахункова площа перерізу, обчислена на основі приведеної товщини з урахуванням можливої втрати стійкості і знеміцнення матеріалу у пришовних зонах, але без урахування незаповнених отворів.

6.2.5 Згинальний момент

6.2.5.1 Основні положення

(1)Р Розрахункове значення згинального моменту M_{Ed} у кожному поперечному перерізі повинно задовольняти формулу

$$\frac{M_{\text{Ed}}}{M_{\text{Rd}}} \leq 1,0. \quad (6.23)$$

(2) Розрахунковий опір згину відносно однієї головної осі поперечного перерізу M_{Rd} визначається як менша з двох величин $M_{\text{u,Rd}}$ і $M_{\text{c,Rd}}$, де:

– у перерізі нетто

$$M_{\text{u,Rd}} = W_{\text{net}} f_u / \gamma_{\text{M2}}; \quad (6.24)$$

– у довільному поперечному перерізі

$$M_{\text{c,Rd}} = \alpha W_{\text{el}} f_0 / \gamma_{\text{M1}}, \quad (6.25)$$

де:

α – коефіцієнт форми перерізу, див. таблицю 6.4;

W_{el} – пружний момент опору перерізу брутто (див. 6.2.5.2);

W_{net} – пружний момент опору перерізу нетто з урахуванням поправок на отвори і знеміцнення матеріалу у пришовній зоні за наявності зварних швів (див. 6.2.5.2). Остання поправка обчислюється за приведеною товщиною $\rho_{\text{u,haz}}^t$.

the full thickness;

A_{eff} – is the effective section area based on reduced thickness allowing for local buckling and HAZ softening but ignoring unfilled holes.

6.2.5 Bending moment

6.2.5.1 Basis

(1)P The design value of the bending moment M_{Ed} at each cross section shall satisfy

(2) The design resistance for bending about one principal axis of a cross section M_{Rd} is determined as the lesser of $M_{\text{u,Rd}}$ and $M_{\text{c,Rd}}$ where:

– in a net section and

– at each cross-section

where:

α is the shape factor, see Table 6.4;

W_{el} is the elastic modulus of the gross section (see 6.2.5.2);

W_{net} is the elastic modulus of the net section allowing for holes and HAZ softening, if welded (see 6.2.5.2). The latter deduction is based on the reduced thickness of $\rho_{\text{u,haz}}^t$

Таблиця 6.4 Значення коефіцієнта форми α
Table 6.4 Values of shape factor α

Клас поперечного перерізу Cross-section class	Без швів Without welds	За наявності поздовжніх швів With longitudinal welds
1	$W_{pl} / W_{el}^{*)}$	$W_{pl,haz} / W_{el}^{*)}$
2	W_{pl} / W_{el}	$W_{pl,haz} / W_{el}$
3	$\alpha_{3,u}$	$\alpha_{3,w}$
4	W_{eff} / W_{el}	$W_{eff,haz} / W_{el}$
*) ПРИМІТКА. Ці формули дають результати з запасом. За більш точними даними слід звертатися до Додатка F *) NOTE. These formulae are on the conservative side. For more refined value, recommendations are given in Annex F		

У таблиці 6.4 різні моменти опору перерізів W і коефіцієнти $\alpha_{3,u}, \alpha_{3,w}$ визначаються наступним чином:

W_{pl} – пластичний момент опору перерізу брутто;

W_{eff} – приведений пружний момент опору, отриманий з використанням приведеної товщини t_{eff} для фрагментів перерізів 4-го класу (див. 6.2.5.2);

$W_{el,haz}$ – приведений пружний момент опору перерізу брутто, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для матеріалу пришовної зони (див. 6.2.5.2);

$W_{pl,haz}$ – приведений пластичний момент опору перерізу брутто, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для матеріалу пришовної зони (див. 6.2.5.2);

$W_{eff,haz}$ – приведений пружний момент опору, отриманий з використанням приведеної товщини $\rho_c t$ для фрагментів перерізів 4-го класу або приведеної товщини $\rho_{o,haz}t$ для матеріалу пришовної зони – залежно від того, яка величина менша (див. 6.2.5.2);

$\alpha_{3,u} = 1$ або може обчислюватися таким чином:

$$\alpha_{3,u} = \left[1 + \left(\frac{\beta_3 - \beta}{\beta_3 - \beta_2} \right) \left(\frac{W_{pl}}{W_{el}} - 1 \right) \right] \quad (6.26)$$

$\alpha_{3,w} = W_{el,haz} / W_{el}$ або може обчислюватися таким чином:

In Table 6.4 the various section moduli W and $\alpha_{3,u}, \alpha_{3,w}$ are defined as:

W_{pl} plastic modulus of gross section;

W_{eff} – effective elastic section modulus, obtained using a reduced thickness t_{eff} for the class 4 parts; (see 6.2.5.2);

$W_{el,haz}$ – effective elastic modulus of the gross section, obtained using a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material (see 6.2.5.2);

$W_{pl,haz}$ – effective plastic modulus of the gross section, obtained using a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material (see 6.2.5.2);

$W_{eff,haz}$ – effective elastic section modulus, obtained using a reduced thickness $\rho_c t$ for the class 4 parts or a reduced thickness $\rho_{o,haz}t$ for the HAZ material, whichever is the smaller (see 6.2.5.2);

$\alpha_{3,u} = 1$, or may alternatively be taken as:

$\alpha_{3,w} = W_{el,haz} / W_{el}$, or may alternatively be taken as:

$$\alpha_{3,w} = \left[\frac{W_{el,haz}}{W_{el}} + \left(\frac{\beta_3 - \beta}{\beta_3 - \beta_2} \right) \left(\frac{W_{pl,haz} - W_{el,haz}}{W_{el}} \right) \right], \quad (6.27)$$

де:

β – коефіцієнт гнучкості для найбільш критичної ділянки в перерізі;

β_2 і β_3 – граничні значення для цієї ж ділянки відповідно до таблиці 6.2.

Критична ділянка визначається найменшим значенням β_2 / β_3 .

(3) При сумісній дії згинального моменту та перерізувальної сили див. 6.2.8.

(4) Окрім того, слід виконувати перевірку на опір елемента поперечно-крутильній втраті стійкості, див. 6.3.2.

6.2.5.2 Розрахунковий переріз

(1) У цьому розділі використовується наступна термінологія:

а) площа перерізу нетто: включає поправки на отвори, а також на зменшення матеріалу у безпосередній близькості до зварних швів, для врахування ефекту навколошовної зони за наявності зварювання;

б) розрахункова площа перерізу: включає поправки на зменшення у пришовних зонах і можливість втрати стійкості, проте не враховує поправки на отвори. Див. рисунок 6.9.

(2) У вищенаведених пунктах а) і б) поправки на зменшення матеріалу в різних фрагментах перерізу повинні прийматися наступним чином:

а) Фрагменти 4-го класу, які не мають ефекту пришовних зон. Тоді для стиснутої частини фрагмента перерізу береться значення $t_{eff} = \rho_{ct}$, де ρ_c визначається згідно з 6.1.5. При використанні площі перерізу нетто може виявитися необхідним застосування ітераційного процесу, див. рисунок 6.7.

б) Фрагменти класів 1, 2 і 3, у яких має місце ефект пришовних зон. Тоді для частин фрагмента перерізу, де матеріал

where:

β – is the slenderness parameter for the most critical part in the section;

β_2 and β_3 – are the limiting values for that same part according to Table 6.2.

The critical part is determined by the lowest value of β_2 / β_3 .

(3) Refer to 6.2.8 for combination of bending moment and shear force.

(4) In addition, the resistance of the member to lateral-torsional buckling should also be verified, see 6.3.2.

6.2.5.2 Design cross section

(1) The terminology used in this section is as follows:

a) net section includes the deduction for holes and includes the allowance for reduced material strength taken in the vicinity of the welds to allow for HAZ softening, if welded.

b) effective section includes the allowance for HAZ softening and local buckling, but with no reduction for holes. See Figure 6.9.

(2) In items a) and b) above the allowance for reductions in material strength should generally be taken as follows for the various parts in the section:

a) Class 4 part free of HAZ effects. A value $t_{eff} = \rho_{ct}$ is taken for the compressed portion of the cross-section part, where ρ_c is found as in 6.1.5. Application of an effective section can result in an iteration procedure. See 6.7.

b) Class 1, 2 or 3 parts subject to HAZ effects. A value $\rho_{o,haz}$ is taken in the softened portions of the cross-section part, where $\rho_{o,haz}$ and the

ослаблений, береться величина $\rho_{0,haz}$; коефіцієнт $\rho_{0,haz}$ і розміри пришовної зони зменшення матеріалу визначені у 6.1.6.1 та 6.1.6.3.

с) Фрагменти класу 4 з ефектом пришовних зон. Поправка складається, по-перше, з меншого з двох наступних значень: поправки, яка відповідає приведеній товщині t_{eff} , та поправки, яка відповідає приведеній товщині у зоні зменшення, $\rho_{0,haz}$; а по-друге, зі значення для решти стиснутої частини фрагмента перерізу. Див. рисунок 6.9.

д) У разі наявності посиленних ділянок поперечного перерізу (див. 6.1.4.3(2)) коефіцієнт ρ_c застосовується до області посилення так само, як і до основної товщини листа.

е) Для зварних ділянок перерізів класу 3 або 4 дозволяється оцінювати товщину з меншим запасом:

– зменшення матеріалу в пришовних зонах не береться до уваги на відстані, меншій ніж $\rho_{0,haz}z_1$ від пружної нейтральної осі перерізу бруто, де z_1 – відстань від неї до найбільш віддалених крайніх волокон перерізу;

– для матеріалу пришовної зони на відстані $z (> \rho_{0,haz}z_1)$ від нейтральної осі величину $\rho_{0,haz}$ можна замінити на ρ_{zy} , яка обчислюється за формулою $\rho_{zy} = \rho_{0,haz} + 1 - z/z_1$.

extent of the softening are as given in 6.1.6.2 and 6.1.6.3.

c) Class 4 part with HAZ effects. The allowance is taken as the lesser of that corresponding to the reduced thickness t_{eff} and that corresponding to the reduced thickness in the softened part, $\rho_{0,haz}$ and as in the rest of the compressed portion of the cross-section part. See Figure 6.9.

d) In the case of reinforced cross-section parts (see 6.1.4.3(2)), ρ_c should be applied to the area of the reinforcement as well as to the basic plate thickness.

e) For a welded part in a Class 3 or 4 section a more favourable assumed thickness may be taken as follows:

– HAZ softening is ignored in any material at distance less than $\rho_{0,haz}z_1$ from the elastic neutral axis of the gross section, where z_1 is the distance from there to the furthest extreme fibres of the section.

– For HAZ material, at a distance $z (> \rho_{0,haz}z_1)$ from the neutral axis, $\rho_{0,haz}$ may be replaced by a value ρ_{zy} determined as $\rho_{zy} = \rho_{0,haz} + 1 - z/z_1$.

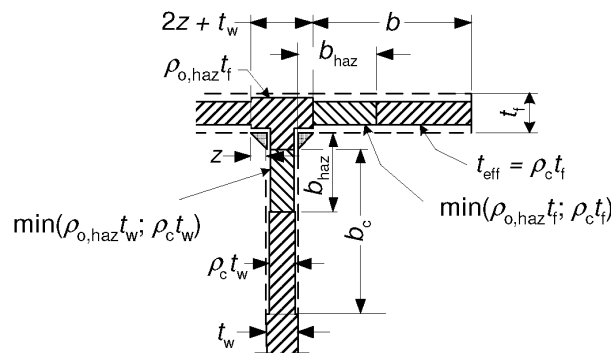


Рисунок 6.9 Приведена товщина у перерізі класу 4 за наявності зварних швів
Figure 6.9 Effective thickness in class 4 cross-section with welds

6.2.6 Перерізувальна сила

(1)P Розрахункове значення перерізу-

6.2.6 Shear

(1)P The design value of the shear force

вальної сили V_{Ed} у будь-якому поперечному перерізі повинне задовольняти умову:

V_{Ed} at each cross-section shall satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0, \quad (6.28)$$

де:

V_{Rd} – розрахунковий опір поперечного перерізу перерізувальній силі.

where:

V_{Rd} is the design shear resistance of the cross-section.

(2) Для нетонкостінних перерізів, у яких $h_w/t_w < 39\varepsilon$, див. 6.5.5(2):

(2) For non-slender sections, $h_w/t_w < 39\varepsilon$ see 6.5.5(2)

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_0}{\sqrt{3}\gamma_{M1}}, \quad (6.29)$$

де A_v є площею зсуву, яка обчислюється таким чином:

where A_v is the shear area, taken as:

а) для перерізів зі стінками, які працюють на зсув:

a) For sections containing shear webs:

$$A_v = \sum_{i=1}^n \left[(h_w - \sum d)(t_w)_i - (1 - \rho_{0,haz}) b_{haz} (t_w)_i \right], \quad (6.30)$$

де:

h_w – висота стінки між полицями;

b_{haz} – повна висота матеріалу пришовної зони між габаритами стінки в проміжку між полицями. Для перерізів, що не мають зварних швів, значення $\rho_{0,haz} = 1$. Якщо пришовна зона простирається на всю висоту стінки, то $b_{haz} = h_w - \sum d$;

t_w – товщина стінки;

d – діаметр отворів уздовж площини зсуву;

n – кількість стінок;

where:

h_w – is the depth of the web between flanges.

b_{haz} – is the total depth of HAZ material occurring between the clear depth of the web between flanges. For sections with no welds, $\rho_{0,haz} = 1$. If the HAZ extends the entire depth of the web panel $b_{haz} = h_w - \sum d$;

t_w – is the web thickness;

d – is the diameter of holes along the shear plane;

n – is the number of webs.

б) для суцільних стержнів і круглих труб:

b) For a solid bar and a round tube

$$A_v = \eta_v A_e, \quad (6.31)$$

де:

$\eta_v = 0,8$ – для суцільного стержня;

$\eta_v = 0,6$ – для круглої труби;

A_e – повна площа перерізу у перерізі без зварних швів, або розрахункова площа перерізу, отримана з використанням

where:

$\eta_v = 0,8$ – for a solid bar;

$\eta_v = 0,6$ – for a round tube;

A_e – is the full section area of an unwelded section, and the effective section area obtained by taking a reduced thickness $\rho_{0,haz}$ for the

приведеної товщини $\rho_{0,haz}$ для матеріалу пришовної зони.

(3) Для гнучких і посиленних стінок див. 6.7.4 – 6.7.6.

(4) У випадку сумісної дії перерізуювальної сили та крутильного моменту опір V_{Rd} необхідно зменшити таким чином, як це передбачено у 6.2.7(9).

6.2.7 Кручення

6.2.7.1 Кручення без депланації

(1)P Для елементів у стані кручення, де формозміною та депланацією можна знехтувати, розрахункове значення крутильного моменту T_{Ed} у кожному поперечному перерізі має задовольняти умову:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} \leq 1,0, \quad (6.32)$$

де:

$T_{Rd} = W_{T,pl} f_0 / (\sqrt{3} \gamma_{M1})$ – розрахунковий опір перерізу крученню за Сен-Венаном, у якому $W_{T,pl}$ – пластичний момент опору при крученні.

ПРИМІТКА 1. Якщо рівнодіюча навантажень діє через центр зсуву, то при такому виді навантаження крутильний момент відсутній.

ПРИМІТКА 2. Формули для центру зсуву у деяких частовикористовуваних поперечних перерізах наведені у Додатку J.

(2) Для розрахунку опору T_{Rd} пустотілих перерізів із тонкостінними ділянками необхідно враховувати розрахункову міцність на зсув окремих частин поперечного перерізу згідно з 6.7.4 або 6.7.5.

6.2.7.2 Кручення з депланацією

(1) Для елементів у стані кручення, для яких можна знехтувати формозміною, але не депланацією, повний крутильний момент у будь-якому поперечному перерізі

HAZ material of a welded section.

(3) For slender webs and stiffened webs, see 6.7.4 – 6.7.6.

(4) Where a shear force is combined with a torsional moment, the shear resistance V_{Rd} should be reduced as specified in 6.2.7(9).

6.2.7 Torsion

6.2.7.1 Torsion without warping

(1)P For members subjected to torsion for which distortional deformations and warping torsion may be disregarded the design value of the torsional moment T_{Ed} at each cross-section shall satisfy:

where:

$T_{Rd} = W_{T,pl} f_0 / (\sqrt{3} \gamma_{M1})$ is the design St. Venants torsion moment resistance of the cross-section in which $W_{T,pl}$ is the plastic torsion modulus.

NOTE 1. If the resultant force is acting through the shear centre there is no torsional moment due to that loading.

NOTE 2. Formulae for the shear centre for some frequent cross-sections are given in Annex J.

(2) For the calculation of the resistance T_{Rd} of hollow sections with slender cross section parts the design shear strength of the individual parts of the cross-section should be taken into account according to 6.7.4 or 6.7.5.

6.2.7.2 Torsion with warping

(1) For members subjected to torsion for which distortional deformations may be disregarded but not warping torsion the total torsional moment at any cross-section should

слід представляти як суму двох внутрішніх чинників:

be considered as the sum of two internal effects:

$$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}, \quad (6.33)$$

де:

$T_{t,Ed}$ – внутрішній крутильний момент за Сен-Венаном;

$T_{w,Ed}$ – внутрішній крутильний депланаційний момент.

where:

$T_{t,Ed}$ is the internal St. Venants torsion moment;

$T_{w,Ed}$ is the internal warping torsion moment.

(2) Значення $T_{t,Ed}$ та $T_{w,Ed}$ у будь-якому поперечному перерізі можна визначити за T_{Ed} з пружного розрахунку, знаючи властивості перерізу елемента, умови затиснення у опорах і розподіл навантажень по елементах.

(2) The values of $T_{t,Ed}$ and $T_{w,Ed}$ at any cross-section may be determined from T_{Ed} by elastic analysis, taking account of the section properties of the member, the condition of restraint at the supports and the distribution of the actions along the member.

ПРИМІТКА. В даному випадку немає виразу для опору T_{Rd} .

NOTE. No expression for resistance T_{Rd} can be given in this case.

(3) Необхідно брати до уваги наступні напруження, що виникають у результаті кручення:

– дотичні напруження $\tau_{t,Ed}$ від моменту кручення $T_{t,Ed}$ за Сен-Венаном;

нормальні напруження $\sigma_{w,Ed}$ від бімоменту B_{Ed} , і дотичні напруження $\tau_{w,Ed}$ від депланаційного моменту $T_{w,Ed}$.

(3) The following stresses due to torsion should be taken into account:

– the shear stresses $\tau_{t,Ed}$ due to St. Venant torsion moment $T_{t,Ed}$;

the direct stresses $\sigma_{w,Ed}$ due to the bimoment B_{Ed} and shear stresses $\tau_{w,Ed}$ due to warping torsion moment $T_{w,Ed}$.

ПРИМІТКА. Константи-характеристики поперечного перерізу наведені в Додатку J.

NOTE. Cross section constants are given in Annex J.

(4) У якості показника пружного опору можна використовувати критерій текучості з 6.2.1(5).

(4) For elastic resistance the yield criterion in 6.2.1(5) may be applied.

(5) Щоб визначити момент опору поперечного перерізу тільки на згин і кручення, вплив від кручення B_{Ed} потрібно отримувати з пружного розрахунку, див (3).

(5) For determining the moment resistance of a cross-section due to bending and torsion only, torsion effects B_{Ed} should be derived from elastic analysis, see (3).

(6) Для спрощення розрахунку у випадку елементів відкритого перерізу (наприклад, двотаврового) можна нехтувати дією крутильного моменту за Сен-Венаном.

(6) As a simplification, in the case of a member with open cross section, such as I or H, it may be assumed that the effect of St. Venant torsion moment can be neglected.

6.2.7.3 Сумісна дія перерізувальної сили

6.2.7.3 Combined shear force and torsional

та крутильного моменту

(1)Р У випадку сумісної дії перерізувальної сили та крутильного моменту той компонент опору перерізувальній силі, який відповідає за опір крученню, слід зменшити від V_{Rd} до $V_{T,Rd}$, при цьому розрахункова перерізувальна сила має задовольняти умову:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{T,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.34)$$

тут $V_{T,Rd}$ обчислюється наступним чином:

– для двотаврового перерізу:

$$V_{T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \sqrt{3}}{1,25 f_0 / \gamma_{M1}}} V_{Rd} \quad (6.35)$$

– для швелера:

$$V_{T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed} \sqrt{3}}{1,25 f_0 / \gamma_{M1}}} - \frac{\tau_{w,Ed} \sqrt{3}}{f_0 / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd} \quad (6.36)$$

– для порожнистого перерізу

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \sqrt{3}}{f_0 / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd} \quad (6.37)$$

де V_{Rd} наведено у 6.2.6.

6.2.8 Одночасний згин і зсув

(1) За наявності перерізувальної сили необхідно враховувати її вплив на момент опору.

(2) Якщо перерізувальна сила V_{Ed} менша від половини перерізувальної сили V_{Rd} , то її вплив на момент опору можна не брати до уваги, за винятком тих випадків, коли опір перерізу знижується через можливість втрати стійкості при зсуві, див. 6.7.6.

(3) У протилежному випадку за розрахунковий опір перерізу слід вибирати приведений момент опору, який розраховується з використанням приведеної міцності:

moment

(1)P For combined shear force and torsional moment the shear force resistance accounting for torsional effects shall be reduced from V_{Rd} to $V_{T,Rd}$ and the design shear force shall satisfy:

in which $V_{T,Rd}$ may be derived as follows:

– for an I or H section

– for a channel section:

– for a hollow section

where V_{Rd} is given in 6.2.6.

6.2.8 Bending and shear

(1) Where a shear force is present allowance should be made for its effect on the moment resistance.

(2) If the shear force V_{Ed} is less than half the shear resistance V_{Rd} its effect on the moment resistance may be neglected except where shear buckling reduces the section resistance, see 6.7.6.

(3) Otherwise the reduced moment resistance should be taken as the design resistance of the cross-section, calculated using a reduced strength

$$f_{0,V} = f_0 \left(1 - (2V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2 \right), \quad (6.38)$$

де значення V_{Rd} береться з 6.2.6.

where V_{Rd} is obtained from 6.2.6.

(4) Для рівнополичного двотаврового перерізу 1-го або 2-го класу у стані згину результат обчислення моменту опору $M_{v,Rd}$ виглядає таким чином:

(4) In the case of an equal-flanged I-section classified as class 1 or 2 in bending, the resulting value of the reduced moment resistance $M_{v,Rd}$ is:

$$M_{v,Rd} = t_f b_f (h - t_f) \frac{f_0}{\gamma_{M1}} + \frac{t_w h_w^2}{4} \frac{f_0}{\gamma_{M1}}, \quad (6.39)$$

де h – повна висота перерізу, а h_w – висота стінки балки між полицями

where h is the total depth of the section and h_w is the web depth between inside flanges.

(5) У випадку рівнополичного двотаврового перерізу 3-го класу у стані згину результат обчислення $M_{v,Rd}$ дається виразом (6.39), але знаменник 4 у другому члені замінюється на 6.

(5) In the case of an equal-flanged I-section classified as class 3 in bending, the resulting value of $M_{v,Rd}$ is given by expression (6.39) but with the denominator 4 in the second term replaced by 6:

(6) Для перерізів 4-го класу у стані згину або таких, які мають ефект знеміцнення у пришовних зонах, див. 6.7.6.

(6) For sections classified as class 4 in bending or affected by HAZ softening, see 6.7.6.

(7) За наявності кручення величина V_{Rd} у виразі (6.38) замінюється величиною $V_{T,Rd}$, див. 6.2.7, при цьому слід брати $f_{0,V} = f_0$ при $V_{Ed} \leq 0,5V_{T,Rd}$.

(7) Where torsion is present V_{Rd} in expression (6.38) is replaced by $V_{T,Rd}$, see 6.2.7, but $f_{0,V} = f_0$ for $V_{Ed} \leq 0,5V_{T,Rd}$.

(8) При сумісній дії згину, поперечної сили і поперечних навантажень див. 6.7.8.

(8) For the interaction of bending, shear force and transverse loads see 6.7.8.

6.2.9 Одночасний згин і поздовжнє навантаження

6.2.9 Bending and axial force

6.2.9.1 Відкриті поперечні перерізи

6.2.9.1 Open cross-sections

(1) Для поперечних перерізів з двома осями симетрії (за винятком суцільних перерізів, див. 6.2.9.2) необхідно задовольнити два нижчеприведені критерії:

(1) For doubly symmetric cross-sections (except solid sections, see 6.2.9.2) the following two criterions should be satisfied:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\omega N_{Rd}} \right)^{\xi_0} + \frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}} \leq 1,00 \quad (6.40)$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\omega N_{Rd}}\right)^{\eta_0} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}}\right)^{\gamma_0} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}}\right)^{\xi_0} \leq 1,00, \quad (6.41)$$

де:

$\eta_0 = 1,0$ або можна прийняти рівним $\alpha_z^2 \alpha_y^2$, проте при цьому $1 \leq \eta_0 \leq 2$ (6.42a)

$\gamma_0 = 1,0$ або можна прийняти рівним α_z^2 , проте при цьому $1 \leq \gamma_0 \leq 1,56$ (6.42b)

$\xi_0 = 1,0$ або можна прийняти рівним α_y^2 , проте при цьому $1 \leq \xi_0 \leq 1,56$ (6.42c)

N_{Ed} – розрахункові значення осьової сили розтягу або стиску;

$M_{y,Ed}$ і $M_{z,Ed}$ – згинальні моменти відносно осей y - y та z - z ;

$N_{Rd} = A_{eff} f_0 / \lambda_{M1}$, див.6.2.4.

$$M_{y,Ed} = \alpha_y W_{y,el} f_0 / \lambda_{M1};$$

$$M_{z,Ed} = \alpha_z W_{y,el} f_0 / \lambda_{M1}$$

α_y, α_z – коефіцієнти форми для згину відносно осей y та z , із поправками на можливість локальної втрати стійкості та знеміцнення матеріалу в пришовних зонах поздовжніх зварних швів, див. 6.2.5.

$\omega_0 = 1$ – для перерізів без локалізованих швів або отворів; у інших випадках див. 6.2.9.3.

ПРИМІТКА. Класифікація поперечних перерізів міститься у 6.3.3(4).

(2) Критерій (6.41) можна також застосовувати для поперечних перерізів з однією віссю симетрії, взявши $\eta_0 = \alpha_y^2$ (але $1 \leq \eta_0 \leq 2,0$) і $\gamma_0 = \xi_0 = 1$, де $\alpha_y = \max(\alpha_{y1}, \alpha_{y2})$, див. рисунок 6.10, якщо осьове зусилля і згинальний момент дають напруження з тим самим знаком у довшій полиці балки і $\alpha_y = \min(\alpha_{y1}, \alpha_{y2})$, якщо осьове зусилля і згинальний момент дають

where:

$\eta_0 = 1,0$ or may alternatively be taken as $\alpha_z^2 \alpha_y^2$ but $1 \leq \eta_0 \leq 2$ (6.42a)

$\gamma_0 = 1,0$ or may alternatively be taken as α_z^2 but $1 \leq \gamma_0 \leq 1,56$ (6.42b)

$\xi_0 = 1,0$ or may alternatively be taken as α_y^2 but $1 \leq \xi_0 \leq 1,56$ (6.42c)

N_{Ed} is the design values of the axial compression or tension force;

$M_{y,Ed}$ and $M_{z,Ed}$ are the bending moments about the y - y and z - z axis;

$N_{Rd} = A_{eff} f_0 / \lambda_{M1}$, see 6.2.4.

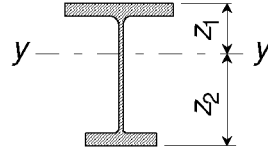
α_y, α_z are the shape factors for bending about the y and z axis, with allowance for local buckling and HAZ softening from longitudinal welds, see 6.2.5.

$\omega_0 = 1$ for sections without localized welds or holes. Otherwise, see 6.2.9.3.

NOTE. For classification of cross section, see 6.3.3(4).

(2) Criterion (6.41) may also be used for mono-symmetrical cross-sections with $\eta_0 = \alpha_y^2$ (but $1 \leq \eta_0 \leq 2,0$) and $\gamma_0 = \xi_0 = 1$, where $\alpha_y = \max(\alpha_{y1}, \alpha_{y2})$, see Figure 6.10, if the axial force and the bending moment give stresses with the same sign in the larger flange and $\alpha_y = \min(\alpha_{y1}, \alpha_{y2})$ if the axial force and the bending moment give stresses with the same sign in the smaller flange.

напруження одного знака у коротшій полиці балки.



$$\alpha_{y1} = \frac{W_{pl,y} z_1}{I_y}$$

$$\alpha_{y2} = \frac{W_{pl,y} z_2}{I_y}$$

Рисунок 6.10 Коефіцієнт форми для поперечного перерізу класу 1 або 2 з однією віссю симетрії.
Figure 6.10 Shape factor for a mono-symmetrical class 1 or 2 cross-section

6.2.9.2 Порожністі та суцільні перерізи

(1) Порожністі та суцільні поперечні перерізи повинні задовольняти наступний критерій:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\omega_0 N_{Rd}}\right)^\psi + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}}\right)^{1,7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}}\right)^{1,7}\right]^{0,6} \leq 1,00, \quad (6.43)$$

де $\psi = 1,3$ для порожнистих перерізів і $\psi = 2$ для суцільних перерізів. Замість цих значень ψ можна взяти рівним α_y, α_z , при цьому $1 \leq \psi \leq 1,3$ для порожнистих перерізів і $1 \leq \psi \leq 2$ для суцільних поперечних перерізів.

6.2.9.3 Елементи, що містять локалізовані шви

(1) Якщо в перерізі має місце ефект знеміцнення матеріалу у пришовній зоні біля шва, місце розташування якого уздовж елемента відоме, причому уздовж елемента шов простягається на відстань, не більшу за найменшу ширину елемента, то граничне допустиме напруження слід брати рівним розрахунковій межі міцності $\rho_{u,haz} f_u / \gamma_{M2}$ для ослабленого матеріалу

$$\omega_0 = (\rho_{u,haz} f_u / \gamma_{M2}) / f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.44)$$

ПРИМІТКА. Це стосується також і пришовних зон біля приварених тимчасових деталей.

(2) Якщо зона знеміцнення простягається у поздовжньому напрямі на відстань, яка більша за найменшу ширину елемента, то граничне допустиме напруження слід брати рівним межі $\rho_{o,haz} f_o$, при якій весь матеріал у зоні знеміцнення переходить у стан текучості, тобто

$$\omega_0 = \rho_{u,haz} \quad (6.45)$$

6.2.9.2 Hollow sections and solid cross-sections

(1) Hollow sections and solid cross-sections should satisfy the following criterion:

where $\psi = 1,3$ for hollow sections and $\psi = 2$ for solid cross-sections. Alternatively ψ may be taken as α_y, α_z but $1 \leq \psi \leq 1,3$ for hollow sections and $1 \leq \psi \leq 2$ for solid cross-sections.

6.2.9.3 Members containing localized welds

(1) If a section is affected by HAZ softening with a specified location along the length and if the softening does not extend longitudinally a distance greater than the least width of the member, then the limiting stress should be taken as the design ultimate strength $\rho_{u,haz} f_u / \gamma_{M2}$ of the reduced strength material.

NOTE. This includes HAZ effects due to the welding of temporary attachments.

(2) If the softening extend longitudinally a distance greater than the least width of the member the limiting stress should be taken as the strength $\rho_{o,haz} f_o$ for overall yielding of the reduced strength material, thus

6.2.10 Сумісна дія згинального, перерізувального та осевого зусиль

(1) У випадку наявності перерізувального та осевого зусиль необхідно внести поправку до показника згинального опору перерізу на вплив цих зусиль.

(2) Якщо розрахункове значення перерізувальної сили V_{Ed} не перевищує 50 % відповідного граничного показника V_{Rd} , то не потрібно вводити ніяких знижувальних поправок для показників опору згину і осевому навантаженню, визначених у 6.2.9, за винятком випадків, у яких момент опору перерізу знижується через можливість місцевої втрати стійкості, див. 6.7.6.

(3) Там, де величина V_{Ed} перевищує 50 % від V_{Rd} , розрахунковий опір поперечного перерізу сумісній дії моменту і осевої сили необхідно зменшити, використовуючи приведену межу текучості:

$$(1 - \rho) f_0 \tag{6.46}$$

для площі зсуву, де

for the shear area where:

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2 \tag{6.47}$$

а V_{Rd} береться з 6.2.6(2).

and V_{Rd} is obtained from 6.2.6(2).

ПРИМІТКА. Замість приведені межі текучості у розрахунку можна виходити з розрахункової товщини пластини.

NOTE. Instead of applying reduced yield strength, the calculation may also be performed applying an effective plate thickness.

6.2.11 Зім'яття стінки балки

(1) Цей розділ стосується розрахунку стінок балок під впливом локалізованих сил, які викликані зосередженими навантаженнями або реакціями, прикладеними до балки. Щодо неукріплених або укріплених у поздовжньому напрямі балок ці питання висвітлюються у 6.7.5.

(2) Для поперечно укріпленої стінки балки елемент жорсткості повинен мати переріз класу 1 або 2, якщо такий елемент можливо встановити. Його можна запроек-

6.2.10 Bending, shear and axial force

(1) Where shear and axial force are present, allowance should be made for the effect of both shear force and axial force on the resistance of the moment.

(2) Provided that the design value of the shear force V_{Ed} does not exceed 50 % of the shear resistance V_{Rd} no reduction of the resistances defined for bending and axial force in 6.2.9 need be made, except where shear buckling reduces the section resistance, see 6.7.6.

(3) Where V_{Ed} exceeds 50 % of V_{Rd} the design resistance of the cross-section to combinations of moment and axial force should be reduced using a reduced yield strength:

6.2.11 Web bearing

(1) This clause concerns the design of webs subjected to localised forces caused by concentrated loads or reactions applied to a beam. For un-stiffened and longitudinally stiffened web this subject is covered in 6.7.5.

(2) For transversely stiffened web, the bearing stiffener, if fitted, should be of class 1 or 2 section. It may be conservatively designed on the assumption that it resists the

тувати з запасом, виходячи з припущення, що він повністю приймає на себе зусилля без допомоги самої стінки балки. При цьому елемент жорсткості розраховується як розкіс (див. 6.3.1) на втрату стійкості з площини та локальне зминання, з урахуванням поперечного згину у разі потреби (див. 6.3.2). Див. також 6.7.8.

6.3 ОПІР ЕЛЕМЕНТІВ ВТРАТІ СТІЙКОСТІ

6.3.1 Елементи у стані стиску

(1) Мають місце такі основні форми втрати стійкості елементів у стані осьового стиску:

- a) згинальна (див. 6.3.1.1 – 6.3.1.3);
- b) крутильна або згинально-крутильна (див. 6.3.1.1 та 6.3.1.4);
- c) локальне зминання (див. 6.2.4).

ПРИМІТКА. Перевірка a) проводиться завжди. Перевірка b), як правило, необхідна, проте в окремих випадках може і не виконуватися. Перевірка c) потрібна тільки для стиснутих елементів із малою гнучкістю, які мають значні локальні ослаблення отворами або зварними швами.

6.3.1.1 Опір поздовжньому згину

(1)P Для стиснутого елемента необхідно виконати перевірку як на згинальну, так і на крутильну втрату стійкості, а також на комбіновану згинально-крутильну, наступним чином:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0, \quad (6.48)$$

де:

N_{Ed} – розрахункова величина сили стиску;

$N_{b,Rd}$ – розрахунковий опір стиснутого елемента втраті стійкості.

(2) Розрахунковий опір поздовжньому згину для стиснутого елемента $N_{b,Rd}$ визначається за формулою:

$$N_{b,Rd} = \kappa \chi A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}, \quad (6.49)$$

entire bearing force, unaided by the web, the stiffener being checked as a strut (see 6.3.1) for out-of-plane column buckling and local squashing, with lateral bending effects allowed for if necessary (see 6.3.2). See also 6.7.8.

6.3 BUCKLING RESISTANCE OF MEMBERS

6.3.1 Members in compression

(1) Members subject to axial compression may fail in one of three ways:

- a) flexural (see 6.3.1.1 to 6.3.1.3);
- b) torsional or flexural torsional (see 6.3.1.1 and 6.3.1.4);
- c) local squashing (see 6.2.4).

NOTE. Check a) should always be made. Check b) is generally necessary but may be waived in some cases. Check c) is only necessary for struts of low slenderness that are significantly weakened locally by holes or welding.

6.3.1.1 Buckling Resistance

(1)P A compression member shall be verified against both flexural and torsional or torsional-flexural buckling as follows:

where:

N_{Ed} is the design value of the compression force;

$N_{b,Rd}$ is the design buckling resistance of the compression member.

(2) The design buckling resistance of a compression member $N_{b,Rd}$ should be taken as:

де:

χ – знижувальний коефіцієнт для відповідної форми втрати стійкості, наведений у 6.3.1.2;

κ – коефіцієнт для врахування ослаблюючого ефекту зварювання. Для поздовжньо звареного елемента коефіцієнт κ наведено у таблиці 6.5 для згинальної форми втрати стійкості, а для крутильної і крутильно-згинальної $\kappa = 1$. У випадку поперечно звареного елемента $\kappa = \omega_x$ відповідно до 6.3.3.3;

A_{eff} – приведена площа перерізу з урахуванням можливості втрати стійкості для 4-го класу перерізів. Для крутильних і крутильно-згинальних форм втрати стійкості дані наведені у таблиці 6.7.

$A_{\text{eff}} = A$ – для перерізів класів 1, 2 або 3.

6.3.1.2 Криві стійкості

(1) Значення χ для величини $\bar{\lambda}$ у випадку осьового стиску необхідно визначати на основі відповідної кривої стійкості таким чином:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}, \text{ але } \chi < 1,0, \quad (6.50)$$

де:

$$\phi = 0,5 \left(1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) \bar{\lambda}^2 \right),$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_0}{N_{\text{cr}}}} \quad (6.51)$$

α – коефіцієнт недосконалості форми;

$\bar{\lambda}_0$ – границя горизонтальної ділянки кривої;

N_{cr} – пружна критична сила для відповідної форми втрати стійкості, обчислена за характеристиками перерізу бруто.

(2) Коефіцієнт недосконалості α і границю горизонтальної ділянки кривої $\bar{\lambda}_0$, які відповідають кривій стійкості, необхідно брати з таблиці 6.6 у випадку згинальної форми втрати стійкості і, відповідно, з таблиці 6.7 у випадку крутильної або

where:

χ is the reduction factor for the relevant buckling mode as given in 6.3.1.2.

κ is a factor to allow for the weakening effects of welding. For longitudinally welded member κ is given in Table 6.5 for flexural buckling and $\kappa = 1$ for torsional and torsional-flexural buckling. In case of transversally welded member $\kappa = \omega_x$ according to 6.3.3.3;

A_{eff} is the effective area allowing for local buckling for class 4 cross-section. For torsional and torsional-flexural buckling see Table 6.7.

$A_{\text{eff}} = A$ for class 1, 2 or 3 cross-section.

6.3.1.2 Buckling curves

(1) For axial compression in members the value of χ for the appropriate value of $\bar{\lambda}$ should be determined from the relevant buckling curve according to:

where:

α is an imperfection factor;

$\bar{\lambda}_0$ is the limit of the horizontal plateau;

N_{cr} is the elastic critical force for the relevant buckling mode based on the gross cross-sectional properties.

(2) The imperfection factor α and limit of horizontal plateau $\bar{\lambda}_0$ corresponding to appropriate buckling curve should be obtained from Table 6.6 for flexural buckling and Table 6.7 for torsional or torsional-flexural buckling.

крутильно-згинальної форми.

(3) Значення знижувального коефіцієнта χ для відповідної відносної гнучкості $\bar{\lambda}$ можна брати з рисунка 6.11 для згинальної форми втрати стійкості та з рисунка 6.12 для крутильної або крутильно-згинальної форми.

(3) Values of the reduction factor χ for the appropriate relative slenderness $\bar{\lambda}$ may be obtained from Figure 6.11 for flexural buckling and Figure 6.12 for torsional or torsional-flexural buckling.

(4) Для гнучкості $\bar{\lambda} \leq \bar{\lambda}_0$ або для $N_{Ed} \leq \bar{\lambda}_0 N_{cr}$ явищами втрати стійкості дозволяється знехтувати і виконувати тільки перевірку опору поперечного перерізу.

(4) For slenderness $\bar{\lambda} \leq \bar{\lambda}_0$ or for $N_{Ed} \leq \bar{\lambda}_0 N_{cr}$ the buckling effects may be ignored and only cross-sectional check apply.

Таблиця 6.5 Значення коефіцієнта κ для елемента з поздовжніми зварними швами

Матеріал класу А згідно з таблицею 3.2	Матеріал класу В згідно з таблицею 3.2
$\kappa = 1 - \left(1 - \frac{A_1}{A}\right) 10^{-\bar{\lambda}} - \left(0,05 + 0,1 \frac{A_1}{A}\right) \bar{\lambda}^{-1,3(1-\bar{\lambda})}$ <p>при $A_1 = A - A_{\text{haz}}(1 - \rho_{o,\text{haz}})$, у яких A_{haz} = площа пришовної зони</p>	$\kappa = 1 \text{ якщо } \bar{\lambda} \leq 0,2$ $\kappa = 1 + 0,04 \left(4 \bar{\lambda}\right)^{(0,5-\bar{\lambda})} - 0,22 \bar{\lambda}^{-1,4(1-\bar{\lambda})}$ <p>якщо $\bar{\lambda} > 0,2$</p>

Table 6.5 Values of κ factor for member with longitudinal welds

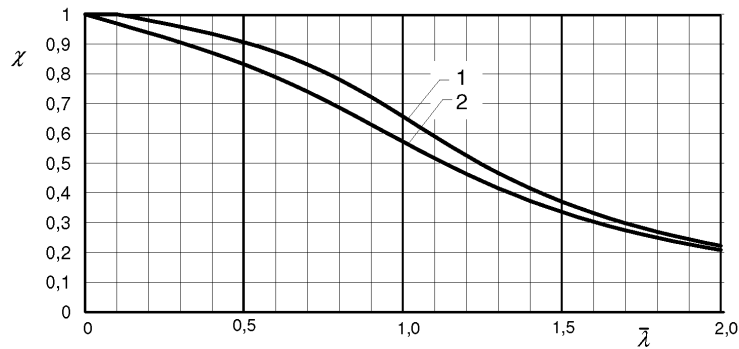
Class A material according to Table 3.2	Class B material according to Table 3.2
$\kappa = 1 - \left(1 - \frac{A_1}{A}\right) 10^{-\bar{\lambda}} - \left(0,05 + 0,1 \frac{A_1}{A}\right) \bar{\lambda}^{-1,3(1-\bar{\lambda})}$ <p>with $A_1 = A - A_{\text{haz}}(1 - \rho_{o,\text{haz}})$ in which A_{haz} = area of HAZ</p>	$\kappa = 1 \text{ if } \bar{\lambda} \leq 0,2$ $\kappa = 1 + 0,04 \left(4 \bar{\lambda}\right)^{(0,5-\bar{\lambda})} - 0,22 \bar{\lambda}^{-1,4(1-\bar{\lambda})}$ <p>if $\bar{\lambda} > 0,2$</p>

Таблиця 6.6 Значення α і $\bar{\lambda}_0$ для згинальних форм втрати стійкості

Клас втрати стійкості згідно з таблицею 3.2.	α	$\bar{\lambda}_0$
Клас А	0,20	0,10
Клас В	0,32	0,00

Table 6.6 - Values of α and $\bar{\lambda}_0$ for flexural buckling

Material buckling class according to Table 3.2	α	$\bar{\lambda}_0$
Class A	0,20	0,10
Class B	0,32	0,00



1 - матеріал класу А; 2 - матеріал класу В. 1 class A material, 2 class B material

Рисунок 6.11 Знижувальний коефіцієнт χ для згинальних форм втрати стійкості
Figure 6.11 Reduction factor χ for flexural buckling

Таблиця 6.7 Значення α , $\bar{\lambda}$ і A_{eff} для крутильних і крутильно-згинальних форм втрати стійкості

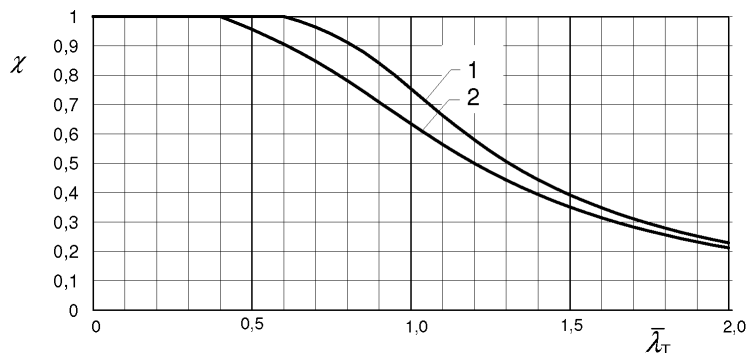
Поперечний переріз	α	$\bar{\lambda}$	A_{eff}
Загальний ¹⁾	0,35	0,4	$A_{eff}^{1)}$
Такий, що складається цілком з консольних фрагментів ²⁾	0,20	0,6	$A^{2)}$

¹⁾ Якщо переріз містить підсилені консольні фрагменти, так що у локальній втраті стійкості критичною є форма 1 (див. п. 6.1.4.3(2)), то даний елемент слід вважати «загальним», а значення A_{eff} визначати з урахуванням можливості локальної втрати стійкості та/або ефекту пришовної зони.
²⁾ Для таких видів перерізів, як кутики, таври або хрестоподібні, які складаються цілком з консольних фрагментів, локальна та крутильна втрата стійкості тісно пов'язані. При визначенні A_{eff} необхідно, у разі потреби, внести поправку на наявність матеріалу пришовної зони, але не слід робити ніяких поправок на локальну втрату стійкості, тобто $\rho_c = 1$.

Table 6.7 Values of α , $\bar{\lambda}$ and A_{eff} for torsional and torsional-flexural buckling

Cross-section	α	$\bar{\lambda}$	A_{eff}
General ¹⁾	0,35	0,4	$A_{eff}^{1)}$
Composed entirely of radiating outstands ²⁾	0,20	0,6	$A^{2)}$

¹⁾ For sections containing reinforced outstands such that mode 1 would be critical in terms of local buckling A_{eff} (see 6.1.4.3(2)), the member should be regarded as "general" and determined allowing for either or both local buckling and HAZ material.
²⁾ For sections such as angles, tees and cruciforms, composed entirely of radiating outstands, local and torsional buckling are closely related. When determining A_{eff} allowance should be made, where appropriate, for the presence of HAZ material but no reduction should be made for local buckling i.e. $\rho_c = 1$.



1 - переріз, що складається з консольних частин;
 2 - загальний поперечний переріз

1 – Cross section composed of radiating outstands,
 2 – General cross section

Рисунок 6.12 Знижувальний коефіцієнт χ для крутильної та крутильно-згинальної

форми втрати стійкості

Figure 6.12 Reduction factor χ for torsional and torsional-flexural buckling

6.3.1.3 Гнучкість при згинальній формі втрати стійкості

(1) Відносна гнучкість $\bar{\lambda}$ обчислюється за формулою:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_0}{N_{\text{cr}}}} = \frac{L_{\text{cr}}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A} \frac{f}{E}}, \quad (6.52)$$

де:

L_{cr} – приведена довжина у тій площині згину, яка розглядається;

i – радіус інерції відносно відповідної осі, який визначається за характеристиками поперечного перерізу брунто.

(2) Приведена довжина L_{cr} береться у вигляді kL , де L є довжиною між точками обпирання у поперечному напрямку; для консольного стиснутого елемента L є його фактичною довжиною. Величина k – коефіцієнт приведеної довжини для стиснутих елементів – встановлюється на основі граничних умов закріплення; таблиця 6.8 містить відповідні дані.

ПРИМІТКА. Коефіцієнти приведеної довжини k для випадку жорстко закріплених кінців мають більші значення у порівнянні з теоретичними. Це зроблено для того, щоб врахувати фактичну деформативність вузлів з'єднань між елементами.

6.3.1.3 Slenderness for flexural buckling

(1) The relative slenderness $\bar{\lambda}$ is given by:

where:

L_{cr} is the buckling length in the buckling plane considered;

i is the radius of gyration about the relevant axis, determined using the properties of gross cross-section.

(2) The buckling length L_{cr} should be taken as kL , where L is the length between points of lateral support; for a cantilever strut, L is its length. The value of k , the buckling length factor for struts, should be assessed from a knowledge of the end conditions; Table 6.8 gives guidance.

NOTE. The buckling length factors k are increased compared to the theoretical value for fixed ends to allow for various deformations in the connection between different structural parts.

Таблиця 6.8 Коефіцієнт приведеної довжини κ для стиснутих елементів

Умови закріплення кінців елемента:	κ
1. Закріплений від зміщення та повороту на обох кінцях	0,7
2. Закріплений від зміщення на обох кінцях, а від повороту – на одному кінці	0,85
3. Закріплений від зміщення на обох кінцях, але не закріплений від повороту	1,0
4. Закріплений від зміщення на одному кінці, а від повороту – на обох	1,25
5. Закріплений від зміщення та повороту на одному кінці, частково закріплений від повороту, але не від зміщення на іншому кінці	1,5
6. Закріплений від зміщення на одному кінці, вільний на іншому кінці	2,0

Table 6.8 Buckling length factor κ for struts

End conditions	κ
1. Held in position and restrained in direction at both ends	0,7
2. Held in position at both ends and restrained in direction at one end	0,85
3. Held in position at both ends, but not restrained in direction	1,0
4. Held in position at one end, and restrained in direction at both ends	1,25
5. Held in position and restrained in direction at one end, and partially restrained in direction but not held in position at the other end	1,5

6. Held in position and restrained in direction at one end, but not held in position or restrained at the other end	2,0
---	-----

6.3.1.4 Гнучкість при крутильній та крутильно-згинальній втраті стійкості

(1) Для елементів з відкритим поперечним перерізом може виявитися, що опір елемента крутильній або крутильно-згинальній втраті стійкості буде меншим, ніж його опір згинальній втраті стійкості.

ПРИМІТКА. Можливість втрати стійкості за крутильною або крутильно-згинальною формою можна не брати до уваги для таких перерізів:

- a) порожнистих;
- b) двотаврів з двома осями симетрії;
- c) перерізів, складених цілком із консольних частин, наприклад, кутиків, таврів, хрестоподібних, які відповідно до пункту 6.1.4 відносяться до 1-го та 2-го класів.

(2) Відносна гнучкість $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_T$ для крутильної та крутильно-згинальної втрати стійкості визначається за формулою:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_0}{N_{\text{cr}}}}, \tag{6.53}$$

де:

A_{eff} – площа поперечного перерізу згідно з таблицею 6.7;

N_{cr} – пружне критичне навантаження при крутильній або крутильно-згинальній втраті стійкості.

ПРИМІТКА. Значення N_{cr} і $\bar{\lambda}_T$ наведені в Додатку I.

6.3.1.5 Позацентрично приєднані одиночні стиснуті елементи

(1) Нижчепераховані різновиди позацентрично з'єднаних елементів у стані стиску можна розраховувати за спрощеною методикою за умови, що їхні кінці закріплені від повороту і до елементів не прикладено згинальних зусиль. Ця спрощена методика є альтернативою розрахунку системи в цілому на поздовжньо-поперечний згин із 6.3.3:

- a) одиночний кутик, приєднаний однією

6.3.1.4 Slenderness for torsional and torsional-flexural buckling

(1) For members with open cross-sections account should be taken of the possibility that the resistance of the member to either torsional or torsional-flexural buckling could be less than its resistance to flexural buckling

NOTE. The possibility of torsional and torsional-flexural buckling may be ignored for the following:

- a) hollow sections;
- b) doubly symmetrical I-sections;
- c) sections composed entirely of radiating outstands, e.g. angles, tees, cruciforms, that are classified as class 1 and 2 in accordance with 6.1.4.

(2) The relative slenderness $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_T$ for torsional and torsional-flexural buckling should be taken as:

where:

A_{eff} is the cross-section area according to Table 6.7;

N_{cr} is the elastic critical load for torsional buckling, allowing for interaction with flexural buckling if necessary (torsional-flexural buckling).

NOTE. Values of N_{cr} and $\bar{\lambda}_T$ are given in Annex I.

6.3.1.5 Eccentrically connected single - bay struts

(1) Providing the end attachment prevents rotation in the plane of the connected part and no deliberate bending is applied, the following types of eccentrically connected strut may be designed using a simplified approach. This represents an alternative to the general method for combined bending and compression of 6.3.3:

- a) single angle connected through one leg

- полицею;
- b) кутики, у яких дві зовнішні грані з'єднані між собою, а дві інші приєднані до фасонки;
- c) одиночний швелер, приєднаний тільки стінкою;
- d) тавр, приєднаний тільки полицею.

(2) Якщо виконується перевірка однієї або кількох приєднаних частин на втрату стійкості за згинальною формою з площини згідно з 6.3.1.1, ексцентриситет навантаження не слід враховувати, а значення $N_{b,Rd}$ потрібно брати рівним 40 % від величини центрованого навантаження.

(3) Значення для пункту a) повинне обчислюватися відносно осі, паралельній приєднаній частині (частинам). Для крутильної форми втрати стійкості немає необхідності змінювати методику розрахунку з 6.3.1.1 та 6.3.1.4.

6.3.2 Елементи у стані згину

- (1) У загальному випадку слід виконувати наступні перевірки опору елементів:
- a) на згин (див. 6.2.5), у тому числі, де це необхідно, з одночасним зсувом (див. 6.2.8);
 - b) на зсув (див. 6.2.6 та 6.2.8);
 - c) на зім'яття стінки балки (див. 6.7.5);
 - d) на поперечну крутильну втрату стійкості (див. 6.3.2.1).

(2) Необхідно враховувати клас поперечного перерізу (див. 6.1.4), наявність зон термічного впливу біля зварних швів (див. 6.1.5) і отворів (див. 6.2.5).

(3) Якщо елементи сприймають одночасно згин і осьове навантаження, слід користуватися рекомендаціями 6.3.3.

(4) Двоосьовий згин у поєднанні з осьовим навантаженням розглядається в 6.2.9 та 6.3.3. Якщо осьове зусилля відсутнє, членом з N_{Ed} слід знехтувати.

- only;
- b) back to back angles connected to one side of a gusset plate;
- c) single channel connected by its web only;
- d) angle tee connected by its flange only.

(2) Where flexural buckling using 6.3.1.1 out of the plane of the attached part(s) is checked, the eccentricity of loading should be ignored and the value of $N_{b,Rd}$ should be taken as 40 % of the value for centroidal loading.

(3) The value for a) should be that about the axis parallel to the connected part(s). For torsional buckling no change to the method of 6.3.1.1 and 6.3.1.4 is necessary.

6.3.2 Members in bending

- (1) The following resistances should normally be checked:
- a) bending (see 6.2.5), including, where appropriate, allowance for coincident shear (see 6.2.8);
 - b) shear (see 6.2.6 and 6.2.8);
 - c) web bearing (see 6.7.5);
 - d) lateral torsional buckling (see 6.3.2.1).

(2) Due account should be taken of the class of cross-section (see 6.1.4), the presence of any heat affected zones (see 6.1.5) and the need to allow for the presence of holes (see 6.2.5).

(3) For members required to resist bending combined with axial load reference is made to 6.3.3.

(4) Biaxial bending combined with axial load is covered under 6.2.9 and 6.3.3. If there is no axial force the term with N_{Ed} should be deleted.

6.3.2.1 Опір втраті стійкості

ПРИМІТКА. Не потрібно виконувати перевірку на поперечну крутильну втрату стійкості у будь-якій з перерахованих нижче ситуацій:

- а) згин відбувається відносно другорядної осі інерції, причому рівнодійна навантаження не проходить через центр зсуву;
- б) елемент повністю закріплено від поперечного зміщення по всій довжині;
- в) відносна гнучкість $\bar{\lambda}_{LT}$ (див. 6.2.3.2) між точками закріплення від поперечного зміщення менша, ніж 0,4.

(1)Р Незафіксований у поперечному напрямі елемент у стані згину відносно головної осі інерції необхідно перевірити на крутильну-згинальну втрату стійкості згідно з критерієм:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0, \quad (6.54)$$

де:

M_{Ed} – розрахункове значення згинального моменту;

$M_{b,Rd}$ – розрахунковий момент опору втраті стійкості.

(2) Розрахунковий момент опору для незакріпленого у поперечному напрямі елемента слід визначати так:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \alpha W_{el,y} f_0 / \gamma_{M1}, \quad (6.55)$$

де:

$W_{el,y}$ – момент пружного опору перерізу брутку, без поправок на зменшення у пришовних зонах, локальну втрату стійкості та отвори;

α – береться з таблиці 6.4 згідно з обмеженням $\alpha \leq W_{pl,y} / W_{el,y}$;

χ_{LT} – знижувальний коефіцієнт поправки на поперечну крутильну втрату стійкості (див. 6.3.2.2)

6.3.2.2 Знижувальний коефіцієнт поправки на поперечну крутильну втрату стійкості

(1) Знижувальний коефіцієнт поправки на поперечну крутильну втрату стійкості

6.3.2.1 Buckling resistance

NOTE. Lateral torsional buckling need not be checked in any of the following circumstances:

- a) bending takes place about the minor principal axis and at the same time the load application is not over the shear centre;
- b) the member is fully restrained against lateral movement throughout its length;
- c) the relative slenderness $\bar{\lambda}_{LT}$ (see 6.3.2.3) between points of effective lateral restraint is less than 0,4.

(1)P A laterally unrestrained member subject to mayor axis bending shall be verified against lateral-torsional buckling as follows:

where:

M_{Ed} is the design value of the bending moment;

$M_{b,Rd}$ is the design buckling resistance moment.

(2) The design buckling resistance moment of laterally un-restrained member should be taken as:

where:

$W_{el,y}$ is the elastic section modulus of the gross section, without reduction for HAZ softening, local buckling or holes;

α is taken from Table 6.4 subject to the limitation $\alpha \leq W_{pl,y} / W_{el,y}$;

χ_{LT} is the reduction factor for lateral torsional buckling (see 6.3.2.2).

6.3.2.2 Reduction factor for lateral torsional buckling

(1) The reduction factor for lateral torsional buckling χ_{LT} for the appropriate

χ_{LT} для відповідної гнучкості $\bar{\lambda}_{LT}$ визначається за формулою:

relative slenderness $\bar{\lambda}_{LT}$ should be determined from:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}, \text{ але (but) } \chi_{LT} \leq 1, \quad (6.56)$$

де:

where:

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{0,LT}) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (6.57)$$

α_{LT} – коефіцієнт недосконалості форми;
 $\bar{\lambda}_{LT}$ – відносна гнучкість;
 $\bar{\lambda}_{0,LT}$ – границя горизонтальної ділянки кривої;
 M_{cr} – пружний критичний момент для поперечної крутильної форми втрати стійкості.

α_{LT} is an imperfection factor;
 $\bar{\lambda}_{LT}$ is the relative slenderness;
 $\bar{\lambda}_{0,LT}$ is the limit of the horizontal plateau;
 M_{cr} is the elastic critical moment for lateral-torsional buckling.

(2) Значення α_{LT} і $\bar{\lambda}_{0,LT}$ необхідно вибирати у вигляді:

(2) The value of α_{LT} and $\bar{\lambda}_{0,LT}$ should be taken as:

$\alpha_{LT} = 0,10$ і $\bar{\lambda}_{0,LT} = 0,6$ для перерізів класів 1 і 2;

$\alpha_{LT} = 0,10$ and $\bar{\lambda}_{0,LT} = 0,6$ for class 1 and 2 cross-sections;

$\alpha_{LT} = 0,20$ і $\bar{\lambda}_{0,LT} = 0,4$ для перерізів класів 3 і 4.

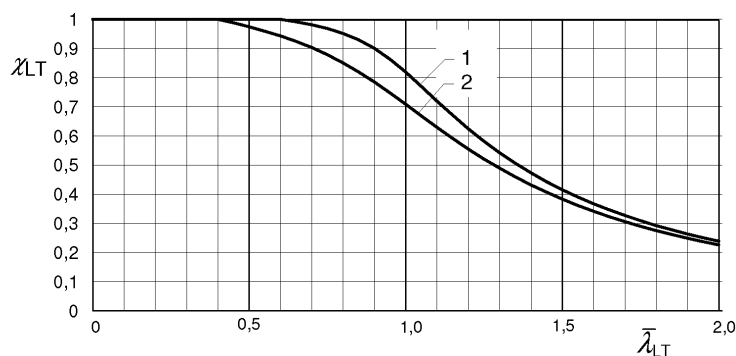
$\alpha_{LT} = 0,20$ and $\bar{\lambda}_{0,LT} = 0,4$ for class 3 and 4 cross-sections.

(3) Значення знижувального коефіцієнта χ_{LT} для відповідної гнучкості $\bar{\lambda}_{LT}$ можна отримати з рисунка 6.13.

(3) Values of the reduction factor χ_{LT} for the appropriate relative slenderness may be obtained from Figure 6.13.

(4) Для гнучкості $\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}$ або $M_{Ed} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}^2 M_{cr}$ можливість втрати стійкості можна не враховувати, тобто виконувати тільки перевірку міцності перерізу.

(4) For slenderness $\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}$ or for $M_{Ed} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}^2 M_{cr}$ the buckling effects may be ignored and only cross-sectional check apply.



1 – перерізи класів 1 і 2; 2 – перерізи класів 3 і 4.

1 – Class 1 and 2 cross sections, 2 – Class 3 and 4 cross sections

Рисунок 6.13 Знижувальний коефіцієнт поправки на поперечну крутильну втрату стійкості

Figure 6.13 Reduction factor for lateral-torsional buckling

6.3.2.3 Гнучкість

(1) Відносну гнучкість $\bar{\lambda}_{LT}$ слід визначати за формулою

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\alpha W_{el,y} f_0}{M_{cr}}}, \tag{6.58}$$

де:

α – береться з таблиці 6.4 за умови дотримання обмеження $\alpha \leq W_{pl,y} / W_{el,y}$;

M_{cr} – пружний критичний момент для поперечної втрати стійкості.

(2) M_{cr} обчислюється за характеристиками перерізу бругто з урахуванням умов навантаження, дійсного розподілу моментів і закріплень у поперечному напрямку.

ПРИМІТКА. Вирази для M_{cr} для деяких перерізів і граничних умов наведені в Додатку 1.1, а приблизні значення $\bar{\lambda}_{LT}$ для деяких двотаврів і швелерів – у Додатку 1.2.

6.3.2.4 Закріплення від поперечного зміщення

(1) Системи розкріплень, які обмежують можливість поперечного зміщення, слід розраховувати згідно з рекомендаціями 5.3.3.

ПРИМІТКА. Якщо для ряду з двох або більше паралельних елементів необхідне поперечне закріплення, то недостатньо тільки скріпити між собою стиснуті полиці і цим встановити між ними взаємну залежність. Необхідне розкріплення можна забезпечити тільки прикріпленням тяжів до незалежної жорсткої опори або встановленням трикутної в'язевої решітки. Якщо паралельних елементів більше трьох, достатньо розрахувати систему розкріплень на опір сумі поперечних сил, викликаних дією трьох найбільших стискаючих навантажень.

6.3.3 Елементи у стані поздовжньо-поперечного згину

(1) Якщо розрахунок другого порядку з урахуванням недосконалостей форми (див. 5.3.2) не виконується, то перевірку елемен-

6.3.2.3 Slenderness

(1) The relative slenderness parameter $\bar{\lambda}_{LT}$ should be determined from

where:

α is taken from Table 6.4 subject to the limitation $\alpha \leq W_{pl,y} / W_{el,y}$

M_{cr} is the elastic critical moment for lateral-torsional buckling.

(2) M_{cr} is based on gross cross sectional properties and takes into account the loading conditions, the real moment distribution and the lateral restraints.

NOTE. Expressions for M_{cr} for certain sections and boundary conditions are given in Annex 1.1 and approximate values of $\bar{\lambda}_{LT}$ for certain I-sections and channels are given in Annex 1.2.

6.3.2.4 Effective Lateral Restraints

(1) Bracing systems providing lateral restraint should be designed according to 5.3.3.

NOTE. Where a series of two or more parallel members require lateral restraint, it is not adequate merely to tie the compression flanges together so that they become mutually dependent. Adequate restraint will be provided only by anchoring the ties to an independent robust support, or by providing a triangulated bracing system. If the number of parallel members exceeds three, it is sufficient for the restraint system to be designed to resist the sum of the lateral forces derived from the three largest compressive forces only.

6.3.3 Members in bending and axial compression

(1) Unless second order analysis is carried out using the imperfections as given in 5.3.2, the stability of uniform members should be

тів постійного поперечного перерізу на стійкість слід виконувати за рекомендаціями, даними в наступному пункті, розрізняючи такі випадки:

- елементи, не схильні до крутильних деформацій, наприклад, круглі порожнисті перерізи або перерізи, закріплені від кручення (тільки згинальна форма втрати стійкості);
- елементи, схильні до крутильних деформацій, наприклад, елементи з відкритими поперечними перерізами та незакріплені від кручення (поперечно-крутильна або згинальна форма втрати стійкості).

(2) Для елементів, схильних до крутильних деформацій, слід у загальному випадку провести дві перевірки.

- на згинальну втрату стійкості;
- на поперечно-крутильну втрату стійкості.

(3) Для розрахунку опору N_{Rd} , $M_{y,Rd}$ і $M_{z,Rd}$ необхідно належним чином врахувати наявність ослаблених пришовних зон від поздовжніх зварних швів (див. 6.2.4 і 6.2.5). Наявність локального знеміцнення від поперечних швів та ефект наявності отворів також необхідно враховувати згідно з 6.3.3.3 та 6.3.3.4.

(4) Усі величини у розрахунковому критерії слід вважати додатніми.

ПРИМІТКА 1. Класифікація перерізів для елементів у стані поздовжньо-поперечного згину повинна виконуватися окремо по кожній з компонент навантаження згідно з 6.1.4. Для комбінованого напруженого стану класифікація не передбачена.

ПРИМІТКА 2. Поперечний переріз може належати до різних класів відносно осьових зусиль, згину відносно головної осі інерції та другорядної осі інерції. Наявність комбінованого напруженого стану врахована у розрахунковому критерії. Вирази цього критерію можна застосовувати для всіх класів перерізів. Вплив місцевої втрати стійкості і текучості на опір комбінованому навантаженню враховується величинами у знаменниках і показниках ступеня, які є функціями показника гнучкості перерізу.

ПРИМІТКА 3. Перевірка опору перерізу вже включена у перевірку на згинальну і поперечно-крутильну втрату стійкості, якщо використовуються

checked as given in the following clause, where a distinction is made for:

- members that are not susceptible to torsional deformations, e.g. circular hollow sections or sections restrained from torsion (flexural buckling only);
- members that are susceptible to torsional deformations, e.g. members with open cross-sections not restrained from torsion (lateral-torsional buckling or flexural buckling).

(2) Two checks are in general needed for members that are susceptible to torsional deformations:

- flexural buckling;
- lateral-torsional buckling.

(3) For calculation of the resistance N_{Rd} , $M_{y,Rd}$ and $M_{z,Rd}$ due account of the presence of HAZ-softening from longitudinal welds should be taken. (See 6.2.4 and 6.2.5). The presence of localized HAZ-softening from transverse welds and the presence of holes should be taken care of according to 6.3.3.3 and 6.3.3.4 respectively.

(4) All quantities in the interaction criterion should be taken as positive.

NOTE 1. Classification of cross-sections for members with combined bending and axial forces is made for the loading components separately according to 6.1.4. No classification is made for the combined state of stress.

NOTE 2. A cross-section can belong to different classes for axial force, major axis bending and minor axis bending. The combined state of stress is taken care of in the interaction expressions. These interaction expressions can be used for all classes of cross-section. The influence of local buckling and yielding on the resistance for combined loading is taken care of by the capacities in the denominators and the exponents, which are functions of the slenderness of the cross-section.

NOTE 3. Section check is included in the check of flexural and lateral-torsional buckling if the methods in 6.3.3.1 and 6.3.3.5 are used.

методи з 6.3.3.1 та 6.3.3.5.

6.3.3.1 Згинальна форма втрати стійкості

(1) Для елементів із відкритими поперечними перерізами, що мають дві осі симетрії (про суцільні перерізи див. (2)), необхідно задовольнити один з наступних критеріїв:

– для згину навколо головної осі (вісь y):

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \omega_\chi N_{Rd}} \right)^{\xi_{yc}} + \frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}} \leq 1,00 \quad (6.59)$$

– для згину навколо другорядної осі (вісь z):

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \omega_\chi N_{Rd}} \right)^{\eta_c} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}} \right)^{\xi_{zc}} \leq 1,00, \quad (6.60)$$

де:

$\eta_c = 0,8$, або можна взяти
or may alternatively be taken as
 $\xi_{yc} = 0,8$, або можна взяти
or may alternatively be taken as
 $\xi_{zc} = 0,8$, або можна взяти
or may alternatively be taken as

where:

$\eta_c = \eta_0 \chi_z$ при цьому $\eta_c \geq 0,8$; (6.61a)
but

$\xi_{yc} = \xi_0 \chi_y$ при цьому $\xi_{yc} \geq 0,8$; (6.61b)
but

$\xi_{zc} = \xi_0 \chi_z$ при цьому $\xi_{zc} \geq 0,8$; (6.61c)
but

η_0 і ξ_0 беруться відповідно до 6.2.9.1;

$\omega_\chi = \omega_0 = 1$ для стиснено-зігнутих балок-колон без локалізованих зварних швів і при рівних кінцевих моментах. У протилежному випадку див. 6.3.3.3 та 6.3.3.4 відповідно.

η_0 and ξ_0 are according to 6.2.9.1;

$\omega_\chi = \omega_0 = 1$ for beam-columns without localized welds and with equal end moments. Otherwise, see 6.3.3.3 and 6.3.3.4, respectively.

(2) Для суцільних поперечних перерізів можна використовувати критерій (6.60) з показником ступеня 0,8 або

$$\eta_c = 2\chi, \text{ при цьому (but) } \eta_c \geq 0,8 \quad (6.61d)$$

$$\xi_c = 1,56\chi, \text{ при цьому (but) } \xi_c \geq 0,8 \quad (6.61e)$$

(3) Порожнисті поперечні перерізи і труби повинні задовольняти наступний критерій:

(2) For solid cross-sections criterion (6.60) may be used with the exponents taken as 0,8 or

(3) Hollow cross-sections and tubes should satisfy the following criterion:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_{\min} \omega_\chi N_{Rd}} \right)^{\psi_c} + \frac{1}{\omega_0} \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{1,7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{1,7} \right]^{0,6} \leq 1,00, \quad (6.62)$$

де $\psi_c = 0,8$ або може бути вибране рівним 1,3 χ_y чи 1,3 χ_z залежно від напрямку

where $\psi_c = 0,8$ or may alternatively be taken as 1,3 χ_y or 1,3 χ_z depending on direction of

випучування, але при цьому $\psi_c \geq 0,8$.
 $\chi_{\min} = \min(\chi_y, \chi_z)$.

(4) Для інших відкритих поперечних перерізів з однією віссю симетрії, які згинаються відносно будь-якої осі, можна використовувати вираз (6.59) з заміною $\xi_{yc}, M_{y,Ed}, M_{y,Rd}$ і χ_y на $\xi_{zc}, M_{z,Ed}, M_{z,Rd}$ і χ_z .

(5) Позначення у критеріях (6.59) – (6.62):

N_{Ed} – розрахункове значення осьової сили стиску;

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ – розрахункові значення згинальних моментів відносно осей y і z . Моменти обчислюються за лінійною теорією.

$N_{Rd} = Af_0 / \gamma_{M1}$ або $A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ для поперечних перерізів 4-го класу. Для елементів із поздовжніми зварними швами, але без локалізованих швів $N_{Rd} = \kappa Af_0 / \gamma_{M1}$ або $\kappa A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$, див. 6.3.1;

χ_y і χ_z – знижувальні коефіцієнти поправки на втрату стійкості відповідно у площині $z-x$ та $y-x$;

$M_{y,Rd} = \alpha_y W_y f_0 / \gamma_{M1}$ – граничний згинальний момент відносно осі y ;

$M_{z,Rd} = \alpha_z W_z f_0 / \gamma_{M1}$ – граничний згинальний момент відносно осі z ;

α_y, α_z – коефіцієнти форми, але при цьому α_y та α_z не слід брати більшими ніж 1,25. Див. 6.2.5 і 6.2.9.1(1).

6.3.3.2 Поперечно-крутильна форма втрати стійкості

(1) Елементи з відкритим поперечним перерізом, симетричним відносно головної осі інерції, центральною симетрією або двома осями симетрії повинні задовольняти наступний критерій:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \omega_\chi N_{Rd}} \right)^{\eta_c} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \omega_{\chi_{LT}} M_{y,Rd}} \right)^{\gamma_c} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}} \right)^{\xi_{zc}} \leq 1,00, \quad (6.63)$$

buckling, but $\psi_c \geq 0,8$. $\chi_{\min} = \min(\chi_y, \chi_z)$.

(4) For other open monosymmetrical cross sections, bending about either axis, expression (6.59) may be used with $\xi_{yc}, M_{y,Ed}, M_{y,Rd}$ and χ_y replaced by $\xi_{zc}, M_{z,Ed}, M_{z,Rd}$ and χ_z .

(5) The notations in the criterions (6.59) to (6.62) are:

N_{Ed} is the design value of the axial compressive force;

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ are the design values of bending moment about the y - and z -axis. The moments are calculated according to first order theory;

$N_{Rd} = Af_0 / \gamma_{M1}$ or $A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ for class 4 cross-sections. For members with longitudinal welds but without localized welds $N_{Rd} = \kappa Af_0 / \gamma_{M1}$ or $\kappa A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ see 6.3.1;

χ_y and χ_z are the reduction factor for buckling in the $z-x$ plane and the $y-x$ plane, respectively;

$M_{y,Rd} = \alpha_y W_y f_0 / \gamma_{M1}$ bending moment capacity about the y -axis;

$M_{z,Rd} = \alpha_z W_z f_0 / \gamma_{M1}$ bending moment capacity about the z -axis;

α_y, α_z are the shape factors, but α_y and α_z should not be taken larger than 1,25. See 6.2.5 and 6.2.9.1(1).

6.3.3.2 Lateral-torsional buckling

(1) Members with open cross-section symmetrical about major axis, centrally symmetric or doubly symmetric cross-section, the following criterion should satisfy:

де:

N_{Ed} – розрахункове значення осьового стискаючого зусилля;

$M_{y,Ed}$ – згинальний момент відносно осі y . У випадку стиснено-зігнутої балки-колони з шарнірно закріпленими кінцями або у випадку елементів рам із горизонтальним розкріпленням $M_{y,Ed}$ є моментом, обчисленим за теорією першого порядку. Для елементів у рамах без горизонтального розкріплення значення $M_{y,Ed}$ обчислюється як згинальний момент за теорією другого порядку;

$M_{z,Ed}$ – згинальний момент відносно осі z ;

$M_{z,Ed}$ – згинальний момент, обчислений за теорією першого порядку;

$N_{Rd} = Af_0 / \gamma_{M1}$ або $A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ для поперечних перерізів класу 4. Для елементів із подовжніми зварними швами, проте без локалізованих швів $N_{Rd} = \kappa Af_0 / \gamma_{M1}$ або $\kappa A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ див. 6.3.1;

χ_z – знижувальний коефіцієнт поправки на втрату стійкості, коли одна або обидві полиці балки прогинаються у поперечному напрямі (випучування у площині x - y або поперечно-крутильна втрата стійкості); він обчислюється за формулою (6.68a) у перерізі з локалізованими зварними швами;

$M_{y,Rd} = \alpha_y W_{y,el} f_0 / \gamma_{M1}$ – граничний згинальний момент відносно осі y ;

$M_{z,Rd} = \alpha_z W_{z,el} f_0 / \gamma_{M1}$ – граничний згинальний момент відносно осі z ;

α_y, α_z – коефіцієнти форми, при цьому α_y і α_z не повинні бути більшими за 1,25. Див. 6.2.5 та 6.2.9.1(1);

χ_{LT} – знижувальний коефіцієнт поправки на поперечно-крутильну втрату стійкості;

$\eta_c = 0,8$ або, як альтернатива, $\eta_0 \chi_z$, при цьому $\eta_c \geq 0,8$;

$\gamma_c = \gamma_0$;

$\xi_{zc} = 0,8$ або, як альтернатива, $\xi_0 \chi_z$, при цьому $\xi_{zc} \geq 0,8$;

де η_0, γ_0 та ξ_0 визначені відповідно до виразу у 6.2.9.1;

ω_x, ω_0 і ω_{xLT} – коефіцієнти поправки на знеміцнення у пришовних зонах, див. 6.3.3.3, або коефіцієнти поправки для

where:

N_{Ed} is the design value of axial compression force;

$M_{y,Ed}$ is bending moment about the y -axis. In the case of beam-columns with hinged ends and in the $M_{y,Ed}$ case of members in non-sway frames, $M_{y,Ed}$ is moment of the first order. For members in frames free to sway, $M_{y,Ed}$ is bending moment according to second order theory.

$M_{z,Ed}$ is bending moment about the z -axis.

$M_{z,Ed}$ is bending moment according to first order theory;

$N_{Rd} = Af_0 / \gamma_{M1}$ or $A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$ for class 4 cross-sections. For members with longitudinal welds but without localized welds $N_{Rd} = \kappa Af_0 / \gamma_{M1}$ or $\kappa A_{eff} f_0 / \gamma_{M1}$, see 6.3.1.

χ_z is the reduction factor for buckling when one or both flanges deflects laterally (buckling in the x - y plane or lateral-torsional buckling) based on (6.68a) in section with localized weld;

$M_{y,Rd} = \alpha_y W_{y,el} f_0 / \gamma_{M1}$ = bending moment capacity for y -axis bending;

$M_{z,Rd} = \alpha_z W_{z,el} f_0 / \gamma_{M1}$ = bending moment capacity for z -axis bending;

α_y, α_z are the shape factors but α_y and α_z should not be taken larger than 1,25. See 6.2.5 and 6.2.9.1(1).

χ_{LT} is the reduction factor for lateral-torsional buckling;

$\eta_c = 0,8$ or alternatively $\eta_0 \chi_z$ but $\eta_c \geq 0,8$;

$\gamma_c = \gamma_0$;

$\xi_{zc} = 0,8$ or alternatively $\xi_0 \chi_z$ but $\xi_{zc} \geq 0,8$;

where η_0, γ_0 and ξ_0 are defined according to the expression in 6.2.9.1.

ω_x, ω_0 and ω_{xLT} HAZ-softening factors, see 6.3.3.3 or factors for design section, see 6.3.3.5.

приведеного розрахункового перерізу, див. 6.3.3.5.

(2) Необхідно також задовольнити критерій для згинальної втрати стійкості, див. 6.3.3.1.

6.3.3.3 Елементи, що містять локалізовані зварні шви

(1) Значення ω_x, ω_0 і ω_{xLT} для елемента зі знеміцненням матеріалу в пришовних зонах повинні у загальному випадку обчислюватися на основі величини межі міцності ослабленого матеріалу. Їх можна відносити до найбільш несприятливого перерізу в даному прогоні. Якщо таке знеміцнення локалізоване по довжині, то ω_x, ω_0 та ω_{xLT} у виразах в 6.3.3.1 і 6.3.3.2 мають вигляд:

$$\omega_0 = \omega_x = \omega_{xLT} = \frac{\rho_{u,haz} f_u / \gamma_{M2}}{f_0 / \gamma_{M1}}, \text{ але } \leq 1,00, \quad (6.64)$$

де

$\rho_{u,haz}$ – знижувальний коефіцієнт поправки на матеріал пришовної зони відповідно до 6.1.6.2.

(2) Однак якщо знеміцнення у пришовній зоні відбувається у безпосередній близькості до кінців прогону або до точок нульового моменту, то значення ω_x і ω_{xLT} можуть бути збільшені до рівня, що відповідає згинальній та поперечно-крутильній формі втрати стійкості, за умови, що зона знеміцнення не простягається уздовж елемента на відстань більшу, ніж мінімальна ширина (наприклад, ширина полиці) перерізу.

$$\omega_x = \frac{\omega_0}{\chi + (1 - \chi) \sin \frac{\pi x_s}{l_c}}; \quad (6.65)$$

$$\omega_{xLT} = \frac{\omega_0}{\chi_{LT} + (1 - \chi_{LT}) \sin \frac{\pi x_s}{l_c}}; \quad (6.66)$$

$$\omega_0 = \frac{\rho_{u,haz} f_u / \gamma_{M2}}{f_0 / \gamma_{M1}}, \text{ але } \omega_0 \leq 1,00, \quad (6.67)$$

де:

(2) The criterion for flexural buckling, see 6.3.3.1, should also be satisfied.

6.3.3.3 Members containing localized welds

(1) The value of ω_x, ω_0 and ω_{xLT} for a member subject to HAZ softening, should generally be based on the ultimate strength of the HAZ softened material. It could be referred to the most unfavourable section in the bay considered. If such softening occurs only locally along the length, then ω_x, ω_0 and ω_{xLT} in the expressions in 6.3.3.1 and 6.3.3.2 are:

where

$\rho_{u,haz}$ is the reduction factor for the heat affected material according to 6.1.6.2.

(2) However, if HAZ softening occurs close to the ends of the bay, or close to points of contra flexure only, ω_x and ω_{xLT} may be increased in considering flexural and lateral-torsional buckling, provided that such softening does not extend a distance along the member greater than the least width (e.g. flange width) of the section.

where:

$\chi = \chi_y$ або χ_z залежно від напрямку втрати стійкості;

χ_{LT} – знижувальний коефіцієнт поправки на поперечно-крутильну втрату стійкості балки-колони у стані згину;

χ_s – відстань від локалізованого зварного шва до опори або до точки перегину на пружній лінії при втраті стійкості під дією тільки осьової сили, див. рисунок 6.14;

l_c – приведена довжина.

$\chi = \chi_y$ or χ_z depending on buckling direction;

χ_{LT} is the reduction factor for lateral-torsional buckling of the beam-column in bending only;

χ_s is the distance from the localized weld to a support or point of contra flexure for the deflection curve for elastic buckling of axial force only, compare Figure 6.14;

l_c is the buckling length.

(3) Обчислення χ , (χ_y або χ_z) або χ_{LT} у перерізі з локалізованим зварним швом повинне базуватися на межі міцності ослабленого матеріалу при гнучкості, рівній

$$\bar{\lambda}_{\text{haz}} = \bar{\lambda} \sqrt{\omega_0} \quad (6.68a)$$

$$\bar{\lambda}_{\text{haz,LT}} = \bar{\lambda}_{\text{LT}} \sqrt{\omega_0} \quad (6.68b)$$

(3) Calculation of χ , (χ_y or χ_z) and χ_{LT} in the section with the localized weld should be based on the ultimate strength of the heat affected material for the relative slenderness parameters

(4) Якщо протяжність ділянки знеміцнення більша, ніж мінімальна ширина (наприклад, ширина полиці балки) перерізу, то коефіцієнт $\rho_{u,\text{haz}}$, який враховує місцеве руйнування, у виразах $\omega_x, \omega_{xLT}, \bar{\lambda}_{\text{haz}}, \bar{\lambda}_{\text{haz,LT}}$ треба замінити коефіцієнтом $\rho_{o,\text{haz}}$, що базується на межі текучості.

(4) If the length of the softening region is larger than the least width (e.g. flange width) of the section, then the factor $\rho_{u,\text{haz}}$ for local failure in the expressions for $\omega_x, \omega_{xLT}, \bar{\lambda}_{\text{haz}}, \bar{\lambda}_{\text{haz,LT}}$ should be replaced by the factor $\rho_{o,\text{haz}}$ for overall yielding.

(5) Якщо ділянка локального знеміцнення матеріалу розповсюджується на цілий фрагмент поперечного перерізу (наприклад, одну полицю балки), то слід вважати, що і весь поперечний переріз є ослабленим таким самим чином.

(5) If the localized softening region covers a part of the cross-section (e.g. one flange) then the whole cross-section is supposed to be softened.

6.3.3.4 Елементи з локальним звуженням поперечного перерізу

6.3.3.4 Members containing localized reduction of cross-section

(1) Елементи з локалізованим звуженням поперечного перерізу, наприклад, із болтовими отворами або вирізами у полицях, повинні перевірятися відповідно до 6.3.3.3 з заміною $\rho_{u,\text{haz}}$ у виразах ω_x і ω_{xLT} на A_{net}/A_g , де A_{net} – площа перерізу нетто з урахуванням поправок на отвори, а

(1) Members containing localized reduction of cross-section, e.g. bolt holes or flange cut-outs, should be checked according to 6.3.3.3 by replacing $\rho_{u,\text{haz}}$ in ω_x and ω_{xLT} with A_{net}/A_g where A_{net} is net section area, with reduction of holes and A_g gross section area.

A_g – площа перерізу бругто.

6.3.3.5 Нерівні кінцеві моменти і/або поперечні навантаження

(1) Для елементів, підданих комбінації осевого зусилля і нерівних кінцевих моментів та/або поперечних навантажень, слід перевіряти декілька різних перерізів уздовж стиснено-зігнутої балки-колони. У виразах критеріїв несучої здатності повинен використовуватися фактичний згинальний момент у перерізі, який вивчається. При цьому значення ω_x і ω_{xLT} беруться у вигляді:

$$\omega_x = \frac{1}{\chi + (1 - \chi) \sin \frac{\pi \chi_s}{l_c}} ; \tag{6.69}$$

$$\omega_{xLT} = \frac{1}{\chi_{LT} + (1 - \chi_{LT}) \sin \frac{\pi \chi_s}{l_c}} , \tag{6.70}$$

де χ_s – відстань від даного перерізу до шарнірної опори або точки перегину на пружній лінії для форми втрати стійкості від одного осевого навантаження, див. рисунок 6.14.

(2) Для кінцевих моментів $M_{Ed,1} > M_{Ed,2}$ відстань χ_s можна розрахувати з виразу

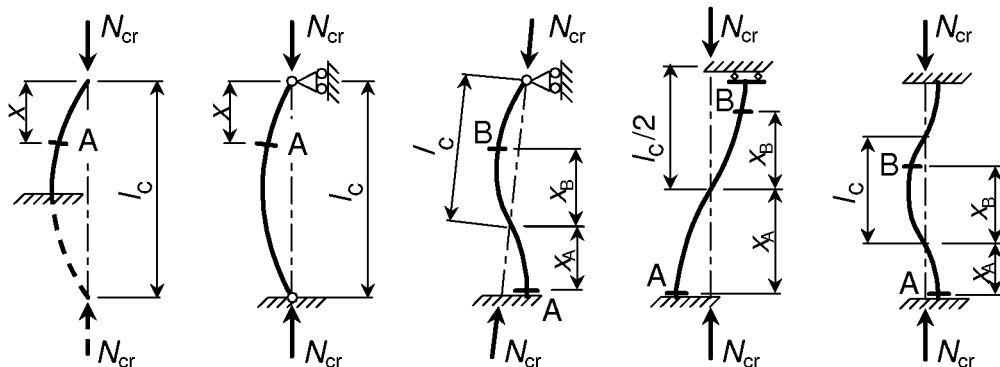
$$\cos \left(\frac{x_s \pi}{l_c} \right) = \frac{(M_{Ed,1} - M_{Ed,2})}{M_{Rd}} \cdot \frac{N_{Rd}}{N_{Ed}} \cdot \frac{1}{1/\chi - 1} , \text{ але } x_s \geq 0 \tag{6.71}$$

6.3.3.5 Unequal end moments and/or transverse loads

(1) For members subjected to combined axial force and unequal end moments and/or transverse loads, different sections along the beam-column should be checked. The actual bending moment in the studied section is used in the interaction expressions ω_x and ω_{xLT} should be:

where χ_s is the distance from the studied section to a simple support or point of contra flexure of the deflection curve for elastic buckling of axial force only, see Figure 6.14.

(2) For end moments $M_{Ed,1} > M_{Ed,2}$ the distance χ_s can be calculated from



А і В – приклади перерізів, які розраховуються (відмічені поперечними лініями). Значення приведеної довжини $l_c = KL$ див. у таблиці 6.8.

A and B are examples of studied sections marked with transverse lines. See Table 6.8 for value of buckling length

Рисунок 6.14 Приведена довжина l_c і визначення $\chi_s (= \chi_A \text{ або } \chi_B)$

Figure 6.14 Buckling length l_c and definition of χ_s ($=\chi_A$ or χ_B)

6.4 ОДНОРІДНІ СКЛАДЕНІ ЕЛЕМЕНТИ

6.4.1 Загальні положення

(1) Складені стиснуті конструкційні елементи регулярної структури з шарнірно обпертими, закріпленими від поперечного зміщення кінцями повинні розраховуватися на основі наступної моделі, див. рисунок 6.15.

1. Елемент можна розглядати як колону з початковим прогином $e_0 = L/500$.
2. Пружні деформації решітки та з'єднувальних накладок (див. рисунок 6.15) можна врахувати, вводючи усереднену зсувну жорсткість S_v для складеної колони як для суцільного тіла.

ПРИМІТКА. Для інших кінцевих умов обпирання можна внести відповідні зміни.

(2) Однорідна модель складеного стиснутого елемента може застосовуватися у випадках, коли:

1. Фермова решітка або з'єднувальні накладки складаються з однакових блоків із паралельними поясами.
2. Мінімальна кількість блоків у елементі становить три.

ПРИМІТКА. За таких допущень структуру конструкції можна вважати достатньо регулярною, щоб замінити її дискретну модель континуальною.

(3) Дана методика розрахунку може застосовуватися до складених елементів із фермовою з'єднувальною решіткою у двох напрямках, див. рисунок 6.16.

(4) Пояси можуть бути суцільними або мати з'єднувальну решітку, або з'єднувальні накладки у перпендикулярній площині.

6.4 UNIFORM BUILT-UP MEMBERS

6.4.1 General

(1) Uniform built-up compression members with hinged ends that are laterally supported should be designed with the following model, see Figure 6.15.

1. The member may be considered as a column with a bow imperfection $e_0 = L/500$.
2. The elastic deformations of lacings or battening, see Figure 6.15, may be considered by continuous (smeared) shear stiffness S_v of the column.

NOTE. For other end conditions appropriate modifications may be performed.

(2) The model of a uniform built-up compression member applies if:

1. the lacings or battening consist of equal modules with parallel chords;
2. the minimum number of modules in a member is three.

NOTE. This assumption allows the structure to be regular and smearing the discrete structure to a continuum.

(3) The design procedure is applicable to built-up members with lacings in two directions, see Figure 6.16.

(4) The chords may be solid members or may themselves be laced or battened in the perpendicular plane.

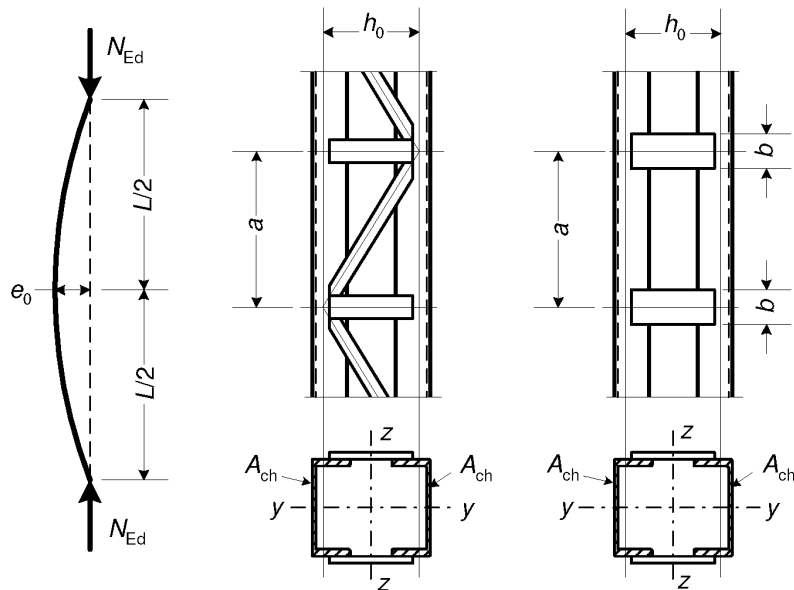


Рисунок 6.15 Складені колони з решітками і накладками
Figure 6.15 Uniform built-up columns with lacings and battennings

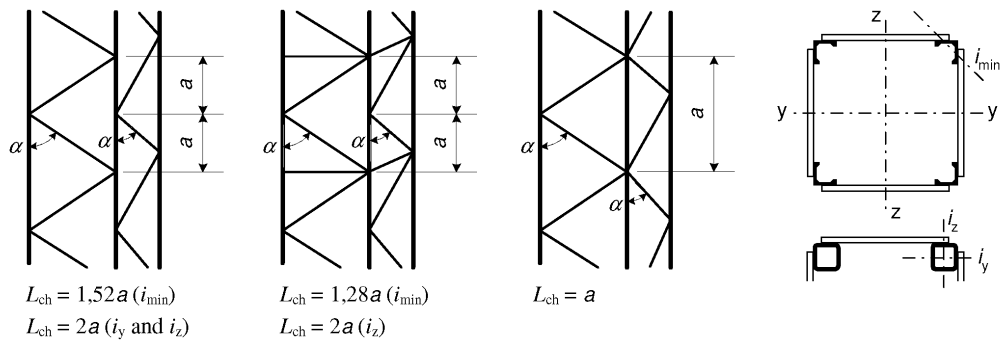


Рисунок 6.16 З'єднувальна решітка по чотирьох сторонах і приведена довжина поясів
Figure 6.16 Lacings on four sides and buckling length L_{ch} of chords

(5) Пояси складеного елемента слід перевіряти на дію розрахункових навантажень $N_{ch,Ed}$ від стискаючих зусиль N_{Ed} і моментів M_{Ed} посередині прогону складеного елемента.

(5) Checks should be performed for chords using the design chord forces $N_{ch,Ed}$ from compression forces N_{Ed} and moments M_{Ed} at mid span of the built-up member.

(6) Для елемента з двома однаковими поясами розрахункове зусилля $N_{ch,Ed}$ слід визначати як:

(6) For a member with two identical chords the design force $N_{ch,Ed}$ should be determined from:

$$N_{ch,Ed} = 0,5N_{Ed} + \frac{M_{Ed}h_0A_{ch}}{2I_{eff}}, \quad (6.72)$$

де:

where:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}e_0 + M_{Ed}^1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}}$$

$N_{cr} = \pi^2 EI / L^2$ – критичне зусилля для приведеної усередненої моделі елемента;

N_{Ed} – розрахункове значення стискального зусилля для складеного елемента;

M_{Ed} – розрахункове значення максимального моменту в середині складеного елемента з урахуванням ефектів другого порядку;

M_{Ed}^1 – розрахункове значення максимального моменту складеного елемента без урахування ефектів другого порядку;

h_0 – відстань між центрами ваги перерізів поясів;

A_{ch} – площа поперечного перерізу одного поясу;

I_{eff} – приведений момент інерції перерізу елемента, див. 6.4.2 та 6.4.3;

S_v – зсувна жорсткість решітки або з'єднувальних накладок, див. 6.4.2 та 6.4.3.

(7) Перевірки з'єднувальних решіток або рамних моментів та перерізувальних сил з'єднувальних накладок треба виконувати також для крайніх накладок із урахуванням перерізувальної сили у елементі:

$N_{cr} = \pi^2 EI / L^2$ is the critical force of the effective built-up member;

N_{Ed} is the design value of the compression force to the built-up member;

M_{Ed} is the design value of the maximum moment in the middle of the built-up member considering second order effects;

M_{Ed}^1 is the design value of the maximum moment in the middle of the built-up member without second order effects;

h_0 is the distance between the centroids of chords;

A_{ch} is the cross-sectional area of one chord;

I_{eff} is the effective second moment of area of the built-up member, see 6.4.2 and 6.4.3

S_v is the shear stiffness of the lacings or battened panel, see 6.4.2 and 6.4.3

(7) The checks for the lacings of laced built-up members or for the frame moments and shear forces of the battened panels of battened built-up members should be performed for the end panel taking account of the shear force in the built-up member:

$$V_{Ed} = \pi \frac{M_{Ed}}{L} . \quad (6.73)$$

6.4.2 Гратчасті стиснуті елементи

6.4.2.1 Опір компонентів гратчастих стиснутих елементів

(1) Пояси та діагональна з'єднувальна решітка, які знаходяться у стані стиску, повинні розраховуватися на втрату стійкості.

ПРИМІТКА. Місцевими моментами можна знехтувати.

(2)P Для поясів перевірка на стійкість виконується таким чином:

6.4.2 Laced compression members

6.4.2.1 Resistance of components of laced compression members

(1) The chords and diagonal lacings subject to compression should be designed for buckling.

NOTE. Secondary moments may be neglected.

(2)P For chords the buckling verification shall be performed as follows:

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 , \quad (6.74)$$

де:

where:

$N_{ch,Ed}$ – розрахункове стискаюче зусилля у поясі, на середині довжини складеного елемента відповідно до 6.4.1(6);

$N_{b,Rd}$ – розрахункове значення опору втраті стійкості для поясу, приведена довжина L_{ch} для неї береться з рисунка 6.16.

(3) Жорсткість на зсув S_y ґрат повинна прийматися виходячи з рисунка 6.17.

(4) Приведений момент інерції у ґратчастих складених елементах можна отримати за формулою (6.77) з $\mu = 0$. Тоді маємо:

$N_{ch,Ed}$ is the design compression force in the chord at mid-length of the built-up member according to 6.4.1(6)

$N_{b,Rd}$ is the design value of the buckling resistance of the chord taking the buckling length L_{ch} from Figure 6.16.

(3) The shear stiffness S_y of the lacings should be taken from Figure 6.17.

(4) The effective second order moment of area of laced built-up members may be taken from (6.77) with $\mu = 0$ Then :

$$I_{eff} = 0,5h_0^2 A_{ch} \quad (6.75)$$

Система System			
S_v	$\frac{nEA_d a h_0^2}{2d^3}$	$\frac{nEA_d a h_0^2}{d^3}$	$\frac{nEA_d a h_0^2}{d^3 \left(1 + \frac{A_d h_0^3}{A_v d^3}\right)}$
<p>n – кількість площин решітки (is number of planes of lacings); A_d і A_v відносяться до площі поперечного перерізу розкосів у одній площині (refer to the cross sectional area of the bracings in one plane)</p>			

Рисунок 6.17 Зсувні жорсткості у решітці складених елементів
 Figure 6.17 Shear stiffness of lacings of built-up members

6.4.2.2 Деталі конструктивних схем

(1) З’єднальна система, що складається з двох решіток без перетину розкосів, розташованих паралельно одна одній на протилежних бічних поверхнях складеного елемента, повинна мати таку конструкцію, як показано на рисунку 6.18(a), щоб решітки були зеркальним відображенням одна одної.

(2) Якщо паралельні з’єднувальні решітки на протилежних бічних поверхнях елемента розташовані кососиметрично, як показано на рисунку 6.18 (b), то слід брати до уваги крутильні ефекти, які виникають при стиску елемента.

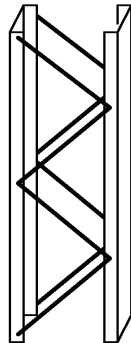
6.4.2.2 Constructional details

(1) Single lacing system in opposite faces of the built-up members with two parallel laced planes should be corresponding systems as shown in Figure 6.18(a), arranged so that one is shadow of the other.

(2) If the single lacing systems on opposite faces of a built-up member with two parallel laced planes are mutually opposed in direction as shown in Figure 6.18(b), the resulting torsional effects in the member should be taken into account.

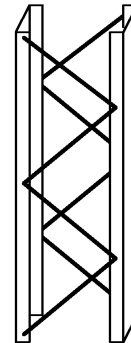
(3) На кінцях з'єднувальних решіток, у місцях де решітка переривається, та у вузлах з'єднань з іншими елементами необхідно передбачити підсилювальні накладки.

(3) Tie panels should be provided at the ends of lacing systems, at points where the lacing is interrupted and



a)

a) Паралельна решітка (рекомендована система)
a) Corresponding lacing system (recommended system)



б)

b) Косиметрична решітка (не рекомендована система)
b) Mutually opposed lacing system (not recommended)

Рисунок 6.1 З'єднувальні решітки без перетину розкосів на паралельних бічних поверхнях складених елементів
Figure 6.1 Single lacing system on opposite faces of a built-up member with two parallel laced planes

6.4.3 Стиснуті елементи зі з'єднувальними накладками

6.4.3 Battened compression members

6.4.3.1 Опір складових компонентів стиснутих елементів із накладками

6.4.3.1 Resistance of components of battened compression members

(1) Пояси і накладки, а також вузли їх прикріплення до поясів повинні перевірятися на фактичні моменти і зусилля у кінцевій накладці та посередині прогону, як показано на рисунку 6.19.

(1) The chords and the battens and their joints to the chords should be checked for the actual moments and forces in an end panel and at mid-span as indicated in Figure 6.19.

ПРИМІТКА. Для спрощення розрахунку максимальне зусилля в поясі $N_{ch,Ed}$ можна комбінувати з максимальною перерізувальною силою V_{Ed} .

NOTE. For simplicity the maximum chord forces $N_{ch,Ed}$ may be combined with the maximum shear force V_{Ed} .

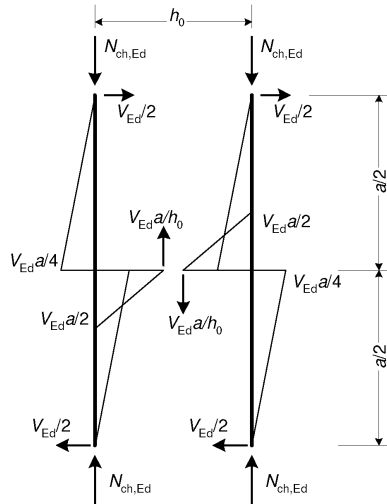


Рисунок 6.19 Моменти і зусилля в кінцевій накладці складеного елемента з накладками

Figure 6.19 Moments and forces in an end panel of a battened built-up member

(1) Зсувну жорсткість S_v слід приймати у вигляді:

(1) The shear stiffness S_v should be taken as follows:

$$S_v = \frac{24EI_{ch}}{a^2 \left(1 + \frac{2I_{ch} h_0}{nI_b a} \right)} \leq \frac{2\pi^2 EI_{ch}}{a^2} \quad (6.76)$$

(2) Приведений момент інерції складеного елемента з накладками можна обчислювати таким чином:

(2) The effective second moment of area of battened built-up members may be taken as:

$$I_{eff} = 0,5h_0^2 A_{ch} + 2\mu I_{ch} \quad (6.77)$$

де:

where:

I_{ch} – момент інерції одного поясу у площині, яка розглядається;

I_{ch} is in plane second moment of area of one chord;

I_b – момент інерції однієї накладки у площині, яка розглядається;

I_b is in plane second moment of area of one batten;

μ – коефіцієнт впливу, згідно з таблицею 6.9

μ is efficiency factor from Table 6.9

Таблиця 6.9 Коефіцієнт впливу μ

Table 6.9 Efficiency factor μ

Критерій Criterion	Коефіцієнт впливу μ Efficiency factor μ
$\lambda \geq 150$	0
$75 < \lambda < 150$	$\mu = 2 - \lambda/75$
$\lambda \leq 150$	1,0

де $\lambda = L/i_0$; $i_0 = \sqrt{I_1/2A_{ch}}$; $I_1 = 0,5h_0^2 A_{ch} + 2 I_{ch}$

6.4.3.2 Деталі конструктивних схем

6.4.3.2 Constructional details

(1) На кожному кінці елемента повинні

(1) Battens should be provided at each end

бути встановлені накладки.

(2) Там, де площини протилежних бічних поверхонь елемента з накладками паралельні одна одній, з'єднувальні накладки повинні розташовуватися навпроти одна однієї.

(3) Накладки також повинні встановлюватися у проміжних точках, де прикладене навантаження або має місце розкріплення від поперечного зміщення.

6.4.4 Складені елементи з близько розташованими поясами

(1) Стиснуті складені елементи, пояси яких розташовані близько один від одного або торкаються один одного і з'єднані між собою прокладками (див. рисунок 6.20), або зіркоподібні за профілем елементи з кутиків, з'єднані парами накладок у двох перпендикулярних площинах (див. рисунок 6.21), повинні перевірятися на втрату стійкості як єдине ціле, нехтуючи наявністю скінченної зсувної жорсткості ($S_v = \infty$), якщо задовольняються умови таблиці 6.10.

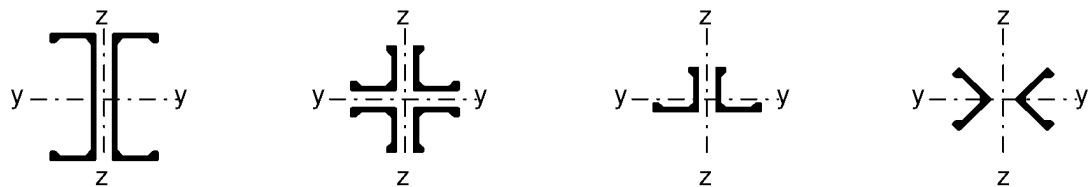


Рисунок 6.20 Складені елементи з близько розташованими поясами
Figure 6.20 Closely spaced built-up members

of a member.

(2) Where parallel planes of battens are provided, the battens in each plane should be arranged opposite each other.

(3) Battens should also be provided at intermediate points where loads are applied or lateral restraint is supplied.

6.4.4 Closely spaced built-up members

(1) Built-up compression members with chords in contact or closely spaced and connected through packing plates, see Figure 6.20, or star batted angle members connected by pairs of battens in two perpendicular planes, see Figure 6.21 should be checked for buckling as a single integral member ignoring the effect of shear stiffness ($S_v = \infty$), if the conditions in Table 6.10 are met.

Таблиця 6.10 Максимальний проміжок у з'єднаннях між частинами складених елементів або у зореподібних профілях з кутиків, з'єднаних накладками

Тип складеного елемента	Максимальний проміжок у з'єднаннях *)
Елементи з рисунка 6.20 у прямому контакті або з'єднані через прокладки болтами чи зварюванням	$15i_{min}$
Елементи з рисунка 6.21, приєднані парю з'єднувальних накладок, а також болтами і зварюванням	$70i_{min}$
*) відстань від центру до центру у з'єднаннях i_{min} – мінімальний радіус інерції одного поясу або одного кутика	

Table 6.10 Maximum spacing for interconnections in closely spaced built-up or star batted angle members

Type of built-up member	Maximum spacing between interconnections *)

Members according to Figure 6.20 in contact or connected through packings by bolts or welds	$15i_{min}$
Members according to Figure 6.21 connected by pair of battens and by bolts or welds	$70i_{min}$
*) centre-to-centre distance of interconnections i_{min} is the minimum radius of gyration of one chord or one angle	

(2) Зсувні зусилля, що передаються через з'єднувальні накладки, слід визначати за рекомендаціями 6.4.3.1.

(2) The shear forces to be transmitted by the battens should be determined from 6.4.3.1(1).

(3) У випадку нерівнополічних кутиків, див. рисунок 6.21, можна перевірити втрату стійкості відносно осі $y-y$, маючи

(3) In the case of unequal-leg angles, see Figure 6.21, buckling about the $y-y$ axis may be verified with:

$$i_y \cong 0,87i_0 \tag{6.78}$$

де i_0 – радіус інерції складеного елемента навколо осі $0-0$.

where i_0 is the radius of gyration of the built-up member about the $0-0$ axis.

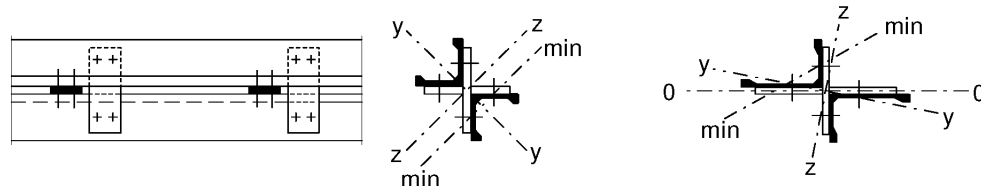


Рисунок 6.21 Елементи з зіркоподібним профілем, складені з кутиків
Figure 6.21 Star-battened angle members

6.5 ПЛАСТИНИ БЕЗ ПІДСИЛЕННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ У ПЛОЩИНІ

6.5 UN-STIFFENED PLATES UNDER IN-PLANE LOADING

6.5.1 Загальні положення

6.5.1 General

(1) У певних типах конструкцій такі елементи, як листи або пластини, можуть існувати як окремі компоненти під дією нормальних чи дотичних напружень, або їх комбінації. Такі пластини прикріплюються до несучої конструкції за допомогою зварювання, клепок, болтових або клейових з'єднань, при цьому різновид з'єднань може впливати на граничні умови. Тонкі пластини необхідно перевіряти на досягнення граничних станів із втратою несучої здатності при поперечному згині, втраті стійкості під крайовими зусиллями у площині пластини, а також поздовжньо-поперечному згині. Розрахункові вказівки цього розділу стосуються тільки прямокутних пластин. Для розрахунку тонких стінок балок слід користуватися 6.7.

(1) In certain types of structure unstiffened plates can exist as separate components under direct stress, shear stress, or a combination of the two. The plates are attached to the supporting structure by welding, riveting, bolting or bonding, and the form of attachment can affect the boundary conditions. Thin plates must be checked for the ultimate limit states of bending under lateral loading, buckling under edge stresses in the plane of the plate, and for combinations of bending and buckling. The design rules given in this section only refer to rectangular plates. For slender beam webs, see 6.7.

6.5.2 Опір у стані рівномірного стиску

(1) Прямокутна пластина у стані рівномірного стиску під дією крайових зусиль показана на рисунку 6.22. Довжина пластины у напрямку стиску $= a$, а ширина поперек пластины $= b$. Товщина приймається постійною, рівною t . Пластина може спиратися на всі чотири краї, де можуть бути задані умови шарнірного обпирання, жорсткого або пружного защемлення, або ж бути вільною по одній поздовжній стороні.

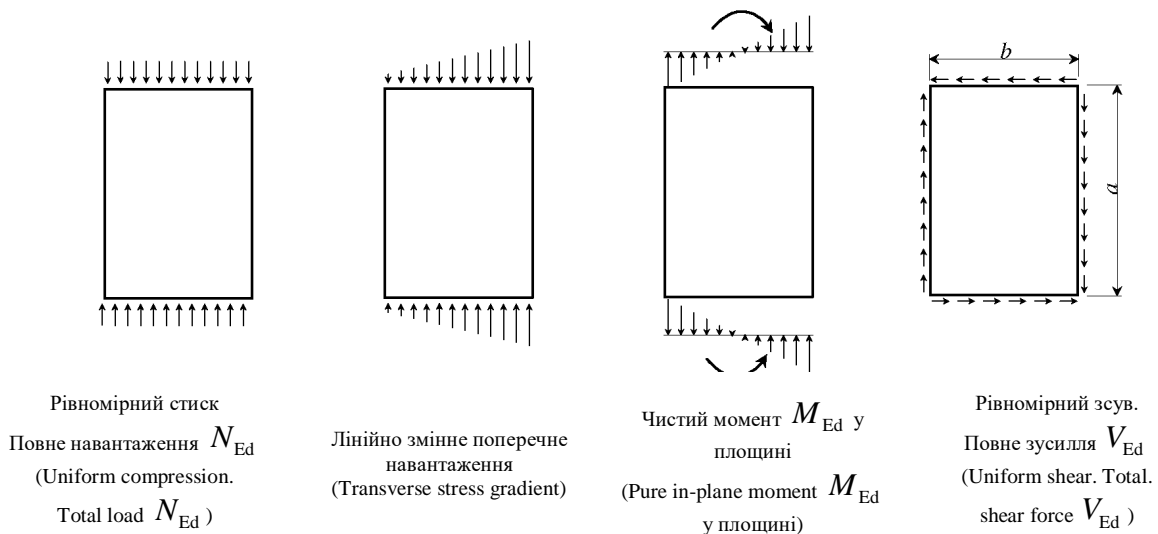


Рисунок 6.22 Непідсилені пластини
Figure 6.22 Unstiffened plates

(2) Здатність невідсиленої пластины до втрати стійкості визначається параметром β , де $\beta = b/t$. Класифікація поперечних перерізів здійснюється так само, як у 6.1.4, при цьому пластини з шарнірно обпертими, пружно або жорстко защемленими поздовжніми краями вважаються «внутрішніми фрагментами», а листи з одним поздовжнім вільним краєм – «консольними». Таким чином,

- $\beta \leq \beta_2$: клас 1 або 2
- $\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: клас 3
- $\beta_3 < \beta$: клас 4

де значення β_2 і β_3 приведені у таблиці 6.2.

(3)Р Розрахункова величина зусилля стиску N_{Ed} повинне задовольняти критерій

6.5.2 Resistance under uniform compression

(1) A rectangular plate under uniform end compression is shown in Figure 6.22. The length of the plate in the direction of compression $= a$, and the width across the plate $= b$. The thickness is assumed to be uniform, and equal to t . The plate can be supported on all four edges, where the support conditions are hinged, elastically restrained or fixed, or it can be free along one longitudinal edge.

(2) The susceptibility of the unstiffened plate to buckling is defined by the parameter β where $\beta = b/t$. The classification of the cross-section is carried out in the same way as that described in 6.1.4, where plates with longitudinal edges simply supported, elastically restrained, or completely fixed are taken to correspond to "internal parts", and plates with one longitudinal edge free correspond to "outstands". Thus

- $\beta \leq \beta_2$: class 1 or 2
- $\beta_2 < \beta \leq \beta_3$: class 3
- $\beta_3 < \beta$: class 4

where values of β_2 and β_3 are given in Table 6.2.

(3)P The design value of the compression force N_{Ed} shall satisfy

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0, \tag{6.79}$$

де N_{Ed} – менша з двох наступних величин.

where N_{Ed} is the lesser of.

Перехід у пластичний стан і втрата стійкості

Overall yielding and local buckling

$$N_{o,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1} \tag{6.80}$$

і локальне руйнування

and local failure

$$N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}, \tag{6.81}$$

де:

A_{eff} – ефективна площа поперечного перерізу з урахуванням втрати стійкості для перерізів 4-го класу і зменшення матеріалу навколо поздовжніх зварних швів;

A_{net} – площа найбільш несприятливого поперечного перерізу, за необхідності з урахуванням незаповнених отворів і зменшення матеріалу навколо поперечних або поздовжніх зварних швів.

where:

A_{eff} is the effective area of the cross-section taking account of local buckling for class 4 cross-sections and HAZ softening of longitudinal welds

A_{net} is the area of the least favourable cross-section taking account of unfilled holes and HAZ softening of transverse or longitudinal welds if necessary

(4) A_{eff} для перерізів класу 4 отримується на основі приведеної товщини, у якій враховується можливість втрати стійкості та зменшення матеріалу в пришовних зонах, але ігнорується наявність отворів. A_{eff} , як правило, береться для найбільш несприятливого поперечного перерізу, при цьому товщина приймається рівною меншому зі значень $\rho_c t$ і $\rho_{o,haz} t$ у пришовних зонах та $\rho_c t$ у інших місцях. У цій перевірці зменшенням матеріалу через наявність зварних швів на навантажених краях можна знехтувати.

(4) A_{eff} for class 4 cross-section is obtained by taking a reduced thickness to allow for buckling as well as for HAZ softening, but with the presence of holes ignored. A_{eff} is generally based on the least favourable cross-section, taking a thickness equal to the lesser of $\rho_c t$ and $\rho_{o,haz} t$ in HAZ regions, and elsewhere. In this check HAZ softening due to welds at the loaded edges may be ignored.

Коефіцієнт ρ_c береться на основі одного з двох нижченаведених розрахунків – залежно від того, який результат сприятливіший:

The factor ρ_c is found from the more favourable of the following treatments:

а) Обчислюється ρ_c з 6.1.5(2) або береться з рисунка 6.5, із використанням виразів для внутрішніх фрагментів у випадку пластин, шарнірно обпертих, жорстко або пружно защемлених по поздовжніх краях. У випадку пластин із одним поздовжнім вільним краєм слід використовувати вирази для консольних фрагментів.

а) Calculate ρ_c from 6.1.5(2) or read from Figure 6.5, using the internal part expressions for plates that are simply supported, elastically restrained, or fixed along longitudinal edges, and the outstand part expressions for plates with one longitudinal free edge.

б) Приймається $\rho_c = \chi$, де χ є знижуваль-

б) Take $\rho_c = \chi$ where χ is the column

ним коефіцієнтом поправки на втрату стійкості з 6.3.1. Для обчислення χ гнучкість λ береться рівною $3,5a/t$, що відповідає шарнірному опиранню на навантажених краях. Для зацмелених навантажених країв можна використовувати нижче значення λ на розсуд проектувальника.

6.5.3 Опір під дією чистого моменту у площині

(1) Якщо на кінцях прямокутної невідсиленої пластини (див. рисунок 6.22) у її площині діє чистий момент (ширина = b), то її здатність до втрати стійкості характеризується параметром β , де $\beta = 0,40b/t$. Класифікація поперечного перерізу виконується як описано у 6.5.2.

(2)Р Розрахункове значення згинального моменту M_{Ed} повинне задовольняти критерій

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0, \tag{6.82}$$

де розрахунковий опір згинальному моменту M_{Rd} – менша з двох величин $M_{o,Rd}$ та $M_{a,Rd}$ відповідно до (3) і (4);

(3) Розрахунковий опір згинальному моменту $M_{o,Rd}$ для пластичного руйнування і місцевої втрати стійкості виражається таким чином:

Поперечні перерізи класу 1 і 2:

$$M_{o,Rd} = W_{pl} f_o / \gamma_{M1}. \tag{6.83}$$

Поперечні перерізи класу 3:

Class 3 cross-sections

$$M_{o,Rd} = \left[W_{el} + \frac{\beta_3 - \beta}{\beta_3 - \beta_2} (W_{pl} - W_{el}) \right] f_o / \gamma_{M1}. \tag{6.84}$$

Поперечні перерізи класу 4

Class 4 cross-sections

$$M_{o,Rd} = W_{eff} f_o / \gamma_{M1}, \tag{6.85}$$

де:

W_{pl} і W_{el} – пластичний і пружний моменти опору перерізу бруто або приведеного поперечного перерізу для врахування знеміцнення матеріалу в поздовжніх пришовних

buckling reduction factor from 6.3.1. In calculating χ take a slenderness parameter λ equal to $3,5a/t$, which corresponds to simple support at the loaded edges. For restrained loaded edges a lower value of λ can be used at the discretion of the designer.

6.5.3 Resistance under in-plane moment

(1) If a pure in-plane moment acts on the ends (width = b) of a rectangular unstiffened plate (see Figure 6.22) the susceptibility to buckling is defined by the parameter β where $\beta = 0,40b/t$. The classification of the cross-section is carried out in the same way as described in section 6.5.2.

(2)P The design value of the bending moment M_{Ed} shall satisfy

where the design bending moment resistance M_{Rd} is the lesser of $M_{o,Rd}$ and $M_{a,Rd}$ according to (3) and (4).

(3) The design bending moment resistance $M_{o,Rd}$ for overall yielding and local buckling is as follows:

Class 1 and 2 cross-section

where:

W_{pl} and W_{el} are the plastic and elastic moduli for the gross cross-section or a reduced cross-section to allow for HAZ softening from longitudinal welds, but with the presence of

зонах, але без урахування отворів;

W_{eff} – пружний момент опору перерізу розрахункового перерізу, отриманого на основі приведеної товщини для врахування місцевої втрати стійкості, а також за необхідності знеміцнення матеріалу в поздовжніх пришовних зонах, але без урахування отворів, див. 6.2.5.2;

β – коефіцієнт гнучкості для найкритичнішої частини перерізу;

β_2 і β_3 – граничні значення β для даної частини перерізів відповідно 2-го і 3-го класів;

f_o – характеристичне значення міцності для випадку пластичного руйнування.

(4) Розрахунковий опір $M_{u,Rd}$ для локального руйнування на ділянках із отворами або поперечними швами дорівнює:

$$M_{u,Rd} = W_{\text{net}} f_u / \gamma_{M2}, \quad (6.86)$$

де:

W_{net} – момент опору перерізу з урахуванням отворів і застосуванням приведеної товщини $\rho_{u,haz} t$ у будь-якій області, де має місце пришовне знеміцнення матеріалу. Див. 6.2.5.1(2).

6.5.4 Опір при поперечному або поздовжньому лінійно-змінному напруженні

(1) Якщо зусилля, прикладені на кінцях прямокутної пластини, викликають поперечні градієнти напружень, то здатність до втрати стійкості визначається параметром $\beta = \eta t$, де η береться з 6.1.4. Обчисливши β , слід продовжувати розрахунок згідно з методикою 6.5.2.

(2) Якщо прикладена стискаюча сила або згинальний момент у площині міняється уздовж пластини (тобто у напрямку розміру a), то розрахунковий момент опору для перерізів класів 1, 2 або 3 у будь-якому перерізі не повинен бути менше, ніж зусилля, яке з'являється у цьому самому перерізі при прикладенні граничного руйнуючого навантаження. Для перерізів класу 4

holes ignored;

W_{eff} is the elastic modulus for the effective cross-section obtained by taking a reduced thickness to allow for buckling as well as HAZ softening from longitudinal welds if required, but with the presence of holes ignored. See 6.2.5.2.

β is the slenderness factor for the most critical part in the section;

β_2 and β_3 are the class 2 and class 3 limiting values of β for that part;

f_o is the characteristic value of strength for overall yielding.

(4) The design bending moment resistance $M_{u,Rd}$ for local failure at sections with holes or transverse welds is:

where

W_{net} is the section modulus allowing for holes and taking a reduced thickness $\rho_{u,haz} t$ in any region affected by HAZ softening. See 6.2.5.1(2).

6.5.4 Resistance under transverse or longitudinal stress gradient

(1) If the applied actions at the end of a rectangular plate result in a transverse stress gradient, the susceptibility to buckling is defined by $\beta = \eta t$ where η is found from section 6.1.4. Having calculated β proceed as in 6.5.2.

(2) If the applied compression or in-plane bending moment varies longitudinally along the plate (i.e. in the direction of the dimension a), the design moment resistance for class 1, 2 or 3 cross-sections at any cross-section should not be less than the action arising at that section under factored loading. For class 4 cross-sections the yielding check may be satisfied at every cross-section, but for the

можна виконати у кожному перерізі перевірку на пластичне руйнування. Що стосується перевірки на втрату стійкості, дозволяється порівняти розрахунковий опір сили стиску або моментів із зусиллям, яке виникає на відстані від більш навантаженого кінця пластини, рівній 0,4 від половини довжини хвилі пружного випучування пластини.

6.5.5 Опір при зсуві

(1) Прямокутна пластинка під рівномірним зсувним навантаженням показана на рисунку 6.22. Товщина її приймається постійною, а умови обпирання по всіх чотирьох краях можуть бути шарнірним обпиранням, пружним або жорстким защемленням.

(2) Здатність втрачати стійкість при зсуві характеризується показником β , де $\beta = b/t$ і β – найкоротший із розмірів сторін. За будь-яких крайових умов пластинка у стані зсуву класифікується як гнучка або негнучка таким чином:

$\beta \leq 39\varepsilon$ – негнучка пластинка;

$\beta > 39\varepsilon$ – гнучка пластинка;

де:

$$\varepsilon = \sqrt{250/f_o} \cdot f_o \text{ вимірюється у } N/mm^2.$$

(3) Розрахункове значення зсувного зусилля V_{Ed} у кожному поперечному перерізі повинне задовольняти критерій

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}, \tag{6.87}$$

де V_{Rd} – розрахунковий опір поперечного перерізу зсуву, взятий для найбільш несприятливого перерізу, як описано далі.

а) для негнучкої пластини ($\beta \leq 39\varepsilon$):

$$V_{Rd} = A_{net} f_o / (\sqrt{3} \gamma_{M1}), \tag{6.88}$$

де A_{net} – розрахункова площа нетто з урахуванням наявності отворів та використанням приведеної товщини $\rho_{u,haz} t$ у будь-якій області, де має місце ефект пришовного знеміцнення матеріалу. Якщо

buckling check it is permissible to compare the design compressive or moment resistance with the action arising at a distance from the more heavily loaded end of the plate equal to 0,4 times the elastic plate buckling half wavelength.

6.5.5 Resistance under shear

(1) A rectangular plate under uniform shear forces is shown in Figure 6.22. The thickness is assumed to be uniform and the support conditions along all four edges are either simply supported, elastically restrained or fixed.

(2) The susceptibility to shear buckling is defined by the parameter β , where $\beta = b/t$ and β is the shorter of the side dimensions. For all edge conditions the plate in shear is classified as slender or non-slender as follows:

$\beta \leq 39\varepsilon$ – non-slender plate

$\beta > 39\varepsilon$ – slender plate

where:

$$\varepsilon = \sqrt{250/f_o} \cdot f_o \text{ in } N/mm^2$$

(3) The design value of the shear force V_{Ed} at each cross-section should satisfy

where V_{Ed} is the design shear resistance of the cross-section based on the least favourable cross-section as follows:

a) non-slender plate ($\beta \leq 39\varepsilon$):

where A_{net} is the net effective area allowing for holes, and taking a reduced thickness $\rho_{u,haz} t$ in any area affected by HAZ softening. If the HAZ extends around the entire perimeter of the plate the reduced thickness is

пришовна зона простягається по всьому периметру пластини, то приведена товщина приймається для розрахунку для усього поперечного перерізу. Роблячи поправку на наявність отворів, присутність малих отворів можна ігнорувати, якщо їхня загальна площа менша від 20 % повної площі перерізу bt ;

б) для гнучкої пластини ($\beta > 39\varepsilon$):

Необхідно перевіряти значення V_{Rd} як на досягнення стану пластичної плинності, так і на втрату стійкості. При перевірці на текучість слід використовувати а) для негнучких пластин. При перевірці на втрату стійкості:

$$V_{Rd} = v_1 b t f_o / (\sqrt{3} \gamma_{M1}), \quad (6.89)$$

де:

where:

$$v_1 = 17 t \varepsilon \sqrt{k_\tau} / b,$$

але не більше ніж

but not more than

$$k_\tau = 5,34 + 4,00(b/a)^2, \text{ якщо (but) } a/b \geq 1;$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34(b/a)^2, \text{ якщо (but) } a/b < 1.$$

ПРИМІТКА. У цих виразах ніяк не враховується можлива наявність поля розтягуючих зусиль. Проте якщо відомо, що крайове обпирання пластини здатне сприймати поле розтягуючих зусиль, то можна застосувати методу 6.7.3.

NOTE. These expressions do not take advantage of tension field action, but if it is known that the edge supports for the plate are capable of sustaining a tension field, the treatment given in 6.7.3 can be employed.

6.5.6 Опір при одночасній дії факторів

6.5.6 Resistance under combined action

(1) Пластину, що зазнає одночасної дії осьового зусилля та моменту в її площині, так що може виникнути гранично допустиме навантаження, слід перевіряти окремо по кожному з видів навантажень згідно з 6.5.2. У цих перевірках величину β слід обчислювати на основі такого розподілу крайових напружень, за якого (N_{Ed}) і момент (M_{Ed}) діють окремо.

(1) A plate subjected to combined axial force and in-plane moment under factored loading should be given a separate classification for the separate actions in accordance with 6.5.2. In so doing, the value of β should be based on the pattern of edge stress produced if the force (N_{Ed}) and the moment (M_{Ed}) act separately.

(2) Якщо пластина відноситься до класу 4, то кожний окремий опір $N_{c,Rd}$ та $M_{c,Rd}$ треба обчислювати на основі розгляду відповідного окремого навантаження.

(2) If the plate is class 4, each individual resistance, $N_{c,Rd}$ and $M_{c,Rd}$ should be based on the specific type of action considered.

(3) Якщо одночасно діють осьове зу-

(3) If the combined action is axial force

силля та момент у площині, то необхідно задовольнити наступні умови:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,00. \quad (6.90)$$

(4) Якщо у одночасно діючих зусиллях присутнє зсувне зусилля V_{Ed} , ним можна знехтувати за умови, що його величина не перевищує $0,5V_{Rd}$ (див. 6.2.8). Якщо ж $V_{Ed} > 0,5V_{Rd}$, то кожне із значень $N_{c,Rd}$ і $M_{c,Rd}$ можна окремо знизити, див. 6.2.10(3).

6.6 ПІДСИЛЕНІ ПЛАСТИНИ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ У ПЛОЩИНІ

6.6.1 Загальні положення

(1) Наступні вимоги відносяться до пластин, обпертих по всіх чотирьох сторонах і підсилених одним або двома центральними або позacentровано розташованими поздовжніми ребрами жорсткості, або ж трьома і більше рівномірно розставленими поздовжніми ребрами або гофрами (див. рисунок 6.23). Даються також загальні вимоги до ортотропних пластин (рисунок 6.23 (c), (d), (e) та 6.6.6). Вимоги, що відносяться до штампованих профілів за наявності одного або двох відкритих ребер жорсткості, містяться у 6.1.4.3.

(2) Ребра жорсткості можуть або бути не обпертими по всій довжині, або підкріплюватися проміжними поперечними елементами жорсткості. Слід брати до уваги розмір L – інтервал між проміжними опорами. Суттєвим моментом розрахунку є те, що поздовжнє (але не поперечне) підсилення розглядається як «підкритичне», тобто воно деформується разом із основною пластиною при втраті нею стійкості.

(3) Опір подібної пластини поздовжньому нормальному навантаженню у напрямку підсилення розглядається у 6.6.2 – 6.6.4, а опір зсуву розглянуто у 6.6.5. Сумісна дія різних чинників може враховува-

and in-plane moment, the following conditions should be satisfied:

(4) If the combined action includes the effect of a coincident shear force, V_{Ed} then V_{Ed} may be ignored if it does not exceed $0,5V_{Rd}$ (see 6.2.8). If $V_{Ed} > 0,5V_{Rd}$ the values of $N_{c,Rd}$ and $M_{c,Rd}$ may each be reduced, see 6.2.10(3).

6.6 STIFFENED PLATES UNDER IN-PLANE LOADING

6.6.1 General

(1) The following rules concern plates, supported on all four edges and reinforced with one or two, central or eccentric longitudinal stiffeners, or three or more equally spaced longitudinal stiffeners or corrugations (see Figure 6.23). Also general rules for orthotropic plating (Figure 6.23(c), (d) and (e) and clause 6.6.6) are given. Rules for extruded profiles with one or two open stiffeners are given in 6.1.4.3.

(2) The stiffeners may be unsupported on their whole length or else be continuous over intermediate transverse stiffeners. The dimension L should be taken as the spacing between the supports. An essential feature of the design is that the longitudinal reinforcement, but not transverse stiffening, is "sub-critical", i.e. it can deform with the plating in an overall buckling mode.

(3) The resistance of such plating to longitudinal direct stress in the direction of the reinforcement is given in 6.6.2 to 6.6.4, and the resistance in shear is given in 6.6.5. Interaction between different effects may be

тися таким самим чином, як для непідсилених пластин (див. 6.7.6). Відповідні методики мають силу також у тих випадках, коли переріз містить фрагменти, які можна класифікувати як гнучкі.

allowed for in the same way as for unstiffened plates (see 6.7.6). The treatments are valid also if the cross-section contains parts that are classified as slender.

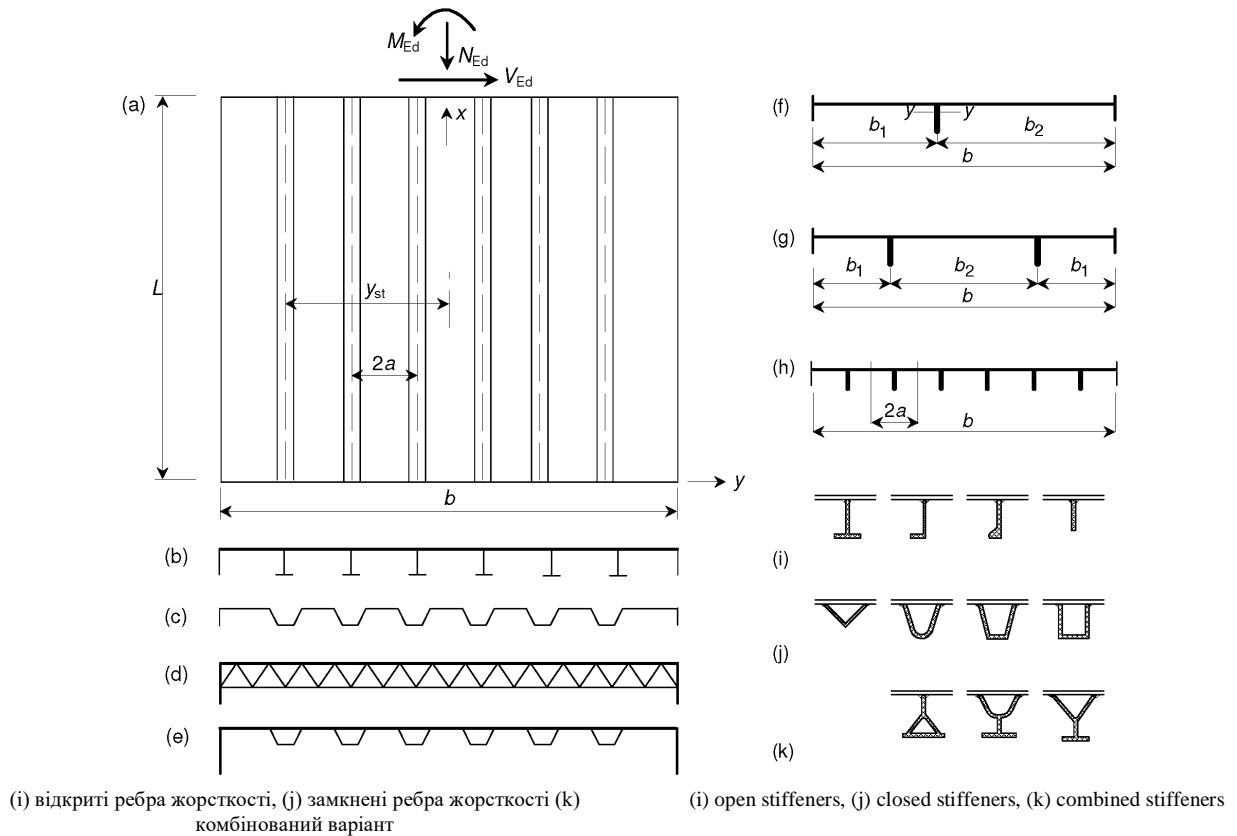


Рисунок 6.23 Підсилені пластини та типи елементів жорсткості
Figure 6.23 Stiffened plates and types of stiffeners

(4) Якщо конструкція складається з плоских пластин та ребер жорсткості, то опір нормальному поперечному навантаженню можна вважати таким самим, як для непідсиленої пластини. У гофрованій конструкції ним можна знехтувати. Ортоотропні пластини можуть мати суттєвий опір поперечному навантаженню.

(4) If the structure consists of flat plating with applied stiffeners, the resistance to transverse direct stress may be taken the same as for an unstiffened plate. With corrugated structure it is negligible. Orthotropic plating may have considerable resistance to transverse load.

6.6.2 Підсилені пластини під рівномірним стиском

6.6.2 Stiffened plates under uniform compression

(1)Р Загальні вимоги
 Поперечний переріз слід класифікувати як компактний або тонкостінний відповідно до 6.1.4, розглядаючи всі його складові частини перед початком розрахункової перевірки.
 Розрахункове значення стискаючого зусил-

(1)P General
 The cross-section shall be classified as compact or slender in accordance with 6.1.4, considering all the component parts before carrying out either check.

The design value of the compression force

ля N_{Ed} повинне задовольняти критерій

N_{Ed} shall satisfy

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0, \quad (6.91)$$

де N_{Rd} – менше з двох значень $N_{u,Rd}$ та $N_{c,Rd}$ згідно з (2) і (3).

where N_{Rd} is the lesser of $N_{u,Rd}$ and $N_{c,Rd}$ according to (2) and (3).

(2) Перевірка на пластичне руйнування

(2) Yielding check

Весь переріз повинен бути перевірений на місцеве зім'яття або сплющення так само, як для розкосів (див. 6.3). Розрахунковий опір $N_{u,Rd}$ повинен базуватися на площі перерізу нетто A_{eff} для найбільш несприятливого поперечного перерізу, приймаючи до уваги у разі потреби можливість втрати стійкості та знеміцнення у пришовних зонах, а також незаповнені отвори.

The entire section should be checked for local squashing in the same way as for a strut (see 6.3). The design resistance $N_{u,Rd}$ should be based on the net section area A_{eff} for the least favourable cross-section, taking account of local buckling and HAZ softening if necessary, and also any unfilled holes.

$$N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2} \quad (6.92)$$

(3) Перевірка за стрижньовою моделлю
Пластина розглядається як збірна конструкція з однакових стрижньових елементів, кожен з яких має одне центральне ребро жорсткості або гофр-складку і ширину, що дорівнює крокові $2a$ w. Тоді розрахунковий опір осьовому навантаженню $N_{c,Rd}$ приймається рівним:

(3) Column check

The plating is regarded as an assemblage of identical column sub-units, each containing one centrally located stiffener or corrugation and with a width equal to the pitch $2a$ w. The design axial resistance $N_{c,Rd}$ is then taken as:

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \chi f_0 / \gamma_{M1} \quad (6.93)$$

де:

where:

χ – знижувальний коефіцієнт поправки на можливість втрати стійкості;

χ is the reduction factor for flexural buckling

A_{eff} – ефективна площа перерізу пластини з урахуванням можливості втрати стійкості і знеміцнення у пришовних зонах поздовжніх швів. Знеміцненням біля швів на навантажених краях або біля поперечних ребер жорсткості можна знехтувати при знаходженні значення A_{eff} . Також можна знехтувати незаповненими отворами.

A_{eff} is the effective area of the cross-section of the plating allowing for local buckling and HAZ softening due to longitudinal welds. HAZ softening due to welds at the loaded edges or at transverse stiffeners may be ignored in finding A_{eff} . Also unfilled holes may be ignored.

Знижувальний коефіцієнт χ слід отримувати з відповідної кривої залежності критичних зусиль від гнучкості, яка відноситься до втрати стійкості з площини

The reduction factor χ should be obtained from the appropriate column curve relevant to column buckling of the sub-unit as a simple strut out of the plane of the plating.

пластини окремого стрижньового елемента як простого стиснутого стрижня.

(4) Параметр відносної гнучкості $\bar{\lambda}$ при розрахунку χ дорівнює:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_0}{N_{\text{cr}}}}, \quad (6.94)$$

де:

N_{cr} – пружна ортотропна критична сила, обчислена за характеристиками площі перерізу бруто.

(4) The relative slenderness parameter $\bar{\lambda}$ calculating χ is

where:

N_{cr} = the elastic orthotropic buckling load based on the gross cross-section

(5) Для пластини з відкритими елементами жорсткості:

$$N_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 EI_y}{L^2} + \frac{L^2 c}{\pi^2}, \text{ якщо (but) } L < \pi^4 \sqrt{\frac{EI_y}{c}}, \quad (6.95)$$

$$N_{\text{cr}} = 2\sqrt{cEI_y}, \text{ якщо (but) } L \geq \pi^4 \sqrt{\frac{EI_y}{c}}, \quad (6.96)$$

де c – характеристика пружної опори від пластини згідно з виразами (6.97), (6.98) або (6.99), при цьому I_y – момент інерції загальної площі усіх елементів жорсткості в межах ширини пластини b по відношенню до осі y на рисунку 6.23 (f).

(5) For a plate with open stiffeners:

where c is the elastic support from the plate according to expressions (6.97), (6.98) or (6.99) and I_y is the second moment of area of all stiffeners within the plate width b with respect to y -axes in Figure 6.23 (f).

(6) Для фрагмента перерізу з одним центральним або позакентровим елементом жорсткості (рисунок 6.23 (f)):

$$c = \frac{0,27Et^3b}{b_1^2b_2^2}, \quad (6.97)$$

де t – товщина пластини; b – повна ширина пластини, а b_1 і b_2 – ширини частин пластини по обидва боки елемента жорсткості.

(6) For a cross-section part with one central or eccentric stiffener (Figure 6.23 (f)):

where t is the thickness of the plate, b is the overall width of the plate and b_1 and b_2 are the width of plate parts on both sides of the stiffener.

(7) Для фрагмента поперечного перерізу з двома симетричними елементами жорсткості, розташованими на відстані b_1 від поздовжніх опор (рисунок 6.23 (g)):

$$c = \frac{1,1Et^3}{b_1^2(3b-4b_1)}. \quad (6.98)$$

(8) Для пластини з багатьма відкритими

(7) For a cross-section part with two symmetrical stiffeners located a distance b_1 from the longitudinal supports (Figure 6.23 (g)):

(8) For a multi-stiffened plate with open

ребрами жорсткості (рисунок 6.23 (c), (b), (h) та (i)) з малою крутильною жорсткістю:

$$c = \frac{8,9Et^3}{b^3}. \quad (6.99)$$

(9) Для пластини з багатьма замкненими або частково замкненими ребрами жорсткості (рисунок 6.23 (e) і (j))
 N_{cr} – пружна ортотропна критична сила.
 Див. 6.6.6.

stiffeners (Figure 6.23 (c), (b) (h) and (i)) with small torsional stiffness
 For a multi-stiffened plate with closed or partly closed stiffeners (Figure 6.23 (e) and (j))
 N_{cr} is the elastic orthotropic buckling load.
 See 6.6.6.

(10) Довжина напівхвилі при пружній втраті стійкості, яка використовується, якщо прикладене навантаження змінюється у напрямку ребер жорсткості або гофрів (див. 6.6.4(3)), дорівнює:

(10) The half-wavelength in elastic buckling, used if the applied action varies in the direction of the stiffener or corrugations (see 6.6.4(3)) is

$$l_w = \pi \sqrt[4]{\frac{EI_y}{c}}. \quad (6.100)$$

6.6.3 Підсилені пластини, навантажені моментом у їхній площині

6.6.3 Stiffened plates under in-plane moment

(1) Загальні вимоги
 Необхідно здійснити дві перевірки: на пластичне руйнування (див. 6.6.3(3)) і втрату стійкості за стрижньовою моделлю (див. 6.6.3(4)).

(1) General
 Two checks should be performed, a yielding check (see 6.6.3(3)) and a column check (see 6.6.3(4)).

(2) Класифікація перерізів і місцева втрата стійкості
 При виконанні будь-якої з двох перевірок перерізи слід відносити до класів 2, 3 і 4 (див. 6.1.4). Для класифікації окремих фрагментів, а також при визначенні приведеної довжини гнучких частин перерізу у загальному випадку можна припустити, що кожен фрагмент знаходиться під рівномірним стиском і прийняти $\eta = 1$ з 6.1.4.3. Проте у разі виконання тільки перевірки на пластичне руйнування дозволяється обчислювати η за фактичним розподілом напружень у фрагментах, які складають найбільш віддалені зовнішні області пластин, а тоді дублювати це значення для ближчих областей. Ця методика може дати кращу оцінку, якщо кількість ребер жорсткості або гофрів невелика.

(2) Section classification and local buckling
 The cross-section should be classified as Classes 2, 3 and 4 (see 6.1.4) when carrying out either check. For the purpose of classifying individual parts, and also when determining effective thicknesses for slender parts, it may generally be assumed that each part is under uniform compression taking $\eta = 1$ in 6.1.4.3. However, in the case of the yielding check only, it is permissible to base η on the actual stress pattern in parts comprising the outermost region of the plating, and to repeat this value for the corresponding parts further in. This may be favourable if the number of stiffeners or corrugations is small.

(3) Перевірка на пластичне руйнування

(3) Yielding check

Весь поперечний переріз пластини слід розглядати як балку, що знаходиться у стані згину у площині (див. 6.2.5). Розрахунковий момент опору M_{Rd} повинен обчислюватися для найбільш несприятливого перерізу, за необхідності – з урахуванням місцевої втрати стійкості та знеміцнення матеріалу у пришовних зонах, а також отворів.

(4) Перевірка за стрижньовою моделлю. Пластина розглядається як збірна конструкція, що складається зі стрижньових блоків-елементів так само, як і для випадку осевого стиску (див. 6.6.2(3)), при цьому розрахунковий момент опору $M_{c,Rd}$ вибирається таким чином:

$$M_{c,Rd} = \frac{\chi_c I_{eff} f_0}{y_{st} \gamma_{M1}}, \quad (6.101)$$

де:

χ_c – знижувальний коефіцієнт поправки на можливість втрати стійкості стрижньовим елементом за згинальною формою;

I_{eff} – момент інерції ефективного перерізу пластини для згину у площині;

y_{st} – відстань від центру пластини до центру найбільш віддаленого елемента жорсткості.

Знижувальний коефіцієнт χ_c слід визначати як для рівномірного стиску (див. 6.6.2(3)).

6.6.4 Пластини з багатьма елементами жорсткості під лінійно-змінним навантаженням у поздовжньому напрямку

(1) Загальні вимоги

Випадки, коли зусилля N_{Ed} або M_{Ed} , прикладені до пластини з багатьма елементами жорсткості, лінійно змінюються у напрямку ребер жорсткості або гофрів, описані у 6.6.4(2) та 6.6.4(3).

(2) Перевірка на пластичне руйнування. Розрахунковий опір будь-якого поперечного перерізу не повинен бути меншим,

The entire cross-section of the plating should be treated as a beam under in-plane bending (see 6.2.5). The design moment resistance M_{Rd} should be based on the least favourable cross-section, taking account of local buckling and HAZ softening if necessary, and also any holes.

(4) Column check

The plating is regarded as an assemblage of column sub-units in the same general way as for axial compression (see 6.6.2(3)), the design moment resistance $M_{c,Rd}$ being taken as follows

where:

χ_c is the reduction factor for flexural buckling of sub-unit

I_{eff} is the second moment of area of the effective cross-section of the plating for in-plane bending

y_{st} is the distance from centre of plating to centre of outermost stiffener

The reduction factor χ_c should be determined in the same way as for uniform compression (see 6.6.2(3)).

6.6.4 Longitudinal stress gradient on multi-stiffened plates

(1) General

Cases where the applied action N_{Ed} or M_{Ed} on a multi-stiffened plate varies in the direction of the stiffeners or corrugations are described in 6.6.4(2) and 6.6.4(3).

(2) Yielding check

The design resistance at any cross-section should be not less than the design action effect

ніж зусилля від розрахункового навантаження, викликане у цьому перерізі.

(3) Перевірка за стрижньовою моделлю
Для перевірки за стрижньовою моделлю достатньо порівняти розрахунковий опір із розрахованим зусиллям, яке виникає на відстані $0,4l_w$ від більш навантаженого кінця пластини, де l_w – довжина півхвилі випучування згідно з 6.6.2(10).

6.6.5 Пластина з багатьма елементами жорсткості у стані зсуву

(1) Необхідно проводити перевірку на пластичне руйнування (див. (2)) і перевірку на втрату стійкості (див. (3)). Методики, приведені у 6.6.5(2) і (3), можуть використовуватися за умови, що ребра або гофри і сама пластина задовольняють такі умови:

- a) приєднані до поперечного розкріплення на обох кінцях;
- b) є нерозривними у точках, де проходять поперечні підсилювальні елементи.

(2) Перевірка на пластичне руйнування: розрахунковий опір зсуву V_{Rd} береться таким самим, як для плоскої невідсиленої пластини тих самих габаритів ($L \times b$) і товщини t , знайденої у відповідності з 6.5.5(2))

(3) Перевірка на втрату стійкості: розрахунковий опір зсуву знаходиться за методикою 6.8.2. Для розрахунку опору необхідно використовувати наступні значення (слід зазначити різницю у системі координат: x та y на рисунку 6.23 відповідають z і x на рисунку 6.33):

$B_y = Et^3 / 10,9$ для плоскої пластини з елементами жорсткості, у інших випадках див. 6.6.6(1);

$B_x = EI_y / b$, де I_y – момент інерції площі перерізу ребра жорсткості та пластини у межах ширини b відносно центральної осі, паралельній площині пластини;

h_w – приведена довжина l , яку можна з запасом узяти рівною вільній довжині L (див. рисунок 6.23). Якщо L значно пере-

аризає на тому перерізі.

(3) Column check

For the column check it is sufficient to compare the design resistance with the design action effect arising at a distance $0,4l_w$ from the more heavily loaded end of a panel, where l_w is the half wavelength in elastic buckling according to 6.6.2(10).

6.6.5 Multi-stiffened plating in shear

(1) A yielding check (see (2)) and a buckling check (see (3)) should be performed. The methods given in 6.6.5(2) and (3) are valid provided the stiffeners or corrugations, as well as the actual plating, are as follows:

- a) effectively connected to the transverse framing at either end;
- b) continuous at any transverse stiffener position.

(2) Yielding check: The design shear force resistance V_{Rd} is taken as the same as that for a flat unstiffened plate of the same overall aspect ($L \times b$) and the same general thickness t , found in accordance with 6.5.5(2).

(3) Buckling check: The design shear force resistance is found from 6.8.2. In order to calculate the resistance the following values should be used (Note difference in coordinate system, x and y in Figure 6.23 are z and x in Figure 6.33):

$B_y = Et^3 / 10,9$ for a flat plate with stiffeners, otherwise see 6.6.6(1)

$B_x = EI_y / b$ where I_y is the second moment of area of stiffener and plating within the width b about a centroidal axis parallel to the plane of the plating

h_w is the buckling length l which may be safely taken as the unsupported length L (see Figure 6.23). If L greatly exceeds b , a more

вищує b , кращий результат можна отримати, порівнявши $V_{o,cr}$ рівним пружній ортотропній критичній силі зсуву. При аналізі стійкості не потрібно робити ніяких поправок на зменшення у пришовних зонах.

favourable result may be obtained by putting $V_{o,cr}$ equal to the elastic orthotropic shear buckling force. No allowance for HAZ softening needs to be made in performing the buckling check.

6.6.6 Критичне навантаження для ортотропних пластин

6.6.6 Buckling load for orthotropic plates

(1) Для ортотропної пластини під рівномірним стиском можна користуватися методикою 6.6.2. Пружне ортотропне критичне навантаження N_{cr} для шарнірно обпертої ортотропної пластини визначається за формулами:

(1) For an orthotropic plate under uniform compression the procedure in 6.6.2 may be used. The elastic orthotropic buckling load N_{cr} for a simply supported orthotropic plate is given by

$$N_{cr} = \frac{\pi^2}{b} \left[\frac{B_x}{(L/b)^2} + 2H + B_y (L/b)^2 \right], \text{ якщо (but) } \frac{L}{b} < \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}, \quad (6.102)$$

$$N_{cr} = \frac{2\pi^2}{b} \left[\sqrt{B_x B_y} + H \right], \text{ якщо (but) } \frac{L}{b} \geq \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}. \quad (6.103)$$

Вирази для B_x , B_y і H для різних поперечних перерізів наведені в таблиці 6.11, де формули (6.99) – (6.110) наведені нижче (індекси x та y позначають жорсткість відповідно у перерізі $x = \text{const}$ і $y = \text{const}$).

Expressions for B_x , B_y and H for different cross-sections are given in table 6.11 where the expressions (6.99) to (6.110) are given below. (Indexes x and y indicates rigidity in section $x = \text{constant}$ and $y = \text{constant}$, respectively).

Таблиця 6.11. Випадок №2:

Table 6.11, Case No. 2:

$$B_y = \frac{2B_a}{2a_4 + \frac{2a_1 a_3 t_1^3 (4a_2 t_3^3 + a_3 t_2^3)}{a_3 t_1^3 (4a_2 t_3^3 + a_3 t_2^3) + a_1 t_3^3 (12a_2 t_3^3 + 4a_3 t_2^3)}}; \quad (6.104)$$

$$H = 2B + \frac{\frac{GI_t}{2a}}{1 + \frac{3,3GI_t a_4^2}{L_b^2 a B} \left[1 + \frac{1}{\pi^4 C_1 / L_b^4 + C_2} \right]}, \quad (6.105)$$

де:

where:

$$L_b = L, \text{ але } L_b \leq \frac{b}{3} \sqrt[4]{\frac{B_x}{B_y}}; \quad (6.105a)$$

$$C_1 = 4(1 - \nu^2)(a_2 + a_3) a_1^2 a_4^2 h^2 t_2 / (3a t_1^3); \quad (6.106)$$

$$B = \frac{Et_1^3}{12(1-\nu^2)} ; \tag{6.107}$$

$$C_2 = \frac{4(a_1 + a_2)^2 a_1 a_2 (1 + a_1/a_2 + a_2/a_1 + a^2/(a_1 a_2)) \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^3}{a_2^3 (3a_3 + 4a_2)} . \tag{6.108}$$

Таблиця 6.11. Випадок №5

Table 6.11, Case No. 5:

$$B_y = \frac{1}{\frac{1}{B_v} + \frac{t_1 + t_2}{Et_1 t_2 h^2}} , \tag{6.109}$$

де:

where:

$$B_v = \frac{Et_1^3}{12(1-\nu^2)} \frac{10b^2}{32a^2} \frac{at_3^3 + at_2^3 t_3^3 / t_1^3 + 6ht_2^3}{at_3^3 + 2h(t_1^3 + t_2^3) + 3h^2 t_1^3 t_2^3 / (a t_3^3)} ; \tag{6.109a}$$

$$H = \frac{2E}{3\left(1 - \frac{t_3}{2a}\right)^3} \left[\frac{t_1^3}{1 + \frac{6t_1}{2a - t_3}} + \frac{t_2^3}{1 + \frac{6t_2}{2a - t_3}} \right] . \tag{6.110}$$

Таблиця 6.113гинна і крутильна жорсткість ортотропних пластин
Table 6.11 Flexural and torsional rigidity of orthotropic plates

№	Поперечний переріз Cross-section	B_x (відповідає EI_y) B_x (corresponds EI_y)	B_y (відповідає EI_x) B_y (corresponds EI_x)	H
1		$EI_L/2a$	$Et_3/6(1-\nu_2)$	$Gt_3/6$
2		$EI_L/2a$	Див. (See) (6.104)	Див. (See) (6.105)
3		$EI_L/2a$	$(2a/s) \cdot (Et_3/12(1-\nu_2))$	$(2a/s) \cdot (Gt_3/6)$
4		$EI_L/2a$	$Et_1 t_2 h_2 / (t_1 + t_2)$	$GI_L/2a$
5		$EI_L/2a$	Див. (See) (6.109)	Див. (See) (6.110)
6		$EI_L/2a$	0	$GI_L/2a$

I_L – момент інерції перерізу одного елемента жорсткості і відповідної пластини у межах $2a$
 I_L – умовний момент інерції того ж самого поперечного перерізу
 I_L – is the second moment of area of one stiffener and adjacent plating within $2a$
 I_t – is the torsional constant of the same cross-section.

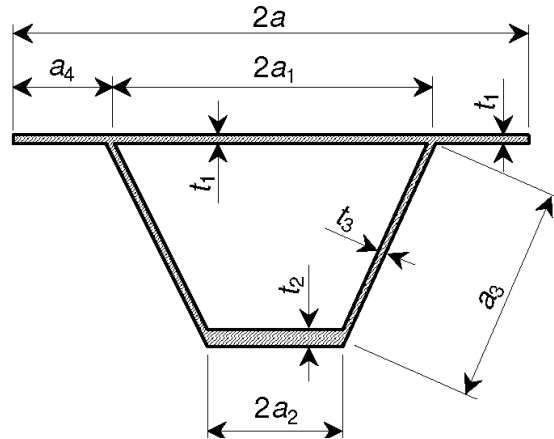


Рисунок 6.24 Позначення для поперечного перерізу замкнутого елемента жорсткості
Figure 6.24 Cross-section notations of closed stiffener

(2) Опір зсувному зусиллю для ортотропної пластини відносно загальної втрати стійкості можна розрахувати для $\phi \leq 1$ за методикою 6.8.2(3), де:

$$\tau_{cr,g} = \frac{k_r \pi^2}{LA} \sqrt[4]{B_y B_x^3}; \tag{6.111}$$

$$k_r = 3,25 - 0,567\phi + 1,92\phi^2 + (1,95 + 0,1\phi + 2,75\phi^2)\eta_h; \tag{6.112}$$

$$\phi = \frac{L}{b} \sqrt[4]{\frac{B_y}{B_x}}; \tag{6.113}$$

$$\eta_h = \frac{H}{\sqrt{B_x B_y}} \text{ дійсне для (valid for) } \eta_h < 1,5 \tag{6.114}$$

$B_x B_y$ і H наведені у таблиці 6.11, A – площа поперечного перерізу у найвужчому місці для $y = \text{const}$ ($A = Lt$ для випадків 1, 2 і 3 у таблиці 6.11; $A = L(t_1 + t_2)$) для випадків 4 і 5. До випадку 6 не застосовується.)
Для значення $\phi > 1$ слід поміняти місцями індекси x і y та ширини b і L у (6.111) і (6.113), а також взяти $A = b \sum t$.

$B_x B_y$ and H are given in Table 6.11 and A is cross section area in smallest section for $y = \text{constant}$ ($A = Lt$ for cases 1, 2 and 3 in Table 6.11 and $A = L(t_1 + t_2)$ for 4 and 5. Not applicable to case 6).
For originally $\phi > 1$ interchange subscripts x and y and widths b and L in (6.111) and (6.113) and use $A = b \sum t$.

6.7 СКЛАДЕНІ ТОНКОСТІННІ ДВОТАВРОВІ БАЛКИ

6.7 PLATE GIRDERS

6.7.1 Загальні положення

6.7.1 General

(1) Складеною тонкостінною двотавровою балкою називається балка-стінка з полицею, яка працює на розтяг, полицею, яка працює на стиск, і стінкою у формі пластини. Стінка такої балки зазвичай є гнучкою і може бути підсилена у поперечному напрямі за допомогою несучих і

(1) A plate girder is a deep beam with a tension flange, a compression flange and a web plate. The web is usually slender and may be reinforced transversally with bearing and intermediate stiffeners. It can also be reinforced by longitudinal stiffeners.

проміжних ребер жорсткості. Її також можна підсилити поздовжніми ребрами жорсткості.

(2) Стінки втрачають стійкість за зсувною формою при відносно невеликих прикладених навантаженнях, проте вже після втрати стійкості балка може зберегти значну несучу здатність за рахунок наявності поля розтягуючих зусиль. Складені двотаврові балки часто конструюються з поперечним підсиленням стінки у формі гофрів або близькорозташованих поперечних ребер жорсткості.

(3) Складені балки можуть зазнавати одночасного моментного, зсувного і осьового навантаження, а також локального навантаження на полицях. Внаслідок їхньої тонкостінності та гнучкості у них може виникати поперечно-крутильна втрата стійкості, якщо відсутнє належне розкріплення по довжині.

(4) Вимоги до складених двотаврових балок, наведені в цьому стандарті, можуть застосовуватися також до бічних елементів балок коробчастого перерізу. Форми втрати стійкості та посилання на розділи з виразами відповідних показників опору наведені в таблиці 6.12.

(2) Webs buckle in shear at relatively low applied loads, but considerable amount of post-buckled strength can be mobilized due to tension field action. Plate girders are sometimes constructed with transverse web reinforcement in the form of corrugations or closely-spaced transverse stiffeners.

(3) Plate girders can be subjected to combinations of moment, shear and axial loading, and to local loading on the flanges. Because of their slender proportions they may be subjected to lateral torsional buckling, unless properly supported along their length.

(4) The rules for plate girders given in this Standard are generally applicable to the side members of box girders.

Failure modes and references to clauses with resistance expressions are given in Table 6.12.

Таблиця 6.12 Форми втрати стійкості та відповідні розділи з виразами показників опору

Форма втрати стійкості	Пункти
Втрата стійкості стінки балки під стиском	6.7.2 та 6.7.3
Зсувна втрата стійкості	6.7.4 та 6.8
Сумісна дія перерізувальної сили і згинального моменту	6.7.6
Втрата стійкості стінкою через локальні навантаження на полицях	6.7.5
Втрата стійкості стінкою, спричинена впливом полиць	6.7.7
Крутильна втрата стійкості полиць (локальна втрата стійкості)	6.1.5
Поперечно-крутильна втрата стійкості	6.3.2

Table 6.12 Buckling modes and corresponding clause with resistance expressions

Buckling mode	Clause
Web buckling by compressive stresses	6.7.2 and 6.7.3
Shear buckling	6.7.4 and 6.8
Interaction between shear force and bending moment	6.7.6
Buckling of web because of local loading on flanges	6.7.5
Flange induced web buckling	6.7.7
Torsional buckling of flange (local buckling)	6.1.5
Lateral torsional buckling	6.3.2

6.7.2 Опір балок при згині у площині стінки

(1) Необхідно виконувати перевірку на пластичне руйнування і на втрату стійкості, а для стінок із поздовжніми зварними швами – дослідити ефект знеміцнення у пришовних зонах. Ефектом знеміцнення від швів приварювання поперечних елементів жорсткості можна знехтувати; малими отворами у стінці також за умови, що їх загальна площа не перевищує 20 % площі перерізу стінки. Висота стінки між полицями позначається через h_w , а відстань між зовнішніми кінцями зварних швів на полицях – через b_w .

(2)P Для перевірки балок на пластичне руйнування розрахункове значення M_{Ed} у кожному поперечному перерізі повинно задовольняти критерій

$$M_{Ed} \leq M_{o,Rd}, \quad (6.115)$$

де $M_{o,Rd}$ для будь-якого класу поперечного перерізу є розрахунковим гранично допустимим моментом, який обчислюється як для перерізу, що відноситься до 3-го класу. Таким чином,

$$M_{o,Rd} = W_{net} f_o / \gamma_{M1}, \quad (6.116)$$

де W_{net} – пружний момент опору, що враховує поправки на отвори і обчислюється за приведеною товщиною $\rho_{o,haz} t$ на ділянках, сусідніх із полицями балки, у яких може мати місце ефект знеміцнення від зварних швів (див. 6.1.6.2).

(3) При перевірці на втрату стійкості вважається, що поперечні елементи жорсткості задовольняють вимоги до розрахункових перерізів ребер жорсткості з розділу 6.7.8. Також вважається, що інтервал між сусідніми поперечними ребрами жорсткості більший, ніж половина габаритної висоти балки між пластинами полиць. Якщо це не так, див. у 6.8 про гофровані або близько розташовані елементи жорсткості.

6.7.2 Resistance of girders under in-plane bending

(1) A yielding check and a buckling check should be made, and for webs with continuous longitudinal welds the effect of the HAZ should be investigated. The HAZ effect caused by the welding of transverse stiffeners may be neglected and small holes in the web may be ignored provided they do not occupy more than 20 % of the cross-sectional area of the web. The web depth between flanges is h_w and the distance between the weld toes of the flanges is b_w .

(2)P For the yielding check, the design value of the moment, M_{Ed} at each cross-section shall satisfy

where $M_{o,Rd}$, for any class cross-section, is the design moment resistance of the cross-section that would apply if the section were designated class 3. Thus,

where W_{net} is the elastic modulus allowing for holes and taking a reduced thickness $\rho_{o,haz} t$ in regions adjacent to the flanges which might be affected by HAZ softening (see 6.1.6.2).

(3) In applying the buckling check it is assumed that transverse stiffeners comply with the requirements of the effective stiffener section given in 6.7.8. It is also assumed that the spacing between adjacent transverse stiffeners is greater than half the clear depth of the web between flange plates. If this is not the case, refer to 6.8 for corrugated or closely stiffened webs.

(4) Для кожного прогону балки завдовжки a між поперечними ребрами жорсткості момент, що виникає при розрахунковому навантаженні на відстані $0,4a$ від найбільш навантаженого кінця, не повинен перевищувати розрахунковий граничний момент $M_{c,Rd}$ для цього прогону, де:

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_o / \gamma_{M1}, \quad (6.117)$$

W_{eff} – ефективний пружний момент опору, обчислений з використанням приведеної товщини для урахування можливості втрати стійкості та зменшення у пришовних зонах, але знехтуванням отворів. Приведена товщина дорівнює меншому з двох значень $\rho_{o,haz}t$ і $\rho_c t$ у пришовних зонах або $\rho_c t$ у інших зонах, див. 6.2.5.

(5) Товщина повинна замінюватися приведеною товщиною у будь-яких фрагментах перерізу класу 4, які частково або повністю знаходяться під стиском (b_c на рисунку 6.25). Відношення напружень ψ , застосоване у 6.1.4.3, і відповідну ширину b_c можна отримати на основі розрахункової площі перерізу стиснутої полиці балки і площі бруто перерізу стінки; див. рисунок 6.25 (с), де центр ваги позначено через G_1 .

(6) Якщо стиснутий край стінки балки знаходиться ближче до нейтральної осі балки, ніж розтягнений, див. рисунок 6.25(с), то можна застосувати методу з 6.1.4.3.

Така методика вимагає ітераційного розрахунку, при якому ψ визначається кожен раз знову на черговому кроці ітерацій за напруженнями, обчисленими для розрахункового перерізу, визначеного на попередньому кроці.

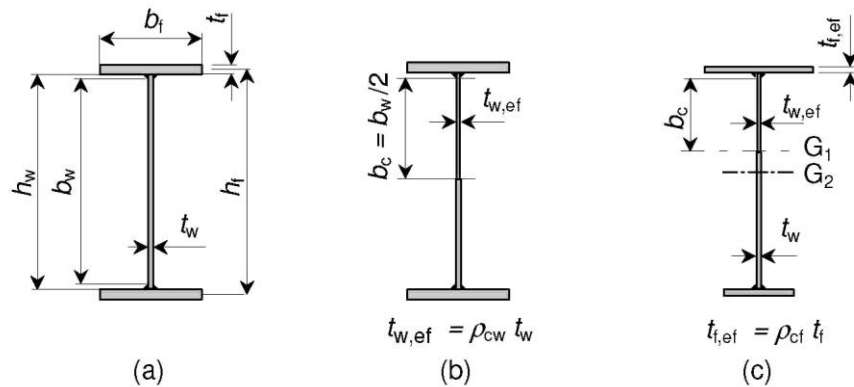
(4) For each bay of the girder of length a between transverse stiffeners, the moment arising under design load at a distance $0,4a$ from the more heavily stressed end should not exceed the design moment resistance, $M_{c,Rd}$ for that bay, where:

W_{eff} is the effective elastic modulus obtained by taking a reduced thickness to allow for buckling as well as HAZ softening, but with the presence of holes ignored. The reduced thickness is equal to the lesser of $\rho_{o,haz}t$ and $\rho_c t$ in HAZ regions, and $\rho_c t$ elsewhere, see 6.2.5.

(5) The thickness is reduced in any class 4 part that is wholly or partly in compression (b_c in Figure 6.25). The stress ratio ψ used in 6.1.4.3 and corresponding width b_c may be obtained using the effective area of the compression flange and the gross area of the web, see Figure 6.25 (c), gravity centre G_1 .

(6) If the compression edge of the web is nearer to the neutral axis of the girder than in the tension flange, see Figure 6.25(c), the method in 6.1.4.3 may be used.

This procedure generally requires an iterative calculation in which ψ is determined again at each step from the stresses calculated on the effective cross-section defined at the end of the previous step.



(a) Умовні позначення для поперечних перерізів.
 (b) Розрахунковий поперечний переріз для симетричної балки з полицями класів 1, 2 і 3.
 (c) Розрахунковий поперечний переріз для балки з меншою розтягнутою полицею (нижня) і стисненою полицею класу 4 (верхня).

(a) Cross-section notations.
 (b) Effective cross-section for a symmetric plate girder with class 1, 2 and 3 flanges.
 (c) Effective cross-section for a girder with smaller tension (bottom) flange and a class 4 compression (top) flange

Рисунок 6.25 Тонкостінна двотаврова балка при згині
Figure 6.25 Plate girder in bending

6.7.3 Опір балок із поздовжніми елементами жорсткості на стінках

6.7.3 Resistance of girders with longitudinal web stiffeners

(1) Втрату стійкості пластиною під дією поздовжніх стискаючих зусиль можна врахувати, використовуючи величину розрахункового перерізу у застосуванні до перерізів 4-го класу.

(1) Plate buckling due to longitudinal compressive stresses may be taken into account by the use of an effective cross-section applicable to class 4 cross-sections.

(2) Розрахункові характеристики перерізів повинні обчислюватися за розрахунковими площами стиснутих фрагментів перерізу з урахуванням їх розташування у складі розрахункового перерізу.

(2) The effective cross-section properties should be based on the effective areas of the compression parts and their locations within the effective cross-section.

(3) На першому етапі слід обчислити розрахункові площі плоских стиснутих панелей між ребрами жорсткості, використовуючи розрахункові товщини згідно з 6.1.5, див. рисунок 6.26.

(3) In a first step the effective areas of flat compression sub panels between stiffeners should be obtained using effective thicknesses according to 6.1.5. See Figure 6.26.

(4) Загальна втрата стійкості пластиною, включаючи втрату стійкості ребрами жорсткості, розглядається як згинальна форма втрати стійкості стиснутої стійки, яка складається з ребер жорсткості та половини сусідньої частини стінки. Якщо у межах панелі напруження міняють знак від стиску до розтягу, то до складу стиснутої стійки включається одна третина стиснутої частини, див. рисунок 6.26 (c).

(4) Overall plate buckling, including buckling of the stiffeners, is considered as flexural buckling of a column consisting of the stiffeners and half the adjacent part of the web. If the stresses change from compression to tension within the sub panel, one third of the compressed part is taken as part of the column. See Figure 6.26 (c).

(5) Розрахункові товщини різних частин перерізу стиснутої стійки повинні знижуватись на другому етапі розрахунку за допомогою коефіцієнта запасу χ , взятого з відповідної кривої залежності критичної сили від гнучкості, яка описує втрату стійкості колони як звичайного стиснутого стрижня з площини стінки.

(5) The effective thicknesses of the different parts of the column section are further reduced in a second step with a reduction factor χ obtained from the appropriate column curve relevant for column buckling of the column as a simple strut out of the plane of the web.

(6) Коефіцієнт гнучкості $\bar{\lambda}$ при обчисленні χ дорівнює:

(6) The relative slenderness parameter $\bar{\lambda}$ in calculating $\bar{\lambda}$ is

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{st,eff} f_o}{N_{cr}}}, \quad (6.118)$$

де

$A_{st,eff}$ – розрахункова площа поперечного перерізу колони з першого етапу розрахунку, див. рисунок 6.26(с);

N_{cr} – пружне критичне навантаження, визначене із наступного виразу:

where

$A_{st,eff}$ is the effective area of the column from the first step, see Figure 6.26c.

N_{cr} is the elastic buckling load given by the following expression:

$$N_{cr} = 1,05E \frac{\sqrt{I_{st}^3 t_w^3 b_w}}{b_1 b_2}, \text{ якщо } a > a_c, \quad (6.119)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{st}}{a^2} + \frac{Et_w^3 b_w a^2}{4\pi^2 (1-\nu^2) b_1^2 b_2^2}, \text{ якщо } a \leq a_c, \quad (6.120)$$

$$a_c = 4,33^4 \sqrt{\frac{I_{st} b_1^2 b_2^2}{t_w^3 b_w}}, \quad (6.121)$$

де:

I_{st} – момент інерції поперечного перерізу бруто елемента жорсткості і сусідньої частини стінки балки (див. (7)) відносно осі, яка проходить через її центр ваги і паралельна площині стінки;

b_1, b_2 – відстані від поздовжніх країв до елемента жорсткості, $b_1 + b_2 = b_w$;

a_c – довжина напівхвилі пружної форми втрати стійкості для елемента жорсткості.

where:

I_{st} is second moment of area of the gross cross-section of the stiffener and adjacent part of web (see (7)) about an axis through its centroid and parallel to the plane of the web

b_1, b_2 are distances from longitudinal edges to the stiffener $b_1 + b_2 = b_w$.

a_c is the half wave length for elastic buckling of stiffener

(7) При обчисленні величини I_{st} вважається, що стиснута стійка-колонна складається власне з ребра жорсткості, а також розрахункової ширини $15t_w$ пластини стінки балки з обох боків ребра жорсткості (див. рисунок 6.26(d1) та (d2)).

(7) For calculation of I_{st} the column consists of the actual stiffener together with an effective width $15t_w$ of the web plate on both sides of the stiffener. See Figure 6.26(d1) and (d2).

(8) У випадку двох поздовжніх елементів жорсткості, які знаходяться під стиском, вони вважаються одним цілим, тому розрахункова площа і момент інерції перерізу цього цілого дорівнюють сумі відповідних величин окремих елементів. Положення осередненого ребра жорсткості визначається рівнодійною осьових зусиль окремих ребер. Якщо у одному з ребер зусилля розтягуючі, ця методика працює в запас.

(8) In case of two longitudinal stiffeners, both in compression, the two stiffeners are considered as lumped together, with an effective area and a second moment of area equal to the sum of those of the individual stiffeners. The location of the lumped stiffener is the position of the resultant of the axial forces in the stiffeners. If one of the stiffeners is in tension the procedure will be conservative.

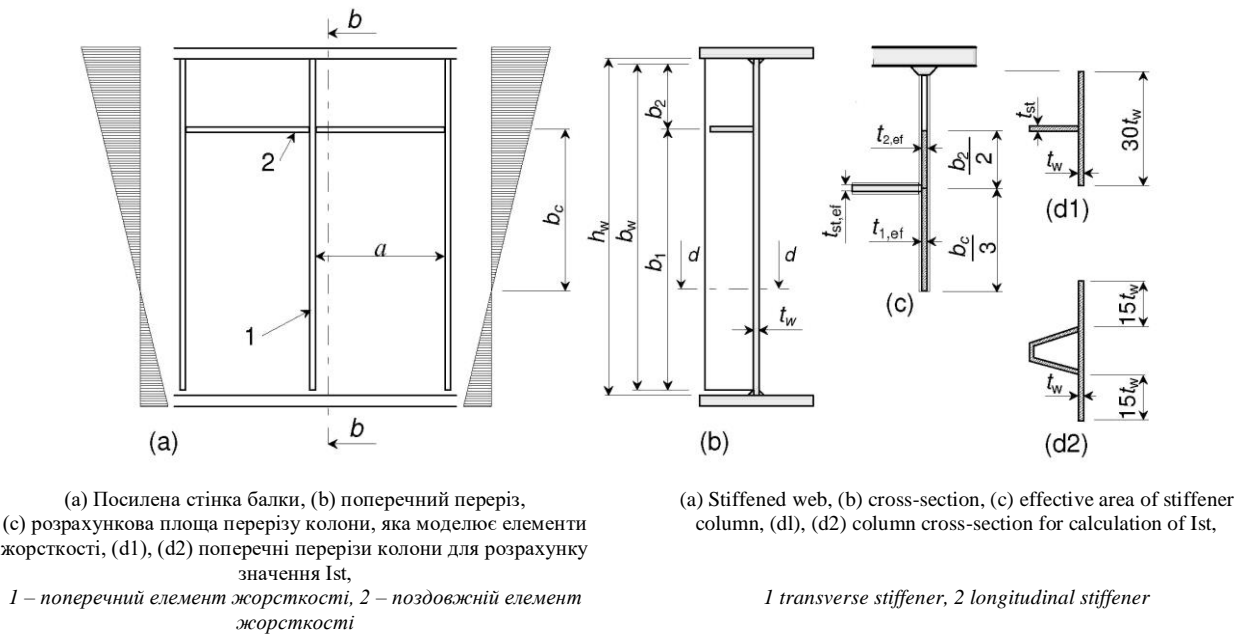


Рисунок 6.26 Підсилена стінка складеної тонкостінної балки у стані згину
Figure 6.26 Stiffened web of plate girder in bending

6.7.4 Опір зсуву

6.7.4 Resistance to shear

(1) Цей розділ містить вимоги та рекомендації щодо розрахунку втрати стійкості пластини стінки під дією перерізувальної сили, при якому слід задовольнити такі критерії:

(1) This section gives rules for plate buckling effects from shear force where the following criteria are met:

- a) панелі є прямокутними, а полиці балок паралельними з кутовою похибкою, не більшою за 10° ;
- b) елементи жорсткості, якщо такі є, встановлені у поздовжньому та/або поперечному напрямках;
- c) відкриті отвори або вирізи мають малі розміри, а їхні діаметри обмежені величиною d , що задовольняє співвідношення

- a) panels are rectangular and flanges are parallel within an angle not greater than 10°
- b) stiffeners if any are provided in the longitudinal and/or transverse direction;
- c) open holes or cut outs are small and limited to diameters d that satisfies $d/h_w \leq 0,05$ where h_w is the width of the plate;

$d/h_w \leq 0,05$, де h_w – ширина пластини;

d) елементи є однорідними.

(2)Р Складену тонкостінну двотаврову балку у стані зсуву слід перевіряти на втрату стійкості за наступним критерієм:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

де:

V_{Ed} – розрахункове значення перерізуювальної сили;

V_{Rd} – розрахунковий опір при зсуві, див. 6.7.4.1 або 6.7.4.2.

6.7.4.1 Складені балки з елементами жорсткості стінки на опорах

(1) Цей розділ містить вимоги та рекомендації щодо розрахунку втрати стійкості під дією перерізуювальної сили у тих випадках, коли елементи жорсткості передбачені тільки біля опор.

(2) Балки з $t_w/h_w > (2,37/\eta)\sqrt{E/f_o}$ повинні перевірятися на втрату стійкості за зсувною формою.

ПРИМІТКА. Значення η див. у таблиці 6.13, а t_w і h_w – на рисунку 6.27.

(3) Для стінок балок із поперечними елементами жорсткості тільки у районі опор розрахунковий опір V_{Rd} зсуву слід брати рівним

$$V_{Rd} = \rho_v t_w h_w \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MI}}, \tag{6.122}$$

де ρ_v є коефіцієнтом запасу за зсувною стійкістю, взятим із таблиці 6.13 або рисунка 6.28.

Таблиця 6.13 Коефіцієнт ρ_v запасу за зсувною стійкістю

Table 6.13 Factor ρ_v or shear buckling

Діапазон значень λ_w Ranges of λ_w	Жорстка кінцева стійка Rigid end post	Нежорстка кінцева стійка Non-rigid end post
$\lambda_w \leq 0,83/\eta$	η	η
$0,83/\eta < \lambda_w < 0,937$	$0,83/\lambda_w$	$0,83/\lambda_w$
$0,937 \leq \lambda_w$	$2,3/(1,66 + \lambda_w)$	$0,83/\lambda_w$

d) members are uniform.

(2)P A plate girder in shear shall be verified against buckling as follows:

where:

V_{Ed} is the design value of the shear force

V_{Rd} is the design resistance for shear, see 6.7.4.1 or 6.7.4.2.

6.7.4.1 Plate girders with web stiffeners at supports

(1) This section gives rules for plate buckling effects from shear force where stiffeners are provided at supports only.

(2) Plates with $t_w/h_w > (2,37/\eta)\sqrt{E/f_o}$ should be checked for resistance to shear buckling.

NOTE. For η see Table 6.13, for t_w and h_w see Figure 6.27.

(3) For webs with transverse stiffeners at supports only, the design resistance V_{Rd} for shear should be taken as

in which ρ_v is a factor for shear buckling obtained from Table 6.13 or Figure 6.28.

$\eta = 0,7 + 0,35 f_{aw} / f_{ow}$, але не більше ніж 1,2, де f_{ow} – межа міцності при пластичному руйнуванні, а f_{aw} – межа міцності матеріалу стінки балки.

$\eta = 0,7 + 0,35 f_{aw} / f_{ow}$ but not more than 1,2 where f_{ow} is the strength for overall yielding and f_{aw} is the ultimate strength of the web material.

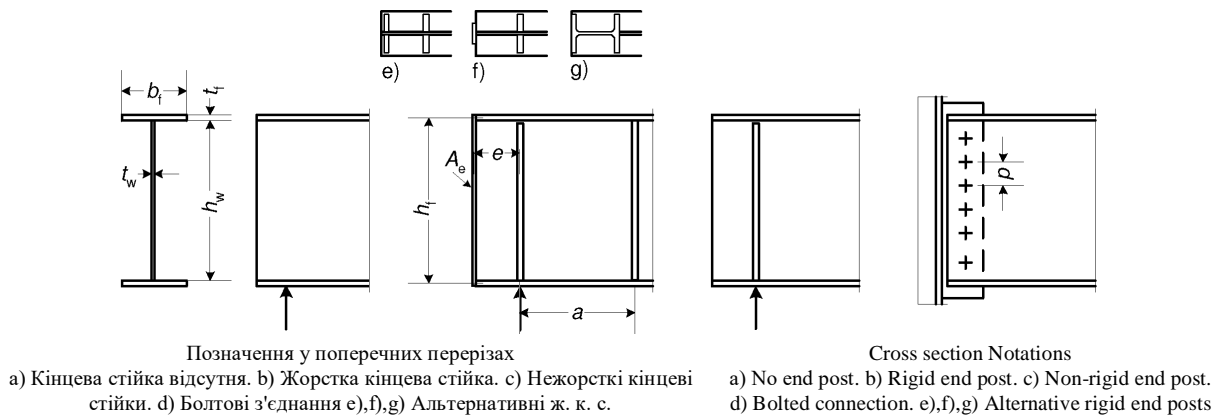


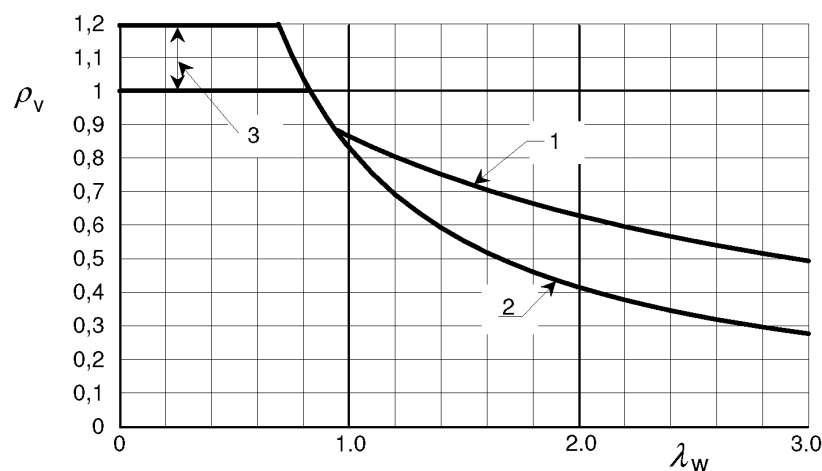
Рисунок 6.27 Опорні ребра жорсткості
Figure 6.27 End-stiffeners

На рисунку 6.27 показані різні види кінцевих опор для балок:

- a) кінцеві стійки відсутні, див. 6.7.5, тип c);
- b) жорсткі кінцеві стійки, див. 6.7.8.1. Цей випадок також застовується до панелей, які не знаходяться на кінцях балки або на проміжній опорі нерозрізної балки;
- c) нежорсткі кінцеві стійки, див. 6.7.8.2;
- d) болтові з'єднання, див. 6.7.8.2, які для цілей розрахунку несучої здатності класифікуються як нежорсткі.

Figure 6.27 shows various end supports for girders:

- a) no end post, see 6.7.5, type c);
- b) rigid end posts, see 6.7.8.1. This case is also applicable for panels not at the end of the girder and at an intermediate support of a continuous girder;
- c) non-rigid end posts, see 6.7.8.2;
- d) bolted connection, see 6.7.8.2, to be classified as non-rigid in resistance calculation.



1 Жорстка кінцева стійка, 2 Нежорстка кінцева стійка. 1 Rigid end post, 2 Non-rigid end post,
 3 Діапазон η 3 Range of η

Рисунок 6.28 Коефіцієнт ρ_v запасу за зсувною стійкістю
Figure 6.28 Factor ρ_v for shear buckling

(3) Коефіцієнт гнучкості λ_w у таблиці

(3) The slenderness parameter λ_w in

6.13 і на рисунку 6.28 становить

$$\lambda_w = 0,35 \frac{b_w}{t_w} \sqrt{\frac{f_o}{E}} \quad (6.123)$$

6.7.4.2 Складені балки з проміжними елементами жорсткості на стінках

(1) Цей розділ містить вимоги і рекомендації щодо втрати стійкості стінкою балки при зсуві під дією перерізуювальної сили за наявності на стінці елементів жорсткості у поздовжньому та/або поперечному напрямках.

(2) Пластини з $h_w/t_w > (1,02/\eta) \sqrt{k_\tau E/f_o}$ слід перевіряти на опір зсувній втраті стійкості та забезпечити поперечними ребрами жорсткості біля опор.

ПРИМІТКА. Значення η див. у таблиці 6.13, значення t_w і h_w – на рисунку 6.29, а k_τ – у (6)

(3) Для балок із поперечними і поздовжніми елементами жорсткості розрахунковий опір зсуву V_{Rd} виражається сумою внеску значень $V_{w,Rd}$ стінки балки та $V_{f,Rd}$ полиць балки.

$$V_{Rd} = V_{w,Rd} + V_{f,Rd} \quad (6.124)$$

де величина $V_{w,Rd}$ враховує дію поля розтягуючих напружень у стінці згідно з (4), а $V_{f,Rd}$ є прирістом поля розтягуючих напружень, викликаний локальним опором згинові полиць балки згідно з (10).

(4) Внесок від стінки балки у розрахунковий показник опору на зсув потрібно брати рівним:

$$V_{Rd} = \rho_v t_w h_w \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MI}} \quad (6.125)$$

де ρ_v – коефіцієнт запасу за зсувною стійкістю, узятий з таблиці 6.13 або рисунка 6.28.

Table 6.13 and Figure 6.28 is

6.7.4.2 Plate girders with intermediate web stiffeners

(1) This section gives rules for plate buckling effects from shear force where web stiffeners are provided in the longitudinal and/or transverse direction

(2) Plates with $h_w/t_w > (1,02/\eta) \sqrt{k_\tau E/f_o}$ should be checked for resistance to shear buckling and should be provided with transverse stiffeners at the supports.

NOTE. For η see Table 6.13, for t_w and h_w see Figure 6.29 and for k_τ see (6)

(3) For beams with transverse and longitudinal stiffeners the design resistance for shear buckling V_{Rd} is the sum of the contribution $V_{w,Rd}$ of the web and $V_{f,Rd}$ of the flanges.

in which $V_{w,Rd}$ includes partial tension field action in the web according to (4) and $V_{f,Rd}$ is an increase of the tension field caused by local bending resistance of the flanges according to (10).

(4) The contribution from the web to the design resistance for shear should be taken as:

where ρ_v is the factor for shear buckling obtained from Table 6.13 or Figure 6.28.

(5) Коефіцієнт гнучкості λ_w дорівнює:

$$\lambda_w = \frac{0,81 b_w}{\sqrt{k_\tau} t_w} \sqrt{\frac{f_o}{E}}, \quad (6.126)$$

в якому k_τ – мінімальний коефіцієнт запасу за зсувною стійкістю для панелі стінки. Якщо полиці та поперечні елементи жорсткості достатньо жорсткі, можна вважати, що мають місце граничні умови жорсткого защемлення, див. 6.7.8.3. Тоді панель стінки – це панель між двома сусідніми поперечними ребрами жорсткості.

(6) При розрахунку значення k_τ момент інерції перерізу поздовжнього ребра жорсткості слід зменшити до 1/3 від його фактичної величини. Формули для k_τ з урахуванням цієї вимоги даються у (7) і (8).

(7) Для пластин із жорсткими поперечними елементами жорсткості, але без поздовжніх елементів жорсткості або з більш ніж двома такими елементами, коефіцієнт запасу за зсувною стійкістю k_τ з (5) має вигляд:

$$k_\tau = 5,34 + 4,00(b_w / a)^2 + k_{\tau st}, \text{ якщо (but) } a / b_w \geq 1, \quad (6.127)$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34(b_w / a)^2 + k_{\tau st}, \text{ якщо (but) } a / b_w \leq 1, \quad (6.128)$$

де:

$$k_{\tau st} = 9 \left(\frac{b_w}{a} \right)^2 \left(\frac{I_{st}}{t_w^3 b_w} \right)^{\frac{3}{4}}, \text{ але не менше, ніж (but not less than) } \frac{2,1}{t_w} \left(\frac{I_{st}}{b_w} \right)^{\frac{1}{3}}; \quad (6.129)$$

a – відстань між поперечними елементами жорсткості. Див. рисунок 6.29;

I_{st} – момент інерції перерізу поздовжнього елемента жорсткості відносно осі z , див. рисунок 6.29(b). Для стінок балок із двома однаковими елементами жорсткості або більшою їх кількістю, не обов'язково розташованих на рівних відстанях, значення I_{st} є сумою значень для окремих елементів жорсткості.

(8) Вираз (6.129) також застосовується до пластин з одним або двома поздовжніми елементами жорсткості, якщо співвідношення розмірів $a / b_w \geq 3$. Для листів із одним або двома поздовжніми елементами жорсткості при співвідношенні розмірів

(5) The slenderness parameter λ_w is

in which k_τ is the minimum shear buckling coefficient for the web panel. Rigid boundaries may be assumed if flanges and transverse stiffeners are rigid, see 6.7.8.3. The web panel is then the panel between two adjacent transverse stiffeners.

(6) The second moment of area of the longitudinal stiffeners should be reduced to 1/3 of their actual value when calculating k_τ . Formulae for k_τ taking this into account are given in (7) and (8).

(7) For plates with rigid transverse stiffeners and without longitudinal stiffeners or more than two longitudinal stiffeners, the shear buckling coefficient k_τ in (5) is:

where:

a is the distance between transverse stiffeners. See Figure 6.29.

I_{st} is the second moment of area of the longitudinal stiffener with regard to the z -axis. See Figure 6.29(b). For webs with two or more equal stiffeners, not necessarily equally spaced, I_{st} is the sum of the stiffness for the individual stiffeners.

(8) The expression (6.129) also applies to plates with one or two longitudinal stiffeners, if the aspect ratio $a / b_w \geq 3$. For plates with one or two longitudinal stiffeners and an aspect ratio $a / b_w < 3$ the shear buckling

$a/b_w < 3$ коефіцієнт запасу за зсувною стійкістю слід приймати рівним:

coefficient should be taken from:

$$k_\tau = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 I_{st} / (t_w^3 b_w)}{a^2} + 2,2 \left(\frac{I_{st}}{t_w^3 b_w} \right)^{\frac{1}{3}} . \quad (6.129a)$$

(9) Для стінок балки з поздовжніми елементами жорсткості коефіцієнт гнучкості λ_w необхідно приймати не меншим, ніж

(9) For webs with longitudinal stiffeners the relative slenderness parameter λ_w should be taken not less than

$$\lambda_w = \frac{0,81 b_{w1}}{\sqrt{k_{\tau 1}} t_w} \sqrt{\frac{f_o}{E}} , \quad (6.130)$$

де $k_{\tau 1}$ і b_{w1} відносяться до панелі з найбільшим коефіцієнтом гнучкості λ_w серед усіх панелей даної стінки. Для обчислення значення $k_{\tau 1}$ можна використовувати вираз із 6.7.4.2(7) при $k_{\tau st} = 0$.

where $k_{\tau 1}$ and b_{w1} refers to the sub-panel with the largest slenderness parameter λ_w of all subpanels within the webpanel under consideration. To calculate $k_{\tau 1}$ the expression in 6.7.4.2(7) may be used with $k_{\tau st} = 0$.

(10) Якщо опір полиць балки вичерпується не повністю при опорі згинальному моменту ($M_{Ed} < M_{f,Rd}$, крива (1) на рисунку 6.32), то до опору зсувній втраті стійкості можна включити опір зсуву $V_{f,Rd}$ від полиць:

(10) If the flange resistance is not completely utilized in withstanding the bending moment ($M_{Ed} < M_{f,Rd}$, curve (1) in Figure 6.32) the shear resistance contribution $V_{f,Rd}$ from the flanges may be included in the shear buckling resistance as follows:

$$V_{f,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{of}}{c \gamma_{M1}} \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) , \quad (6.131)$$

де b_f і t_f – беруться для полиці балки, яка дає найнижчий опір;

in which b_f and t_f are taken for the flange leading to the lowest resistance,

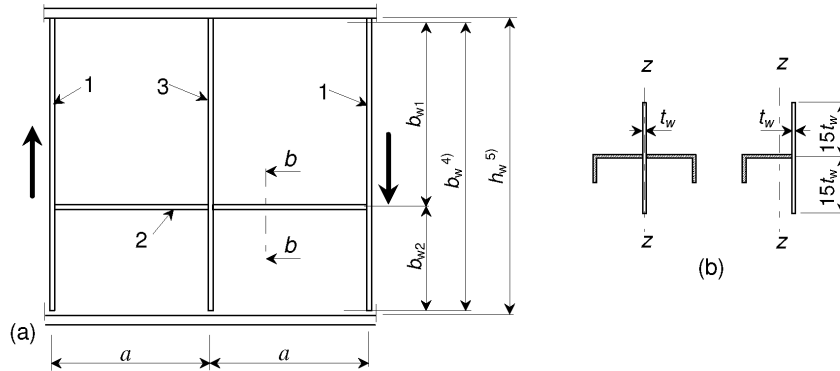
b_f – приймається не більшим за $15t_f$ по кожній стороні стінки балки;

b_f being taken as not larger than $15t_f$ on each side of the web

$M_{f,Rd}$ – розрахунковий момент опору поперечного перерізу з урахуванням тільки розрахункового опору полиць балок.

$M_{f,Rd}$ is the design moment resistance of the cross section considering of the effective flanges only

$$\tilde{n} = a \left(0,08 + \frac{4,4 b_f t_f^2 f_{of}}{t_w b_w^2 f_{ow}} \right) \quad (6.131a)$$



1 – жорсткий поперечний елемент жорсткості; 2 – поздовжній елемент жорсткості; 3 – нежорсткий поперечний елемент жорсткості; 4 – відстань між галтелями; 5 – відстань між полицями балок

1 Rigid transverse stiffener, 2 Longitudinal stiffener, 3 Non-rigid transverse stiffener, 4) Distance between fillets, 5) between flanges

Рисунок 6.29 Стінка балки з поперечними і подовжніми елементами жорсткості
Figure 6.29 Web with transverse and longitudinal stiffeners

(11) За наявності осьового зусилля N_{Ed} величину $M_{f,Rd}$ необхідно зменшити з коефіцієнтом

(11) If an axial force N_{Ed} is present, the value of $M_{f,Rd}$ should be reduced by a factor

$$\left(1 - \frac{N_{Ed}}{(A_{f1} + A_{f2}) f_{of} / \gamma_{M1}} \right), \tag{6.132}$$

де A_{f1} і A_{f2} є площами верхньої та нижньої полиць.

where A_{f1} and A_{f2} are the areas of the top and bottom flanges.

Якщо $M_{Ed} \geq M_{f,Rd}$, то $V_{f,Rd} = 0$. Подальший розгляд див. у 6.7.6.

If $M_{Ed} \geq M_{f,Rd}$ then $V_{f,Rd} = 0$. For further interaction, see 6.7.6.

6.7.5 Опір поперечним навантаженням

6.7.5 Resistance to transverse loads

6.7.5.1 Основні положення

6.7.5.1 Basis

(1) Опір стінок штампованих балок і зварних ригелів поперечним силам, прикладеним до полиць, можна визначати за наступними рекомендаціями за умови, що полиці балок утримуються від зміщень у поперечному напрямі або завдяки своїй власній жорсткості, або за допомогою розкріплення.

(1) The resistance of the web of extruded beams and welded girders to transverse forces applied through a flange may be determined from the following rules, provided that the flanges are restrained in the lateral direction either by their own stiffness or by bracings.

(2) Навантаження може прикладатися будь-яким із нижченаведених способів:

(2) A load can be applied as follows:

- a) навантаження прикладене через одну полицю балки і сприймається зсувними зусиллями у стінці балки, див. рисунок 6.30(a);
- b) навантаження прикладене до однієї

- a) Load applied through one flange and resisted by shear forces in the web. See Figure 6.30(a).
- b) Load applied to one flange and transferred

полиці балки і передається через стінку балки на іншу полицю, див. рисунок 6.30(b);

с) навантаження прикладене через одну полицю балки у безпосередній близькості до непідсиленого кінця, див. рисунок 6.30(c).

(3) Для балок коробчастого перерізу з похилими стінками необхідно перевіряти опір як стінок, так і полиць. Внутрішні зусилля, які необхідно брати до уваги, відповідають компонентам зовнішнього навантаження відповідно у площинах стінки та полиці балки.

(4)Р Опір стінки балки поперечним зусиллям, прикладеним через полиці, перевіряється таким чином:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0, \quad (6.133)$$

де:

F_{Ed} – розрахункове поперечне зусилля;

F_{Rd} – розрахунковий опір поперечному зусиллю, див. 6.7.5.2;

(5) При сумісній дії поперечної сили, згинального моменту та осьового зусилля слід застосувати методику 6.7.6.2.

6.7.5.2 Розрахунковий опір

(1) Для непідсилених і підсилених стінок балок розрахунковий опір F_{Rd} втраті стійкості при поперечних навантаженнях слід приймати рівним:

$$F_{Rd} = L_{eff} t_w f_{ow} / \gamma_{M1}, \quad (6.134)$$

де:

f_{ow} – характеристичне значення міцності матеріалу стінки балки;

L_{eff} – розрахункова довжина для опору поперечним навантаженням, яку слід визначати таким чином:

$$L_{eff} = \chi_F l_y, \quad (6.135)$$

де:

through the web to the other flange, see Figure 6.30(b)

c) Load applied through one flange close to an un-stiffened end, see Figure 6.30(c).

(3) For box girders with inclined webs the resistance of both the web and flange should be checked. The internal forces to be taken into account are the components of the external load in the plane of the web and flange respectively.

(4)P The resistance of the web to transverse forces applied through a flange shall be verified as follows:

where:

F_{Ed} is the design transverse force;

F_{Rd} is the design resistance to transverse forces, see 6.7.5.2;

(5) The interaction of the transverse force, bending moment and axial force should be verified using 6.7.6.2.

6.7.5.2 Design resistance

(1) For un-stiffened or stiffened webs the design resistance F_{Rd} to local buckling under transverse loads should be taken as

where:

f_{ow} is the characteristic value of strength of the web material.

L_{eff} is the effective length for resistance to transverse loads, which should be determined from

where:

l_y – розрахункова навантажена довжина, див. 6.7.5.5, відповідає довжині жорстких обпирань s_s – див. 6.7.5.3;

χ_F – коефіцієнт запасу, що враховує можливість локальної втрати стійкості, див. 6.7.5.4.

l_y is the effective loaded length, see 6.7.5.5, appropriate to the length of stiff bearings s_s , see 6.7.5.3

χ_F is the reduction factor due to local buckling, see 6.7.5.4.

6.7.5.3 Довжина жорсткого обпирання

6.7.5.3 Length of stiff bearing

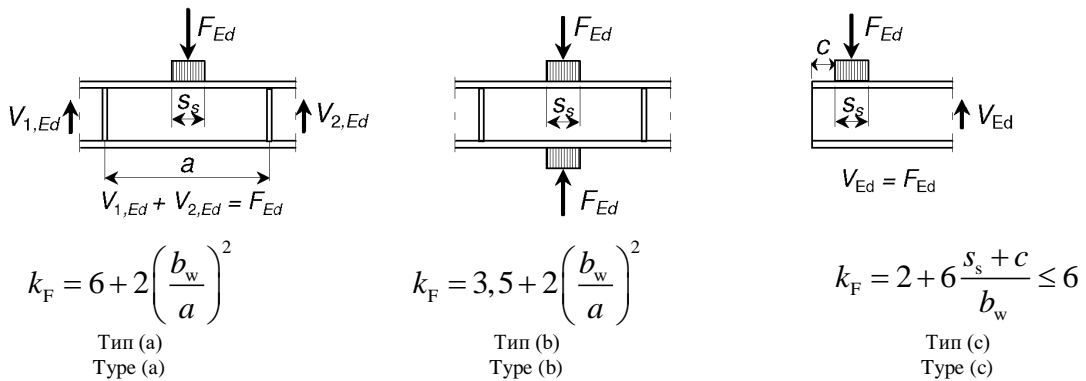


Рисунок 6.30 Прикладені навантаження і коефіцієнти запасу стійкості
Figure 6.30 Load applications and buckling coefficients

(1) Довжина жорсткого обпирання s_s на полицю балки є відстанню, по якій прикладене навантаження вважається фактично розподіленим. Її можна визначити як інтервал між лініями, проведеними під кутом 45° від точки і напрямку прикладення зосередженого навантаження, див. рисунок 6.31. Проте значення s_s не слід брати більше ніж b_w .

(1) The length of stiff bearing, s_s , on the flange is the distance over which the applied load is effectively distributed and it may be determined by dispersion of load through solid material at a slope of 1:1, see Figure 6.31. However, s_s should not be taken as larger than b_w .

(2) Якщо декілька зосереджених навантажень розташовані поряд (s_s для окремих навантажень $>$ відстані між навантаженнями), то показники опору повинні перевірятися для кожного окремо взятого навантаження, а також для сукупного навантаження з відстанню s_s , узятою як відстань між центрами крайніх навантажень.

(2) If several concentrated loads are closely spaced (s_s for individual loads $>$ distance between loads), the resistance should be checked for each individual load as well as for the total load with s_s as the centre-to-centre distance between the outer loads.

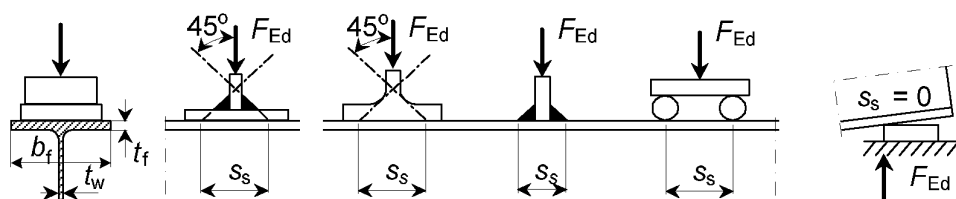


Рисунок 6.31 Довжина жорсткого обпирання

Figure 6.31 Length of stiff bearing

6.7.5.4 Коефіцієнт запасу χ_F за несучою здатністю

(1) Коефіцієнт запасу χ_F за несучою здатністю обчислюється за формулою:

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_F}, \text{ але не більше ніж (but not more than) } 1,0, \quad (6.136)$$

де:

$$\lambda_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{ow}}{F_{cr}}}; \quad (6.137)$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w; \quad (6.138)$$

l_y – розрахункова завантажена довжина, отримана за методикою 6.7.5.5.

6.7.5.4 Reduction factor χ_F for resistance

(1) The reduction factor χ_F for resistance should be obtained from:

where:

l_y is effective loaded length obtained from 6.7.5.5.

(2) Для стінок без поздовжніх елементів жорсткості коефіцієнт k_F потрібно брати з рисунка 6.30.

(2) For webs without longitudinal stiffeners the factor k_F should be obtained from Figure 6.30.

(3) Для стінок балок із поздовжніми елементами жорсткості значення k_F приймається у вигляді:

(3) For webs with longitudinal stiffeners k_F should be taken as

$$k_F = 6 + 2(h_w / a)^2 + (5,44 b_1 / a - 0,21) \sqrt{\gamma_s}, \quad (6.139)$$

де:

b_1 – товщина завантаженої панелі, прийнята як габаритна відстань між навантаженою полицею балки і елементом жорсткості;

where:

b_1 is the depth of the loaded sub-panel taken as the clear distance between the loaded flange and the stiffener

$$\gamma_s = 10,9 I_{sl} / (h_w t_w^3) \leq 13(a / h_w)^3 + 210(0,3 - b_1 / h_w), \quad (6.140)$$

де I_{sl} – момент інерції (відносно осі z-z) перерізу елемента жорсткості, найближчого до навантаженої полиці балки, включаючи додаткові робочі частини стінки згідно з рисунком 6.29. Рівняння (6.140) має силу для $0,05 \leq b_1 / h_w \leq 0,3$ та навантаження типу (a) на рисунку 6.30.

where I_{sl} is the second moment of area (about z-z axis) of the stiffener closest to the loaded flange including contributing parts of the web according to Figure 6.29. Equation (6.140) is valid for $0,05 \leq b_1 / h_w \leq 0,3$ and loading according to type (a) in Figure 6.30.

6.7.5.5 Розрахункова навантажена довжина

6.7.5.5 Effective loaded length

(1) Розрахункова навантажена довжина

l_y повинна обчислюватися з використанням двох безрозмірних параметрів m_1 та m_2 , отриманих за формулами:

$$m_1 = \frac{f_{of} b_f}{f_{ow} t_w} ; \quad (6.141)$$

$$m_2 = 0,02 \left(\frac{h_w}{t_f} \right)^2, \text{ якщо (if) } \lambda_F > 0,5, \text{ інакше (otherwise) } m_2 = 0, \quad (6.142)$$

де b_f є шириною полиці балки, див. рисунок 6.31. Для балок коробчастого перерізу значення b_f у виразі (6.141) обмежене значенням $15t_f$ на кожній стороні стінки балки.

(1) The effective loaded length l_y should be calculated using the two dimensionless parameters m_1 and m_2 obtained from

where b_f is the flange width, see Figure 6.31. For box girders, b_f in expression (6.141) is limited to $15t_f$ on each side of the web.

(2) Для випадків (а) і (б) на рисунку 6.30 значення l_y слід обчислювати як

(2) For cases (a) and (b) in Figure 6.30, l_y should be obtained using:

$$l_y = s_s + 2t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right), \text{ проте (but) } l_y \leq \text{відстані між сусідніми поперечними елементами жорсткості (distance between adjacent transverse stiffeners)} \quad (6.143)$$

(3) Для випадку (с) на рисунку 6.30 значення l_y слід брати як меншу з величин, отриманих із рівнянь (6.143), (6.144) і (6.145). Проте значення s_s у формулі (6.143) слід прийняти рівним нулю, якщо конструкція, яка передає силу, не відповідає кутові нахилу балки, див. рисунок 6.31.

(3) For case (c) in Figure 6.30, l_y should be obtained as the smaller of the values obtained from the equations (6.143), (6.144) and (6.145). However, s_s in (6.143) should be taken as zero if the structure that introduces the force does not follow the slope of the girder, see Figure 6.31.

$$l_y = l_e + t_f \sqrt{\frac{m_1}{2} + \left(\frac{l_e}{t_f} \right)^2 + m_2} ; \quad (6.144)$$

$$l_y = l_e + t_f \sqrt{m_1 + m_2} ; \quad (6.145)$$

$$l_e = \frac{k_F E t_w^2}{2 f_{ow} h_w} \leq s_s + c. \quad (6.146)$$

6.7.6 Сумісна дія навантажень

6.7.6.1 Сумісна дія сили зсуву, згинального моменту та осевого зусилля

(1) За умови, що полиці балки можуть повністю прийняти на себе розрахунковий згинальний момент і осеву силу в елементі, немає потреби знижувати розрахунковий опір силі зсуву для врахування згинального моменту і осевої сили, за винятком випадку 6.7.4.2(10).

(2) Якщо $M_{Ed} > M_{f,Rd}$, то необхідно задовольнити наступні два критерії (відповідно до кривих (2) і (3) на рисунку 6.32)

$$\frac{M_{Ed} + M_{f,Rd}}{2M_{pl,Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{w,Rd}} \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}} \right) \leq 1,00; \tag{6.147}$$

$$M_{Ed} > M_{c,Rd},$$

де:

$M_{c,Rd}$ – розрахунковий згинальний моментний опір згідно з 6.7.2(4);

$M_{f,Rd}$ – розрахунковий згинальний моментний опір тільки полиць балки, див. 6.7.5(9);

$M_{pl,Rd}$ – розрахунковий пластичний момент при згині.

(3) Якщо прикладено осеве зусилля N_{Ed} , то $M_{pl,Rd}$ слід замінити на приведений пластичний момент опору $M_{N,Rd}$, що обчислюється за формулою:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{(A_{f1} + A_{f2}) f_0 / \gamma_{M1}} \right)^2 \right], \tag{6.148}$$

де A_{f1} , A_{f2} – площі полиць балки.

6.7.6 Interaction

6.7.6.1 Interaction between shear force, bending moment and axial force

(1) Provided that the flanges can resist the whole of the design value of the bending moment and axial force in the member, the design shear resistance of the web need not be reduced to allow for the moment and axial force in the member, except as given in 6.7.4.2(10).

(2) If $M_{Ed} > M_{f,Rd}$ the following two expressions (corresponding to curve (2) and (3) in Figure 6.32) should be satisfied:

where:

$M_{c,Rd}$ is the design bending moment resistance according to 6.7.2(4).

$M_{f,Rd}$ is the design bending moment resistance of the flanges only, see 6.7.5(9).

$M_{pl,Rd}$ is the plastic design bending moment resistance

(3) If an axial force N_{Ed} is also applied, then $M_{pl,Rd}$ should be replaced by the reduced plastic moment resistance $M_{N,Rd}$ given by

where A_{f1} , A_{f2} are the areas of the flanges.

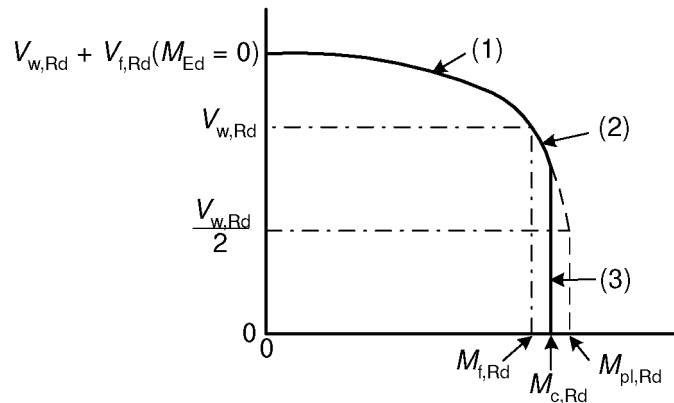


Рисунок 6.32 Область несучої здатності при сумісній дії сили зсуву і згинального моменту
Figure 6.32 Interaction of shear force resistance and bending moment resistance

6.7.6.2 Сумісна дія поперечної зосередженої сили, згинального моменту та осової сили

6.7.6.2 Interaction between transverse force, bending moment and axial force

(1) Якщо балка зазнає впливу зосередженої сили, прикладеної до стиснутої полиці разом зі згинальним моментом та осовою силою, то несучу здатність слід перевіряти за методиками 6.2.9, 6.7.5.1 і наступним критерієм:

(1) If the girder is subjected to a concentrated force acting on the compression flange in conjunction with bending moment and axial force, the resistance should be verified using 6.2.9, 6.7.5.1 and the following interaction expression

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} + 0,8 \left(\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right) \leq 1,4, \tag{6.149}$$

де:

$M_{c,Rd}$ – розрахунковий граничний згинальний момент згідно з 6.7.2(4);

$N_{c,Rd}$ – розрахункова гранична осова сила, див. 6.3.1.1.

where:

$M_{c,Rd}$ is the design bending moment resistance according to 6.7.2(4).

$N_{c,Rd}$ is the design axial force resistance, see 6.3.1.1.

(2) Якщо зосереджена сила діє на розтягнуту полицю балки, то необхідно перевірити несучу здатність згідно з 6.7.5, а також додатково 6.2.1(5).

(2) If the concentrated force is acting on the tension flange the resistance according to 6.7.5 should be verified and in addition also 6.2.1(5)

6.7.7 Втрата стійкості під навантаженням на полиці

6.7.7 Flange induced buckling

(1) Для запобігання можливості втрати стійкості стиснутої полиці у площині стінки балки, відношення b_w/t_w для стінки повинне задовольняти наступний критерій:

(1) To prevent the possibility of the compression flange buckling in the plane of the web, the ratio b_w/t_w of the web should satisfy the following expression

$$\frac{b_w}{t_w} \leq \frac{kE}{f_{of}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc}}}, \tag{6.150}$$

де:

A_w – площа поперечного перерізу стінки балки;

A_{fc} – площа поперечного перерізу стиснутої полиці балки.

Значення коефіцієнта k слід вибирати таким чином:

– для використання обмеження на кут пластичного повороту перерізу $k = 0,3$

– для використання обмеження на пружний момент опору $k = 0,4$

– для використання обмеження на пластичний момент опору $k = 0,55$

(2) Якщо балка має прогин у площині стінки, причому стиснута полиця знаходиться на увігнутій стороні, то відношення b_w/t_w для стінки балки повинне задовольняти наступний критерій:

$$\frac{b_w}{t_w} \leq \frac{kE}{f_{of}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc}}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{b_w E}{3r f_{of}}}} \quad (6.151)$$

У цій формулі r – радіус кривини стиснутої полиці балки.

(3) Якщо на стінці балки встановлені поперечні елементи жорсткості, то граничну величину b_w/t_w можна збільшити, помноживши на коефіцієнт $1 + (b_w/a)^2$.

6.7.8 Елементи жорсткості стінки балки

6.7.8.1 Жорстка кінцева стійка

(1) Жорстка кінцева стійка (див. рисунок 6.27) повинна працювати як несучий елемент жорсткості, що сприймає реакції від опор балки, а також, на зразок короткої балки-стінки, поздовжнє мембранне напруження у площині стінки балки.

(2) Жорстка кінцева стійка може складатися з одного елемента жорсткості біля

where:

A_w is the cross section area of the web

A_{fc} is the cross section area of the compression flange

The value of the factor k should be taken as follows:

– plastic rotation utilized $k = 0,3$

– plastic moment resistance utilized $k = 0,4$

– plastic moment resistance utilized $k = 0,55$

(2) If the girder is curved in elevation, with the compression flange on the concave face, the ratio b_w/t_w for the web should satisfy the following criterion:

in which r is the radius of curvature of the compression flange.

(3) If the girder is provided with transverse web stiffeners, the limiting value of b_w/t_w may be increased by the factor $1 + (b_w/a)^2$.

6.7.8 Web stiffeners

6.7.8.1 Rigid end post

(1) The rigid end post (see Figure 6.27) should act as a bearing stiffener resisting the reaction from bearings at the girder support, and as a short beam resisting the longitudinal membrane stresses in the plane of the web.

(2) A rigid end post may comprise of one stiffener at the girder end and one double-

кінця балки і одного двостороннього поперечного ребра жорсткості, які разом утворюють полиці короткої балки довжини h_f , див. рисунок 6.27(b). Фрагмент пластики стінки балки між елементами жорсткості утворює стінку короткої балки-стінки. В інших випадках кінцева стійка може мати вигляд вставки, приєднаної до кінця стінки балки паралельно її поперечному перерізу.

(3) Двосторонній поперечний елемент жорсткості може працювати як опорна стійка, сприймаючи реакції на опорі балки (див. 6.2.11).

(4) Елемент жорсткості на кінці балки повинен мати площу поперечного перерізу щонайменше $4h_f t_w^2 / e$, де e – відстань між центрами елементів жорсткості, $e > 0,1h_f$, див. рисунок 6.27(b).

(5) Якщо кінцева жорстка стійка – це єдиний засіб, який забезпечує опір крученню на кінці балки, то момент інерції перерізу стійки відносно центральної лінії стінки балки (I_{ep}) повинен задовольняти умову:

$$I_{ep} \geq b_w^3 t_f R_{Ed} / (250W_{Ed}), \quad (6.152)$$

де:

t_f – максимальна величина товщини полиці уздовж балки;

R_{Ed} – реакція на кінці балки при розрахунковому навантаженні;

W_{Ed} – повне розрахункове навантаження, що діє на сусідній прогін.

6.7.8.2 Нежорстка кінцева стійка і болтове з'єднання

(1) Нежорстка кінцева стійка може мати вигляд одиночного двостороннього елемента жорсткості, як це показано на рисунку 6.27(c). Вона може працювати як несучий елемент жорсткості, що сприймає реакцію у опорі балки (див. 6.2.11).

(2) Міцність на зріз для болтових з'єд-

sided transverse stiffener that together form the flanges of a short beam of length h_f , see Figure 6.27(b). The strip of web plate between the stiffeners forms the web of the short beam. Alternatively, an end post may be in the form of an inserted section, connected to the end of the web plate.

(3) The double-sided transverse stiffener may act as a bearing stiffener resisting the reaction at the girder support (see 6.2.11).

(4) The stiffener at the girder end should have a cross-sectional area of at least $4h_f t_w^2 / e$ where e is the centre to centre distance between the stiffeners and $e > 0,1h_f$ see Figure 6.27(b).

(5) If an end post is the only means of providing resistance against twist at the end of a girder, the second moment of area of the end-post section about the centre-line of the web (I_{ep}) should satisfy:

where:

t_f is the maximum value of flange thickness along the girder

R_{Ed} is the reaction at the end of the girder under design loading

W_{Ed} is the total design loading on the adjacent span.

6.7.8.2 Non-rigid end post and bolted connection

(1) A non-rigid end post may be a single double-sided stiffener as shown in Figure 6.27(c). It may act as a bearing stiffener resisting the reaction at the girder support (see 6.2.11).

(2) The shear force resistance for a bolted

нань, як показано на рисунку 6.27(с), можна приймати такою ж як для балки з нежорсткою кінцевою стійкою за умови, що відстань між болтами складає $p < 40t_w$.

6.7.8.3 Проміжні поперечні елементи жорсткості

(1) Проміжні елементи жорсткості, які працюють як жорсткі опори внутрішніх панелей стінки балки, необхідно перевіряти на міцність і жорсткість.

(2) Інші проміжні поперечні елементи жорсткості можуть вважатися гнучкими, а їх жорсткісні характеристики розглянуті при розрахунку значення k_τ у 6.7.4.2.

(3) Проміжні поперечні елементи жорсткості, які працюють як жорсткі опори для панелей стінки, повинні мати мінімальний момент інерції I_{st} :

$$\text{якщо (but) } a/h_w < \sqrt{2} : I_{st} \geq 1,5h_w^3 t_w^3 / a^2, \quad (6.153)$$

$$\text{якщо (but) } a/h_w \geq \sqrt{2} : I_{st} \geq 0,75h_w t_w^3. \quad (6.154)$$

Міцність проміжних поперечних елементів жорсткості необхідно перевірити на дію осевого зусилля $V_{Ed} = \rho_v b_w f_v / \gamma_{M1}$, де ρ_v розраховується для панелі стінки балки між сусідніми поперечними елементами жорсткості, вважаючи видаленим елемент жорсткості, який розглядається. За наявності змінних перерізувальних зусиль перевірка на зсув виконується на відстані $0,5h_w$ від краю панелі з найбільшою перерізувальною силою.

6.7.8.4 Поздовжні елементи жорсткості

(1) Поздовжні елементи жорсткості можуть бути як пружними, так і жорсткими. У обох випадках їх жорсткість повинна братися до уваги при визначенні коефіцієнта гнучкості λ_w в 6.7.4.2(5).

(2) Якщо для величини λ_w основним внеском є панель, то елемент жорсткості може розглядатися як жорсткий.

connection as shown in Figure 6.27(c) may be assumed to be the same as for a girder with a non-rigid end post provided that the distance between bolts is $p < 40t_w$.

6.7.8.3 Intermediate transverse stiffeners

(1) Intermediate stiffeners that act as rigid supports of interior panels of the web should be checked for strength and stiffness.

(2) Other intermediate transverse stiffeners may be considered flexible, their stiffness being considered in the calculation of k_τ in 6.7.4.2.

(3) Intermediate transverse stiffeners acting as rigid supports for web panels should have a minimum second moment of area I_{st} :

The strength of intermediate rigid stiffeners should be checked for an axial force equal to $V_{Ed} = \rho_v b_w f_v / \gamma_{M1}$ where ρ_v is calculated for the web panel between adjacent transverse stiffeners assuming the stiffener under consideration removed. In the case of variable shear forces the check is performed for the shear force at distance $0,5h_w$ from the edge of the panel with the largest shear force.

6.7.8.4 Longitudinal stiffeners

(1) Longitudinal stiffeners may be either rigid or flexible. In both cases their stiffness should be taken into account when determining the relative slenderness λ_w in 6.7.4.2(5).

(2) If the value of λ_w is governed by the sub-panel then the stiffener may be considered as rigid.

(3) Якщо елементи жорсткості мають сприймати нормальні напруження, то необхідно виконувати перевірку на їх дію.

(3) The strength should be checked for direct stresses if the stiffeners are taken into account for resisting direct stress.

6.7.8.5 Зварні шви

6.7.8.5 Welds

(1) Зварні шви між стінками та полицями балки можна розраховувати на номінальний потік дотичних напружень V_{Ed}/h_w , якщо V_{Ed} не перевищує $\rho_v b_w t_w f_o / (\sqrt{3}\gamma_{M1})$. Для більших значень шви між полицями і стінками балки повинні розраховуватися на потік дотичних напружень $\eta t_w f_o / (\sqrt{3}\gamma_{M1})$, якщо напружений стан не розраховується за більш точною моделлю.

(1) The web to flange welds may be designed for the nominal shear flow V_{Ed}/h_w if V_{Ed} does not exceed $\rho_v b_w t_w f_o / (\sqrt{3}\gamma_{M1})$. For larger values the weld between flanges and webs should be designed for the shear flow $\eta t_w f_o / (\sqrt{3}\gamma_{M1})$ unless the state of stress is investigated in detail.

6.8 ЕЛЕМЕНТИ З ГОФРОВАНИМИ СТІНКАМИ

6.8 MEMBERS WITH CORRUGATED WEBS

(1) Для складених тонкостінних балок із трапецієподібними гофрованими стінками, див. рисунок 6.33, опір згинальному моменту визначається у 6.8.1, а опір перерізувальній силі – у 6.8.2.

(1) For plate girders with trapezoidal corrugated webs, see Figure 6.33, the bending moment resistance is given in 6.8.1 and the shear force resistance in 6.8.2.

ПРИМІТКА 1. Не передбачено ніяких нормативних вимог щодо вирізів у гофрованих стінках балок.

NOTE 1. Cut outs are not included in the rules for corrugated webs.

ПРИМІТКА 2. Для поперечних навантажень можна скористатися методикою 6.7.7, яка працює в запас.

NOTE 2. For transverse loads the rules in 6.7.7 can be used as a conservative estimate.

6.8.1 Опір згинальному моменту

6.8.1 Bending moment resistance

(1) Опір згинальному моменту визначається формулою:

(1) The bending moment resistance may be derived from:

$$M_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_2 t_2 h_f f_{o,r} / \gamma_{M1} \\ b_1 t_1 h_f f_{o,r} / \gamma_{M1} \\ b_1 t_1 h_f \chi_{LT} f_{o,r} / \gamma_{M1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{полиця у стані розтягу (tension flange)} \\ \text{полиця у стані стиску (compression flange)} \\ \text{полиця у стані стиску (compression flange)} \end{array} \quad (6.155)$$

де $f_{o,r} = \rho_z f_o$ містить коефіцієнт запасу для урахування поперечних моментів у полицях

where $f_{o,r} = \rho_z f_o$ includes the reduction due to transverse moments in the flanges

$$\rho_z = 1 - 0,4 \sqrt{\frac{\sigma_x(M_z)}{f_o / \gamma_{M1}}}, \quad (6.156)$$

M_z – поперечний згинальний момент у полиці балки;

χ_{LT} – коефіцієнт запасу за поперечно-крутильною стійкістю згідно з 6.3.2.

ПРИМІТКА. Поперечний момент M_z може з'явитися в результаті введення потоку дотичних напружень у полицях балки, як показано на рисунку 6.33(d).

M_z is the transverse bending moment in the flange

χ_{LT} is the reduction factor for lateral torsional buckling according to 6.3.2.

NOTE. The transverse moment M_z may result from the shear flow introduction in the flanges as indicated in Figure 6.33(d).

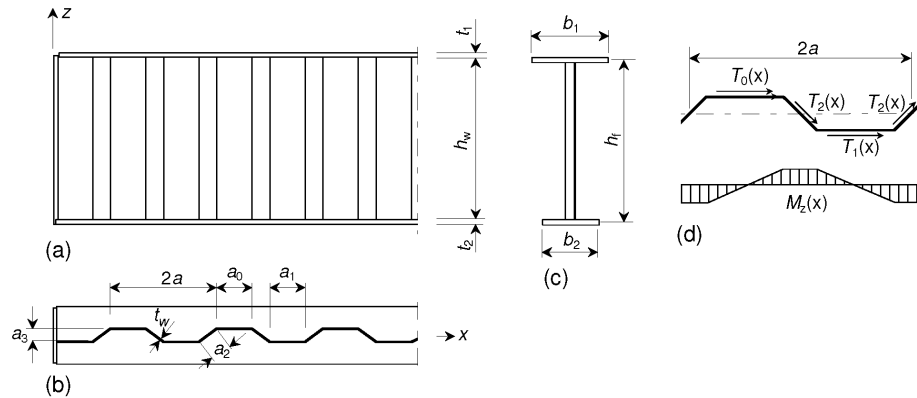


Рисунок 6.33 Гофрована стінка балки
Figure 6.33 Corrugated web

6.8.2 Опір перерізувальній силі

(1) Опір перерізувальній силі V_{Rd} визначається за формулою:

$$V_{Rd} = \rho_c t_w h_w \frac{f_o}{\sqrt{3\gamma_{M1}}}, \quad (6.157)$$

де ρ_c є найменшим з коефіцієнтів стійкості: $\rho_{c,1}$ для локальної форми, $\rho_{c,g}$ для глобальної, та коефіцієнта поправки на знеміцнення у пришовній зоні $\rho_{o,haz}$:

(2) Коефіцієнт місцевої стійкості $\rho_{c,1}$ обчислюється за формулою:

$$\rho_{c,1} = \frac{1,15}{0,9 + \lambda_{c,1}} \leq 1,0, \quad (6.158)$$

де коефіцієнт гнучкості $\lambda_{c,1}$ для трапецієподібних гофрованих стінок балки обчислюється за формулою:

$$\lambda_{c,1} = 0,35 \frac{a_{max}}{t_w} \sqrt{\frac{f_o}{E}}, \quad (6.159)$$

тут a_{max} – максимальна ширина гофрованих пластин стінки балки, a_0 , a_1 або a_2 , див. рисунок 6.33.

6.8.2 Shear force resistance

(1) The shear force resistance V_{Rd} may be taken as

where ρ_c is the smallest of the reduction factors for local buckling $\rho_{c,1}$, reduction factor for global buckling $\rho_{c,g}$ and HAZ softening factor $\rho_{o,haz}$:

(2) The reduction factor $\rho_{c,1}$ for local buckling may be calculated from:

where the relative slenderness $\lambda_{c,1}$ for trapezoidal corrugated webs may be taken as

with a_{max} as the greatest width of the corrugated web plate panels, a_0 , a_1 or a_2 , see Figure 6.33.

(3) Коефіцієнт глобальної стійкості $\rho_{c,g}$ слід брати у вигляді:

$$\rho_{c,g} = \frac{1,5}{0,5 + \lambda_{c,g}^2} \leq 1,0, \quad (6.160)$$

де гнучкість $\lambda_{c,g}$ можна прийняти рівною

$$\lambda_{c,g} = \sqrt{\frac{f_o}{\sqrt{3}\tau_{cr,g}}}, \quad (6.161)$$

тут значення $\tau_{cr,g}$ обчислюється за виразом:

$$\tau_{cr,g} = \frac{32,4}{t_w h_w^2} \sqrt[4]{B_x B_z^3}, \quad (6.162)$$

де:

$$B_x = \frac{2a}{a_o + a_1 + 2a_2} \frac{Et_w^3}{10,9};$$

$$B_z = \frac{EI_x}{2a};$$

$2a$ – довжина гофрів, див. рисунок 6.33;
 a_o, a_1 і a_2 – ширини складчастих пластин стінок, див. рисунок 6.33;
 I_x – момент інерції перерізу одного рифлення довжини $2a$, див. рисунок 6.33.

ПРИМІТКА. Рівняння (6.162) відноситься до пластин із шарнірним обпиранням.

(4) Коефіцієнт запасу $\rho_{o,haz}$ для пришовних зон наведено у 6.1.6.

(3) The reduction factor $\rho_{c,g}$ for global buckling should be taken as

where the relative slenderness $\lambda_{c,g}$ may be taken as

where the value $\tau_{cr,g}$ may be taken from:

where:

$2a$ is length of corrugation, see Figure 6.33
 a_o, a_1 and a_2 are widths of folded web panels, see Figure 6.33
 I_x is second moment of area of one corrugation of length $2a$, see Figure 6.33.

NOTE. Equation (6.162) applies to plates with hinged edges.

(4) The reduction factor $\rho_{o,haz}$ in HAZ is given in 6.1.6.

7 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА ВТРАТОЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

7.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

(1)Р Конструкції з алюмінію мають проектуватися і розраховуватися із дотриманням усіх відповідних критеріїв щодо її працездатності.

(2) Основні вимоги щодо граничних станів за втратою працездатності наведені у 3.4 EN 1990.

(3) Будь-які граничні стани за втратою працездатності та пов'язані з ними навантаження та розрахункові моделі повинні включатися до складу проекту будівельного об'єкта.

(4) Якщо граничним станом за втратою несучої здатності є глобальний перехід у пластичний стан, то у граничному стані за втратою працездатності може відбутися пластичний перерозподіл сил і моментів. Якщо такий ефект має місце, його слід враховувати.

ПРИМІТКА. Подальші вказівки містяться у Національному Додатку.

7.2 ГРАНИЧНІ СТАНИ ЗА ВТРАТОЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ

7.2.1 Вертикальні переміщення

(1) Згідно з документом EN 1990, Додаток A1.4, для будь-якого об'єкта будівництва необхідно встановити граничні значення вертикальних переміщень згідно з рисунком A1.1 EN і погодити їх із виконавцем будівельних робіт.

ПРИМІТКА. Величини границь встановлюються Національним Додатком.

7.2.2 Горизонтальні переміщення

(1) Згідно з документом EN 1990, Додаток A1.4, для будь-якого об'єкта будівництва необхідно встановити граничні значення горизонтальних переміщень згідно з рисунком A1.2 EN і погодити їх із виконавцем

7 SERVICEABILITY LIMIT STATES

7.1 GENERAL

(1)P A aluminium structure shall be designed and constructed such that all relevant serviceability criteria are satisfied.

(2) The basic requirements for serviceability limit states are given in 3.4 of EN 1990.

(3) Any serviceability limit state and the associated loading and analysis model should be specified for a project.

(4) Where plastic global analysis is used for the ultimate limit state, plastic redistribution of forces and moments at the serviceability limit state may occur. If so, the effects should be considered.

NOTE. The National Annex may give further guidance.

7.2 SERVICEABILITY LIMIT STATES FOR BUILDINGS

7.2.1 Vertical deflections

(1) With reference to EN 1990 – Annex A1.4 limits for vertical deflections according to Figure A1.1 in EN 1990 should be specified for each project and agreed with the owner of the construction work.

NOTE. The National Annex may specify the limits.

7.2.2 Horizontal deflections

(1) With reference to EN 1990 – Annex A1.4 limits for horizontal deflections according to Figure A1.2 in EN 1990 should be specified for each project and agreed with the owner of the construction work.

будівельних робіт.

ПРИМІТКА. Величини границь встановлюються Національним додатком.

7.2.3 Динамічні ефекти

(1) Згідно з документом EN 1990, Додаток A1.4.4, коливання споруд, по яких можуть проходити люди, необхідно обмежувати для уникнення значних незручностей, для кожного будівельного об'єкта необхідно визначити відповідні межі та узгодити їх із виконавцем будівельних робіт.

ПРИМІТКА. Обмеження на коливання міжповерхових перекриттів встановлюються Національним Додатком.

7.2.4 Розрахунок пружного прогину

(1) Розрахунок пружного прогину слід у загальному випадку виконувати з використанням характеристик перерізів бруто. Однак для тонкостінних перерізів може виявитися необхідним ввести приведені розрахункові властивості перерізів для урахування можливості локальної втрати стійкості (див. 6.7.5). Необхідно також враховувати наявність перегородок та інших засобів підсилення, а також ефекти другого порядку та геометричну нелінійність.

(2) Для перерізів класу 4 допускається використовувати ефективний момент інерції I_{ser} , постійний уздовж усієї балки.

$$I_{ser} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{f_o} (I_{gr} - I_{eff}), \quad (7.1)$$

де:

I_{gr} – момент інерції поперечного перерізу бруто;

I_{eff} – момент інерції ефективного поперечного перерізу для граничного стану з втраченою несучою здатністю, де враховується поправка на місцеву втрату стійкості (див. 6.7.5);

σ_{gr} – максимальне напруження поздовжнього згину у граничному стані за втратою працездатності, обчислене для поперечного перерізу бруто (у формулі – додатне).

(3) Прогини у граничному стані за втра-

NOTE. The National Annex may specify the limits.

7.2.3 Dynamic effects

(1) With reference to EN 1990 – Annex A1.4.4 the vibrations of structures on which the public can walk should be limited to avoid significant discomfort to users, and limits should be specified for each project and agreed with the owner of the construction work.

NOTE. The National Annex may specify limits for vibration of floors.

7.2.4 Calculation of elastic deflection

(1) The calculation of elastic deflection should generally be based on the properties of the gross cross-section of the member. However, for slender sections it may be necessary to take reduced section properties to allow for local buckling (see section 6.7.5). Due allowance of effects of partitioning and other stiffening effects, second order effects and changes in geometry should also be made.

(2) For class 4 sections the following effective second moment of area I_{ser} , constant along the beam may be used

where:

I_{gr} is the second moment of area of the gross cross-section;

I_{eff} is the second moment of area of the effective cross-section at the ultimate limit state, with allowance for local buckling, see 6.7.5;

σ_{gr} is the maximum compressive bending stress at the serviceability limit state, based on the gross cross-section (positive in the formula).

(3) Deflections should be calculated

тою працездатності повинні визначатися з урахуванням кутової жорсткості пружних вузлових з'єднань та можливості повторення місцевих пластичних деформацій.

making also due allowance for the rotational stiffness of any semi-rigid joints, and the possible recurrence of local plastic deformation at the serviceability limit state.

8 РОЗРАХУНОК ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ

8 DESIGN OF JOINTS

8.1 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ

8.1 BASIS OF DESIGN

8.1.1 Вступ

8.1.1 Introduction

(1)Р Усі вузлові з'єднання повинні мати такий розрахунковий опір, який забезпечує працездатність конструкції та її відповідність усім проектним вимогам, наведеним у 2.

(1)P All joints shall have a design resistance such that the structure remains effective and is capable of satisfying all the basic design requirements given in 2.

(2) Характеристичні значення опору для різних типів вузлів повинні використовуватися з відповідними частковими коефіцієнтами надійності γ_M .

(2) The partial safety factors γ_M for joints should be applied to the characteristic resistance for the various types of joints.

ПРИМІТКА. Числові значення для γ_M встановлюються Національним додатком. Рекомендовані значення наведені у таблиці 8.1.

NOTE. Numerical values for γ_M may be defined in the National Annex. Recommended values are given in Table 8.1

Таблиця 8.1 Рекомендовані часткові коефіцієнти γ_M для вузлових з'єднань

Опір елементів і поперечних перерізів	γ_{M1} і γ_{M2} див. 6.1.3
Опір болтових з'єднань	$\gamma_{M2} = 1,25$
Опір з'єднань на заклепках	
Опір листів при зминанні	
Опір штифтових з'єднань	$\gamma_{Mp} = 1,25$
Опір зварних з'єднань	$\gamma_{Mw} = 1,25$
Опір проковзуванню – для комбінованих з'єднань або з'єднань при втомлюючому навантаженні – для інших штатних ситуацій – для граничних станів за втратою несучої здатності	$\gamma_{M3} = 1,1$, див. 8.5.9.3 $\gamma_{M3} = 1,1$, див. 8.5.9.3 $\gamma_{M3} = 1,25$
Опір клейових з'єднань	$\gamma_{Ma} \geq 3,0$
Опір зминанню ін'єкційних болтів	$\gamma_{M4} = 1,0$
Опір вузлів у гратчастій балці коробчастого перерізу	$\gamma_{M5} = 1,0$
Опір штифтів у граничному стані за втратою працездатності	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Попередньо напружені високоміцні болти	$\gamma_{M7} = 1,1$

Table 8.1 Recommended partial factors γ_M for joints

Resistance of members and cross-sections	γ_{M1} and γ_{M2} see 6.1.3
Resistance of bolt connections	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistance of rivet connections	
Resistance of plates in bearing	
Resistance of pin connections	$\gamma_{Mp} = 1,25$
Resistance of welded connections	$\gamma_{Mw} = 1,25$
Slip resistance – for hybrid connections or connections under fatigue loading – for other design situations – for ultimate limit states	$\gamma_{M3} = 1,1$, see 8.5.9.3 $\gamma_{M3} = 1,1$, see 8.5.9.3 $\gamma_{M3} = 1,25$

Resistance of adhesive bonded connections	$\gamma_{Ma} \geq 3,0$
Bearing resistance of an injection bolt	$\gamma_{M4} = 1,0$
Resistance of joints in hollow section lattice girder	$\gamma_{M5} = 1,0$
Resistance of pins at serviceability limit state	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Preload of high strength bolts	$\gamma_{M7} = 1,1$

(3) Вузлові з'єднання, на які поширюється втома, повинні також задовольняти вимоги, викладені у EN 1999-1-3.

8.1.2 Прикладені сили і моменти

(1) Сили і моменти, прикладені до вузлів у граничних станах за втратою несучої здатності, повинні визначатися глобальним розрахунком конструкції відповідно до 5.

(2) Прикладені сили і моменти повинні включати:
 – ефекти другого порядку;
 – недосконалість форми (див. 5.3);
 – деформативність з'єднань.

ПРИМІТКА. Щодо впливу гнучкості при з'єднаннях див. Додаток L.

8.1.3 Опір вузлових з'єднань

(1) Опір вузлових з'єднань повинен визначатися на основі показників міцності окремих кріпильних деталей, зварних швів та інших елементів вузлового з'єднання.

(2) При розрахунку вузла зазвичай використовується лінійно-пружний розрахунок. Можна застосовувати нелінійний розрахунок за умови, що беруться до уваги характеристичні криві «навантаження–деформація» усіх компонентів з'єднання.

(3) Якщо розрахункова модель базується на лініях текучості, наприклад, отриманих експериментальним методом визначення зсувної міцності, то адекватність моделі необхідно перевірити на основі фізичних випробувань.

8.1.4 Розрахункові припущення

(1) Вузли з'єднань можна розраховувати, приймаючи у них розподіл внутрішніх зусиль та моментів будь-яким обгрун-

(3) Joints subject to fatigue should also satisfy the rules given in EN 1999-1-3.

8.1.2 Applied forces and moments

(1) The forces and moments applied to joints at the ultimate limit state should be determined by global analysis conforming to 5.

(2) These applied forces and moments should include:
 – second order effects;
 – the effects of imperfections (see 5.3);
 – the effects of connection flexibility

NOTE. For the effect of connection flexibility, see Annex L.

8.1.3 Resistance of joints

(1) The resistance of a joint should be determined on the basis of the resistances of the individual fasteners, welds and other components of the joint.

(2) Linear-elastic analysis should generally be used in the design of the joint. Alternatively non-linear analysis of the joint may be employed provided that it takes account of the load deformation characteristics of all the components of the joint.

(3) If the design model is based on yield lines such as block shear i.e., the adequacy of the model should be demonstrated on the basis of physical tests.

8.1.4 Design assumptions

(1) Joints may be designed by distributing the internal forces and moments in whatever rational way is best, provided that:

тованим способом, за наступних умов:

- (a) внутрішні зусилля і моменти, прийняті згідно з припущеннями, знаходяться у стані рівноваги з фактично прикладеними зусиллями і моментами;
- (b) кожна ділянка вузлового з'єднання взмоє сприймати сили і напруження, передбачені розрахунком;
- (c) деформації, які мають місце за наявності такого розподілу, знаходяться у межах граничних деформацій кріпильних деталей, зварних швів та приєднаних елементів;
- (d) деформації, які мають місце у будь-якій розрахунковій моделі, що базується в області текучості, є сумісними з фізично можливими обертаннями твердого тіла (та плоскими деформаціями).

(2) Крім вищезазначеного, прийнятий таким чином розподіл внутрішніх зусиль повинен показувати реалістичну картину відносної жорсткості елементів з'єднання. Внутрішні зусилля мають тенденцію до найбільшої жорсткості, яку необхідно чітко визначити і послідовно дотримуватися впродовж усього процесу розрахунку вузла.

(3) Залишкові напруження і напруження, що виникають при затягуванні кріпильних деталей з метою підгону та посадки, зазвичай немає потреби враховувати.

8.1.5 Виготовлення та проведення робіт

(1) При проектуванні будь-яких вузлів і стиків необхідно передбачити їх зручне і безперешкодне виготовлення і монтаж.

(2) Особливу увагу слід приділити:

- допускам розмірів, необхідних для ведення безпечного монтажу;
- допускам, необхідним для затягування кріпильних деталей;
- доступності місць зварювання;
- дотриманню нормативних вимог до ведення зварювальних робіт;
- впливу лінійних та кутових допусків на якість монтажу.

(a) the assumed internal forces and moments are in equilibrium with the applied forces and moments;

(b) each part in the joint is capable of resisting the forces or stresses assumed in the analysis;

(c) the deformations implied by this distribution are within the deformation capacity of the fasteners or welds and of the connected parts,

(d) the deformations assumed in any design model based on yield lines are based on rigid body rotations (and in-plane deformations) which are physically possible.

(2) In addition, the assumed distribution of internal forces should be realistic with regard to relative stiffness within the joint. The internal forces will seek to follow the path with the greatest rigidity. This path should be clearly identified and consistently followed throughout the design of the joint.

(3) Residual stresses and stresses due to tightening of fasteners and due to ordinary accuracy of fit-up need not usually be allowed for.

8.1.5 Fabrication and execution

(1) Ease of fabrication and execution should be considered in the design of all joints and splices.

(2) Attention should be paid to:

- the clearances necessary for safe execution;
- the clearances needed for tightening fasteners;
- the need for access for welding;
- the requirements of welding procedures, and
- the effects of angular and length tolerances on fit-up.

(3) Також потрібно приділити увагу вимогам щодо:

- можливості подальшого обстеження конструкцій;
- обробки та очищення поверхні;
- технічного обслуговування та ремонту.

Вимоги до робіт з алюмінієвими конструкціями приведені у документі prEN 1090-3.

8.2 ТОЧКИ ПЕРЕТИНУ ОСЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ У БОЛТОВИХ, ЗАКЛЕПКОВИХ ТА ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ

(1) Елементи, з'єдані у вузлах, повинні бути взаєморозташовані, як правило, таким чином, щоб їхні центральні осі перетиналися в одній точці.

(2) Необхідно враховувати будь-який ексцентриситет у вузлах і з'єднаннях, за винятком спеціальних конструкцій, для яких було доведено, що у цьому немає необхідності.

8.3 З'ЄДНАННЯ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ЗСУВ І ЗНАХОДЯТЬСЯ ПІД ДІЄЮ УДАРУ, ВІБРАЦІЇ ТА/АБО НАВАНТАЖЕННЯ ЗМІННОГО ЗНАКА

(1) Якщо вузлове з'єднання знаходиться у напруженому стані зсуву або зрізу і при цьому піддається дії удару або значних вібрацій, то необхідно використовувати або зварювання, або болти з фіксуючими пристроями, попередньо напружені болти, ін'єкційні болти та інші різновиди болтів, щоб ефективно запобігти відповідному зміщенню.

(2) Там, де не допускається проковзування у вузловому з'єднанні, оскільки з'єднання знаходиться під знакоперемінним зрізаючим навантаженням (або з іншої причини), необхідно застосовувати попередньо напружені болти у з'єднаннях, стійких до проковзування (категорія В або С, як доречніше, див. 8.5.3), монтажні болти або зварювання.

(3) Для розкріплень від вітру та/або втрати стійкості, як правило, можна застосовувати звичайні болтові з'єднання (кате-

(3) Attention should also be paid to the requirements for:

- subsequent inspection;
- surface treatment,
- maintenance.

Requirements to execution of aluminium structures are given in prEN 1090-3.

8.2 INTERSECTIONS FOR BOLTED, RIVETED AND WELDED JOINTS

(1) Members meeting at a joint should usually be arranged with their centroidal axes intersecting at a point.

(2) Any kind of eccentricity in the nodes should be taken into account, except in the case of particular types of structures where it has been demonstrated that it is not necessary.

8.3 JOINTS LOADED IN SHEAR SUBJECT TO IMPACT, VIBRATION AND/OR LOAD REVERSAL

(1) Where a joint loaded in shear is subject to impact or significant vibration either welding or else bolts with locking devices, preloaded bolts, injection bolts or other types of bolts, which effectively prevent movement should be used.

(2) Where slipping is not acceptable in a joint because it is subject to reversal of shear load (or for any other reason), either preloaded bolts in a slip-resistant connection (category B or C as appropriate, see 8.5.3), fitted bolts or welding should be used.

(3) For wind and/or stability bracings, bolts in bearing type connections (category A in 8.5.3) may usually be used.

горя А у 8.5.3).

8.4 КЛАСИФІКАЦІЯ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо класифікації з'єднань містяться у Додатку L.

8.5 З'ЄДНАННЯ НА БОЛТАХ, ЗАКЛЕПКАХ ТА ШТИФТАХ

8.5.1 Розташування отворів для болтів і заклепок

(1) Розташування отворів для болтів і заклепок повинно бути влаштоване таким чином, щоб перешкодити появі корозії і втраті стійкості, а також для полегшення установлення болтів або заклепок.

(2) Якщо нормами встановлені мінімальні відстані між кінцями, мінімальні відстані від краю та мінімальні проміжки, то не дозволяються жодні допуски щодо зменшення цих значень.

(3) Розташування отворів повинне також відповідати діючим нормам і правилам, які стосуються визначення розрахункового опору болтів і заклепок.

(4) Мінімальні та максимальні значення проміжків між отворами, відстаней між їхніми краями та до кінця елемента наведені в таблиці 8.2.

8.4 CLASSIFICATION OF JOINTS

NOTE. Recommendations for classification of joints are given in Annex L.

8.5 CONNECTIONS MADE WITH BOLTS, RIVETS AND PINS

8.5.1 Positioning of holes for bolts and rivets

(1) The positioning of holes for bolts and rivets should be such as to prevent corrosion and local buckling and to facilitate the installation of the bolts or rivets.

(2) In case of minimum end distances, minimum edge distances and minimum spacings no minus tolerances are allowed.

(3) The positioning of the holes should also be in conformity with the limits of validity of the rules used to determine the design resistances of the bolts and rivets.

(4) Minimum and maximum spacing, end and edge distances are given in Table 8.2.

Таблиця 8.2 Мінімальні, стандартні та максимальні значення проміжків між отворами, відстаней між їхніми краями та до кінця елемента

1	2	3	4	5
Відстані та інтервали, див. рисунки 8.1 та 8.2	Мінімум	Стандартна відстань	Максимум ¹⁾²⁾³⁾	
			Конструкції з алюмінію згідно з таблицею 3.1а	
			Алюміній, що знаходиться під впливом погодних та інших корозійних чинників	Алюміній, що не знаходиться під впливом погодних та інших корозійних чинників
Відстань між кінцями e_1	$1,2d_0^{6)}$	$2,0d_0$	$4t+40$ мм	Більше з $12t$ або 150 мм
Відстань між краями e_2	$1,2d_0^{6)}$	$1,5d_0$	$4t+40$ мм	Більше з $12t$ або 150 мм
Відстань між кінцями e_3 для овальних отворів ⁴⁾	Овальні отвори не рекомендуються Овальні отвори категорії А див. 8.5.1(4)-(10)			

1	2	3	4	5
Відстані та інтервали, див. рисунки 8.1 та 8.2	Мінімум	Стандартна відстань	Максимум ¹⁾²⁾³⁾	
			Конструкції з алюмінію згідно з таблицею 3.1а	
			Алюміній, що знаходиться під впливом погодних та інших корозійних чинників	Алюміній, що не знаходиться під впливом погодних та інших корозійних чинників
Відстань між краями e_4 для овальних отворів ⁴⁾	Овальні отвори не рекомендуються Овальні отвори категорії А див. 8.5.1(4)-(10)			
Стиснуті елементи (див. рис. 8.2): інтервал p_1	$2,2d_0$	$2,5d_0$	Стиснуті елементи: Менше з $14t$ або 200 мм	Стиснуті елементи: Менше з $14t$ або 200 мм
Розтягнуті елементи (див. рис. 8.3); інтервали $p_1, p_{1,0}, p_{1,i}$	$2,2d_0$	$2,5d_0$	Зовнішні контури: Менше з $14t$ або 200 мм Внутрішні контури: Менше з $28t$ або 400 мм	1,5 помножити на величину у стовпчику 4
Інтервал p_{22}	$2,4d_0$	$3,0d_0$	Менше з $14t$ або 200 мм	Менше з $14t$ або 200 мм
¹⁾ Максимальні величини для інтервалів та відстаней між кінцями і краями є необмеженими, за винятком наступних випадків: – для стиснутих елементів, щоб уникнути втрати стійкості та з метою запобігання корозії у елементах, що піддані відповідним впливам; – для розтягнутих елементів, що піддані корозійним чинникам, для запобігання корозії. ²⁾ Опір втраті стійкості листа під стиском між кріпильними деталями необхідно розраховувати відповідно до розділу 6.4 як втрату стійкості колони при згині, вибираючи величину $0,6p_2$ за приведену довжину. Не потрібна перевірка на місцеву втрату стійкості між кріпильними деталями, якщо $p_{1,t}$ менше ніж $9e$. Відстань між краями не повинна перевищувати максимального значення, щоб задовольнити вимоги до стійкості консольних фрагментів стиснутих елементів, див. розділи 6.4.2-6.4.4. Ця вимога не стосується відстані між кінцями. ³⁾ t – товщина найтоншого зовнішнього фрагмента, який бере участь у з'єднанні. ⁴⁾ Овальні отвори не рекомендуються, про овальні отвори категорії А див. п. 8.5.1(5). ⁵⁾ Для рядів кріпильних деталей, розташованих у шаховому порядку, можна використовувати мінімальне значення інтервалу між рядами $p_1=1,2d_0$, якщо мінімальна відстань між двома кріпильними деталями при шаховому розташуванні складає $p_1=2,4d_0$, див. рис. 8.2 ⁶⁾ Для мінімальних значень e_1 і e_2 дозволяється вказувати тільки додатній допуск, без від'ємного.				

Table 8.2 Minimum, regular and maximum spacing, end and edge distances

1	2	3	4	5
Distances and spacings, see Figures 8.1 and 8.2	Minimum	Regular distance	Maximum ¹⁾²⁾³⁾	
			Structures made of aluminium according to Table 3.1a	
			Aluminium exposed to the weather or other corrosive influences	Aluminium not exposed to the weather or other corrosive influences
End distance e_1	$1,2d_0$ ⁶⁾	$2,0d_0$	$4t+40$ mm	The larger of $12t$ or 150 mm
Edge distance e_2	$1,2d_0$ ⁶⁾	$1,5d_0$	$4t+40$ mm	The larger of $12t$ or 150 mm
End distance e_3 for slotted holes ⁴⁾	Slotted holes are not recommended.			
Edge distance e_4 for slotted holes ⁴⁾	Slotted holes of category A see 8.5.1(4) - (10)			
Compression members (see Fig. 8.2): Spacing p_1	$2,2d_0$	$2,5d_0$	Compression members: The smaller of $14t$ or 200 mm	Compression members: The smaller of $14t$ or 200 mm
Tension members (see Figure 8.3): Spacing $p_1, p_{1,0}, p_{1,i}$	$2,2d_0$	$2,5d_0$	Outer lines: The smaller of $14t$ or 200 mm Inner lines: The smaller of $28t$ or 400 mm	1,5 times the values of column 4
Spacing p_{22}	$2,4d_0$	$3,0d_0$	The smaller of $14t$ or 200 mm	The smaller of $14t$ or 200 mm
¹⁾ Maximum values for spacings, edge and end distances are unlimited, except in the following cases: – for compression members in order to avoid local buckling and to prevent corrosion in exposed members and; – for exposed tension members to prevent corrosion. ²⁾ The local buckling resistance of the plate in compression between the fasteners should be calculated according to 6.4 as column like buckling by using $0,6p_2$ gas buckling length. Local buckling between the fasteners need not to be checked if $p_{1,t}$ is smaller than $9e$. The edge distance should not exceed the maximum to satisfy local buckling requirements for an outstand part in the compression members, see 6.4.2 - 6.4.4. The end distance is not affected by this requirement.				

³⁾ t – is the thickness of the thinner outer connected part.

⁴⁾ Slotted holes are not recommended, slotted holes of category A see 8.5.1 (5)

⁵⁾ For staggered rows of fasteners a minimum line spacing $p_1=1,2d_0$, may be used, if the minimum distance between any two fasteners in a staggered row is $p_1=2,4d_0$ see Figure 8.2.

⁶⁾ The minimum values of e_1 and e_2 should be specified with no minus deviation but only plus deviations.

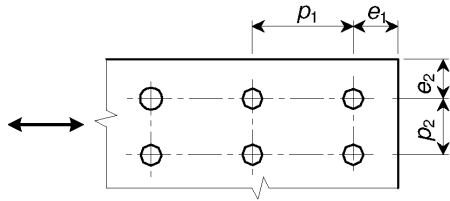


Рисунок 8.1 Позначення для інтервалів розміщення кріпильних деталей
Figure 8.1 Symbols for spacing of fasteners

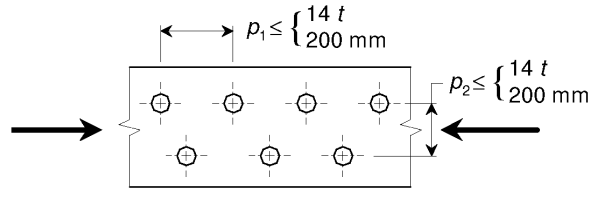
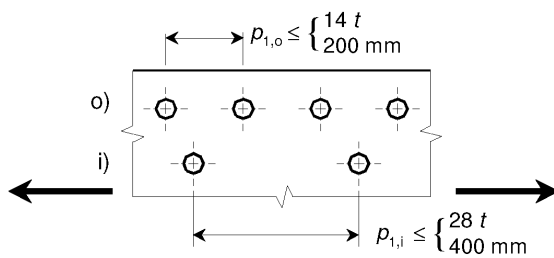


Рисунок 8.2 Шагове розташування – стан стиску
Figure 8.2 Staggered spacing – compression



o) зовнішній контур i) внутрішній контур
 o) outer line, i) inner line

Рисунок 8.3 Інтервал при розтягу елемента
Figure 8.3 Spacing in tension member

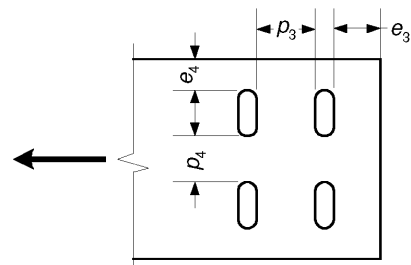


Рисунок 8.4 Овальні отвори
Figure 8.4 Slotted holes

(5) Використання овальних отворів не рекомендується. Проте овальні отвори можна використовувати у з'єднаннях категорії А при навантаженнях, перпендикулярних до напрямку овальних отворів, як виняток.

(5) Slotted holes are not recommended. However, slotted holes may be used in connections of the category A with loads only perpendicular to the direction of the slotted hole.

(6) Довжина між крайніми торцями овальних отворів у напрямку прорізу повинна бути або $1,5(d + 1 \text{ мм})$ (короткий овальний отвір) або $2,5(d + 1 \text{ мм})$ (довгий овальний отвір), але не більше.

(6) The length between the extreme edges of a slotted hole in the direction of the slot should be either $1,5(d + 1 \text{ mm})$ (short slotted hole) or $2,5(d + 1 \text{ mm})$ (long slotted hole) but not larger.

(7) Ширина отвору, перпендикулярного до прорізу, тобто у напрямі навантаження, не повинна перевищувати $d + 1 \text{ мм}$.

(7) The width of the hole perpendicular to the slot, i.e. in the direction of the load, should be not greater than $d + 1 \text{ mm}$.

(8) Відстань e_3 між краєм отвору і кінцем елемента у напрямі навантаження повинна бути більшою ніж $1,5(d + 1 \text{ мм})$, а відстань e_4 між краєм отвору і краєм елемента, перпендикулярним до напрямку навантаження, повинна перевищувати $d+1 \text{ мм}$.

(8) The distance e_3 between the edge of the hole and the end of the member in the direction of the load should be greater than $1,5(d + 1 \text{ mm})$, the distance e_4 between the edge of the hole and the edge of the member perpendicular to the direction of the load should be greater than $d+1 \text{ mm}$.

(9) Відстань p_3 між краями двох сусідніх отворів у напрямку навантаження та відстань p_4 між краями двох сусідніх отворів, перпендикулярних до напрямку навантаження, повинна перевищувати $2(d + 1 \text{ мм})$.

(10) Болти в овальних отворах згідно з категорією А повинні перевірятися відповідно до таблиці 8.5, див. 8.5.5.

(11) Для отворів нестандартного розміру застосовуються норми та правила (8), (9) і (10).

8.5.2 Поправки на отвори для кріпильних деталей

8.5.2.1 Загальні вимоги

(1) Докладні норми та правила щодо проектування елементів з отворами див. 8.5.1.

8.5.2.2 Розрахунок на виривання

(1) Під вириванням мається на увазі зріз уздовж ряду болтів по площині зрізу відповідної групи отворів, який одночасно супроводжується розривом уздовж лінії болтових отворів по відповідній площині розриву. Явище виривання показано на рисунку 8.5.

(2) Для симетричної групи болтів, які зазнають центрального навантаження, розрахунковий опір вириванню $V_{\text{eff},1,\text{Rd}}$ дається виразом:

$$V_{\text{eff},1,\text{Rd}} = f_u A_{\text{nt}} / \gamma_{\text{M}2} + (1/\sqrt{3}) f_t A_{\text{nv}} / \gamma_{\text{M}1} \quad (8.1)$$

де:

A_{nt} – площа нетто у стані розтягу;

A_{nv} – площа нетто у стані зсуву.

(3) Для групи болтів, які зазнають нецентрованого навантаження, розрахунковий опір вириванню $V_{\text{eff},2,\text{Rd}}$ має вигляд:

$$V_{\text{eff},2,\text{Rd}} = 0,5 f_u A_{\text{nt}} / \gamma_{\text{M}2} + (1/\sqrt{3}) f_t A_{\text{nv}} / \gamma_{\text{M}1} \quad (8.2)$$

(9) The distance p_3 between the edges of two adjacent holes in the direction of the load and the distance p_4 between the edges of two adjacent holes perpendicular to the direction of the load should be greater than $2(d + 1 \text{ mm})$.

(10) Bolts in slotted holes according to category A should be verified according to Table 8.5, see 8.5.5.

(11) For oversized holes the rules in (8), (9) and (10) apply

8.5.2 Deductions for fastener holes

8.5.2.1 General

(1) For detailed rules for the design of members with holes see 8.5.1.

8.5.2.2 Design for block tearing resistance

(1) Block tearing consists of failure in shear at the row of bolts along the shear face of the hole group accompanied by tensile failure along the line of bolt holes on the tension face of the bolt group. Figure 8.5 shows block tearing.

(2) For a symmetric bolt group subject to concentric loading the design block tearing resistance, $V_{\text{eff},1,\text{Rd}}$ is given by:

where:

A_{nt} is net area subjected to tension;

A_{nv} is net area subjected to shear.

(3) For a bolt group subject to eccentric loading the design block shear tearing resistance $V_{\text{eff},2,\text{Rd}}$ is given by:

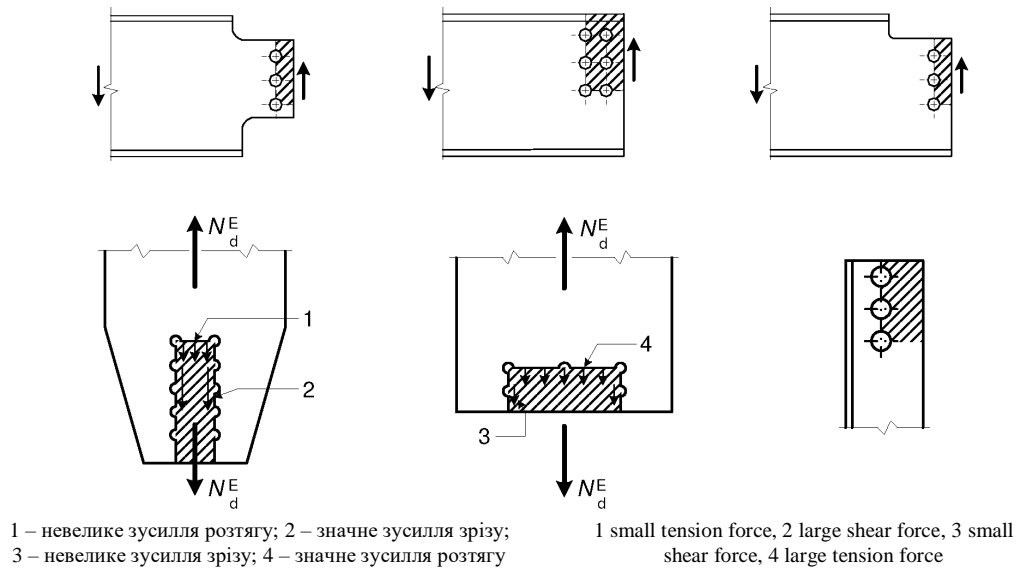


Рисунок 8.5 Виривання – одночасний зріз із розривом
Figure 8.5 Block tearing

8.5.2.3 Кутики та бульбові кутики

(1) У випадку несиметричних або несиметрично з’єднаних елементів, таких, як наприклад, кутики або бульбові кутики, при обчисленні величин розрахункових опорів слід брати до уваги нецентрованість кріпильних деталей у з’єднаннях кінців, а також вплив інтервалів між болтами та їх відстаней від країв елементів.

(2) Кутики та бульбові кутики, з’єднані за допомогою одного ряду болтів, див. рисунок 8.6, можна вважати центровано завантаженими, а розрахункову межу міцності перерізу нетто брати у вигляді:

8.5.2.3 Angles and angles with bulbs

(1) In the case of unsymmetrical or unsymmetrically connected members such as i.e. angles or angles with bulbs, the eccentricity of fasteners in end connections and the effects of the spacing and edge distances of the bolts should be taken into account when determining the design resistances.

(2) Angles and angles with bulbs connected by a single row of bolts, see Figure 8.6, may be treated as concentrically loaded and the design ultimate resistance of the net section determined as follows:

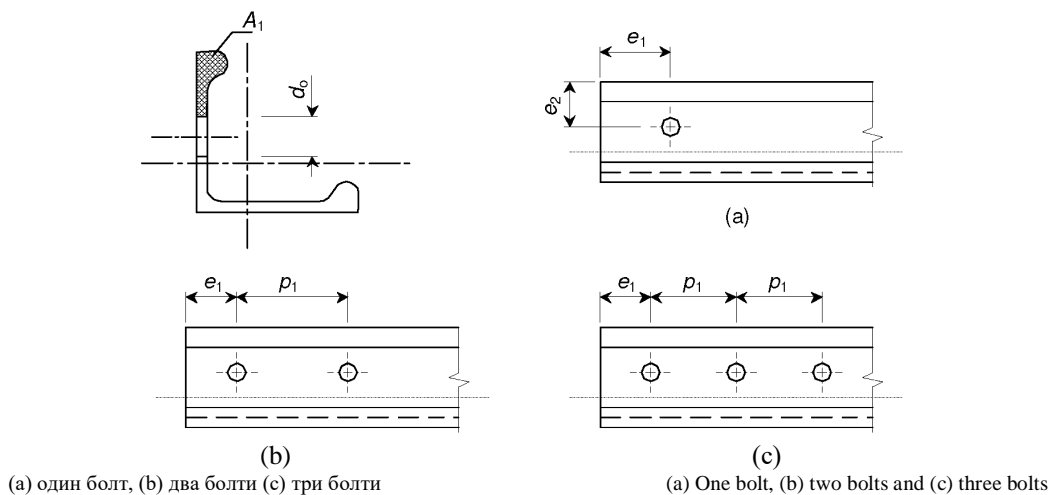


Рисунок 8.6 З’єднання бульбових кутиків (відноситься також і до кутиків без бульб)

Figure 8.6 Connections of angles with bulbs (covers also angles without bulbs)

1-м болтом:
with 1 bolt:

$$N_{u,Rd} = \frac{2A_1 f_u}{\gamma_{M2}} ; \tag{8.3}$$

2-ма болтами:
with 2 bolts:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} ; \tag{8.4}$$

3-ма болтами:
with 3 bolts:

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} , \tag{8.5}$$

де:

β_2 і β_3 – поправкові коефіцієнти, що залежать від інтервалу p_1 , як показано у таблиці 8.3; для проміжних значень p_1 величини β_1 можна визначити за допомогою лінійної інтерполяції;

A_{net} – площа нетто перерізу кутика. Для нерівнополичних кутиків, з’єднаних своїми меншими полицями, A_{net} слід приймати рівній площі поперечного перерізу нетто еквівалентного рівнополичного кутика з шириною полиць, рівною ширині меншої полиці нерівнополичного кутика.

(3) Розрахунковий опір втраті стійкості стиснутого елемента, див. 6.3, слід обчислювати за поперечним перерізом бруто, але брати його не більшим, ніж межа міцності згідно з (2).

where:

β_2 and β_3 are reduction factors dependent on the pitch p_1 as given in Table 8.3 for intermediate values p_1 the values of β_1 may be determined by linear interpolation.

A_{net} is the net area of the angle. For an unequal-leg angle connected by its smaller leg, A_{net} should be taken as equal to the net section area of an equivalent equal-leg angle of leg size equal to that of the smaller leg.

(3) The design buckling resistance of a compression member, see 6.3, should be based on the gross cross sectional area, but should not be taken as more than the design resistance of the cross section given in (2).

Таблиця 8.3 Поправкові коефіцієнти β_2 і β_3
Table 8.3 Reduction factors β_2 and β_3

Інтервал p_1 Pitch p_1	$\leq 2,5d_0$	$\geq 5,0d_0$
β_2 для 2-х болтів β_2 for 2 bolts	0,4	0,7
β_3 для 3-х і більше болтів β_3 for 3 bolts or more	0,5	0,7

8.5.3 Категорії болтових з’єднань

8.5.3 Categories of bolted connections

8.5.3.1 З’єднання, які працюють на зсув

8.5.3.1 Shear connections

(1) Для розрахунку болтових з’єднань, які працюють на зсув, необхідно віднести з’єднання до однієї з нижче наведених категорій, див. таблицю 8.4.

(1) The design of a bolted connection loaded in shear should conform to one of the following categories, see Table 8.4.

**Таб. 8. Категорії
лиця 4 болтових
з'єднань**

З'єднання, які працюють на зріз/зсув		
Категорія	Критерії	Примітки
А; звичайні болтові	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq 2$	Ніякого попереднього напруження не потрібно. Всі марки в межах від 4.6 і до 10.9. $N_{net,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$
В; запобігають проковзуванню до граничного стану за втратою працездатності	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq 2$ $\sum F_{v,Ed,ser} \leq 2$	Попередньо напружені високоміцні болти. $N_{net,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$ $N_{net,Rd,ser} = A_{net} f_o / \gamma_{M1}$
С; запобігають проковзуванню до граничного стану за втратою несучої здатності	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq 1$	Попередньо напружені високоміцні болти. $N_{net,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$ $N_{net,Rd,ser} = A_{net} f_o / \gamma_{M1}$
З'єднання, які працюють на розтяг		
Категорія	Критерії	Примітки
Д; без попереднього напруження	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Болти класу від 4.6 до 10.9.
Е; попередньо напружені	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Попередньо напружені болти класу 8.8 або 10.9

Умовні позначення:

$F_{v,Ed}$ – розрахункова перерізувальна сила на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності;

$F_{v,Ed,ser}$ – розрахункова перерізувальна сила на один болт для граничного стану за втратою працездатності;

$F_{v,Rd}$ – розрахунковий опір зрізу на один болт;

$F_{b,Rd}$ – розрахунковий опір зминанню на один болт;

$F_{s,Rd,ser}$ – розрахунковий опір проковзуванню на один болт для граничного стану за втратою працездатності;

$F_{s,Rd}$ – розрахунковий опір проковзуванню на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності;

$F_{t,Ed}$ – розрахункове зусилля розтягу на один болт для граничного стану за втратою несучої здатності;

$F_{t,Rd}$ – розрахунковий опір розтягу на один болт;

A_{net} – площа нетто, див. 6.2.2.2 (тільки для розтягнутих елементів)

$B_{p,Rd}$ – розрахунковий опір відносно міцності на продавлення, див. таблицю 8.5.

Tab 8. Categories of bolted connections

Shear connections		
Category	Criteria	Remarks
A; bearing type	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq \sum N_{net,Rd}$	No preloading required. All grades from 4.6 to 10.9. $N_{net,Rd} = 0,9A_{net}f_u / \gamma_{M2}$
B; slip resistant at serviceability	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq \sum N_{net,Rd}$ $\sum F_{v,Ed,ser} \leq N_{net,Rd,ser}$	Preloaded high strength bolts. No slip at the serviceability limit state. $N_{net,Rd} = 0,9A_{net}f_u / \gamma_{M2}$ $N_{net,Rd,ser} = A_{net}f_o / \gamma_{M1}$
C; slip resistant at ultimate	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Preloaded high strength bolts. No slip at the ultimate limit state. $N_{net,Rd} = 0,9A_{net}f_u / \gamma_{M2}$
Tension connections		
Category	Criterion	Remarks
D; non-preloaded	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Bolt class from 4.6 to 10.9.
E; preloaded	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Preloaded 8.8 or 10.9 bolts.
Key:		
$F_{v,Ed}$ – design shear force per bolt for the ultimate limit state $F_{v,Ed,ser}$ – design shear force per bolt for the serviceability limit state $F_{v,Rd}$ – design shear resistance per bolt $F_{b,Rd}$ – design bearing resistance per bolt $F_{s,Rd,ser}$ – design slip resistance per bolt at the serviceability limit state $F_{s,Rd}$ – design slip resistance per bolt at the ultimate limit state $F_{t,Ed}$ – design tensile force per bolt for the ultimate limit state $F_{t,Rd}$ – design tension resistance per bolt A_{net} – net area, see 6.2.2.2 (tension members only) $B_{p,Rd}$ – design resistance for punching resistance, see Table 8.5.		

(2) Категорія А: звичайні болтові з'єднання

У цій категорії слід використовувати захищені від корозії сталеві болти (звичайні або високоміцні), або болти з неіржавіючої

(2) Category A: Bearing type

In this category protected steel bolts (ordinary or high strength type) or stainless steel bolts or aluminium bolts or aluminium rivets should be

сталі, або алюмінієві болти, або алюмінієві заклепки. Не потрібно ніякого попереднього напруження або спеціальних заходів для поверхонь контакту. Розрахункове граничне навантаження зсуву не повинне перевищувати ані розрахунковий опір зсуву, ані розрахунковий опір зминанню, отриманий на підставі рекомендацій 8.5.5.

(3) Категорія В: з'єднання, які запобігають проковзуванню до граничного стану за втратою працездатності

У цій категорії необхідно використовувати попередньо напружені високоміцні болти з регульованим затягуванням згідно з prEN 1090-3. Проковзування не повинно бути у граничному стані за втратою працездатності. Сполучення навантажень, що підлягають розгляду, слід вибрати з 2.3.4 у залежності від завантажень, де потрібно передбачити опір проковзуванню. Розрахункова перерізувальна сила у стані втрати працездатності не повинна перевищувати розрахунковий опір проковзуванню згідно з 8.5.9. Розрахункова перерізувальна сила у граничному стані втрати несучої здатності не повинна перевищувати ані розрахункового опору зрізу, ані розрахункового опору зминанню згідно з 8.5.5.

(4) Категорія С: з'єднання, які запобігають проковзуванню до граничного стану за втратою несучої здатності.

У цій категорії необхідно використовувати попередньо напружені високоміцні болти з регульованим затягуванням згідно з prEN 1090-3. Проковзування не повинне мати місця у граничному стані за втратою несучої здатності. Розрахункова перерізувальна сила у стані втрати несучої здатності не повинна перевищувати ані розрахункового опору зсуву згідно з 8.5.9, ані розрахункового опору зминанню згідно з 8.5.5.

(5) Крім того, для граничного стану втрати несучої здатності розрахунковий пластичний опір площі перерізу нетто у площині отворів для болтів $N_{net,Rd}$ слід приймати рівним:

$$N_{net,Rd} = \frac{0,9A_{net}f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.6)$$

used. No preloading and special provisions for contact surfaces are required. The design ultimate shear load should not exceed the design shear resistance nor the design bearing resistance, obtained from 8.5.5.

(3) Category B: Slip-resistant at serviceability limit state

In this category preloaded high strength bolts with controlled tightening in conformity with prEN 1090-3 should be used. Slip should not occur at the serviceability limit state. The combination of actions to be considered should be selected from 2.3.4 depending on the load cases where resistance to slip is required. The design serviceability shear load should not exceed the design slip resistance, obtained from 8.5.9. The design ultimate shear load should not exceed the design shear resistance nor the design bearing resistance, obtained from 8.5.5.

(4) Category C: Slip resistant at ultimate limit state.

In this category preloaded high strength bolts with controlled tightening in conformity with prEN 1090-3 should be used. Slip should not occur at the ultimate limit state. The design ultimate shear load should not exceed the design slip resistance obtained from 8.5.9 nor the design bearing resistance obtained from 8.5.5.

(5) In addition, at the ultimate limit state the design plastic resistance of the net section at bolt holes $N_{net,Rd}$ should be taken as:

8.5.3.2 З'єднання, які працюють на розтяг

(1) Розрахунок болтових з'єднань, які працюють на розтяг, слід виконувати з урахуванням віднесення їх до однієї з наступних категорій, див. таблицю 8.4.

(2) Категорія D: З'єднання болтами без попереднього напруження.

У цій категорії можна використовувати болти, починаючи від класу 4.6 і включно по клас 10.9, або алюмінієві болти, або болти з неіржавіючої сталі. Попереднє напруження не потрібне. Дана категорія не застосовується у тих випадках, коли з'єднання часто зазнають впливу змінної розтягуючої сили. Проте її можна застосовувати для розрахунку з'єднань, які повинні сприймати нормальні вітрові навантаження.

(3) Категорія E: З'єднання з попередньо напруженими високоміцними болтами

У цій категорії необхідно використовувати попередньо напружені високоміцні болти з регульованим затягуванням відповідно до prEN 1090-3. Таке попереднє навантаження покращує опір втомі. Проте слід зазначити, що ступінь цього покращання залежить від деталювання і допусків на розміри.

(4) Для з'єднань, які працюють на розтяг, як категорії D, так і категорії E, не потрібно спеціальної обробки контактуючих поверхонь, за винятком випадків, коли з'єднання категорії E одночасно зазнають впливу розтягу і зрізу (сполучення E-B або E-C).

8.5.4 Розподіл зусиль між кріпильними деталями

(1) Розподіл внутрішніх зусиль між кріпильними деталями, викликаний згинальним моментом у граничному стані втрати несучої здатності, повинен бути пропорційним відстані від центру обертання, а розподіл зусиль зсуву повинен бути рівномірним, див. рисунок 8.7(a), у таких випадках:

8.5.3.2 Tension connections

(1) The design of a bolted connection loaded in tension should conform with one of the following categories, see Table 8.4.

(2) Category D: Connections with non-preloaded bolts

In this category bolts from class 4.6 up to and including class 10.9 or aluminium bolts or stainless steel bolts should be used. No preloading is required. This category should not be used where the connections are frequently subjected to variations of tensile loading. However, they may be used in connections designed to resist normal wind loads.

(3) Category E: Connections with preloaded high strength bolts

In this category preloaded high strength bolts with controlled tightening in conformity with prEN 1090-3 should be used. Such preloading improves fatigue resistance. However, the extent of the improvement depends on detailing and tolerances.

(4) For tension connections of both categories D and E no special treatment of contact surfaces is necessary, except where connections of category E are subject to both tension and shear (combination E-B or E-C).

8.5.4 Distribution of forces between fasteners

(1) The distribution of internal forces between fasteners due to the bending moment at the ultimate limit state should be proportional to the distance from the centre of rotation and the distribution of the shear force should be equal, see Figure 8.7(a), in the following cases:

- з'єднання категорії С, які запобігають проковзуванню;
- інші з'єднання, які працюють на зсув, де розрахунковий опір зрізу $F_{v,Ed}$ кріпильної деталі є меншим, ніж розрахунковий опір зминанню $F_{b,Ed}$.

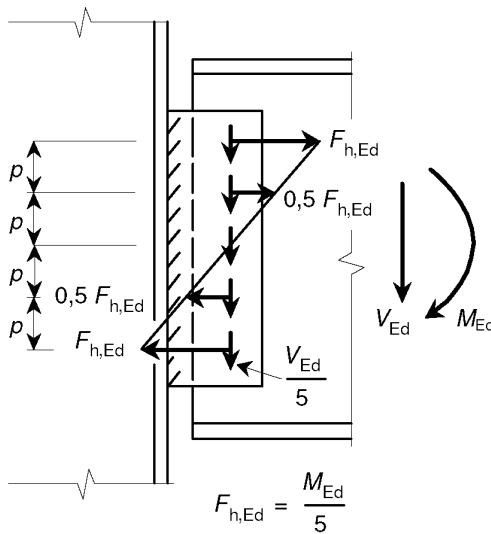
(2) В інших випадках розподіл внутрішніх зусиль між кріпильними деталями внаслідок наявності згинального моменту у граничному стані з втратою несучої здатності можна вважати пластичним, а розподіл перерізувальних зусиль можна прийняти рівномірним, див. рисунок 8.7(b).

(3) У з'єднаннях внакрій розрахунковий опір зминанню для кожної кріпильної деталі та у кожному напрямку слід вважати одним і тим самим аж до максимальної довжини $L = 15d$, де d – номінальний діаметр болта або заклепки. При $L > 15d$ див. 8.5.11.

- category C slip-resistant connections;
- other shear connections where the design shear resistance $F_{v,Ed}$ of a fastener is less than the design bearing resistance $F_{b,Ed}$.

(2) In other cases the distribution of internal forces between fasteners due to the bending moment at the ultimate limit state may be assumed plastic and the distribution of the shear force may be assumed equal, see Figure 8.7(b).

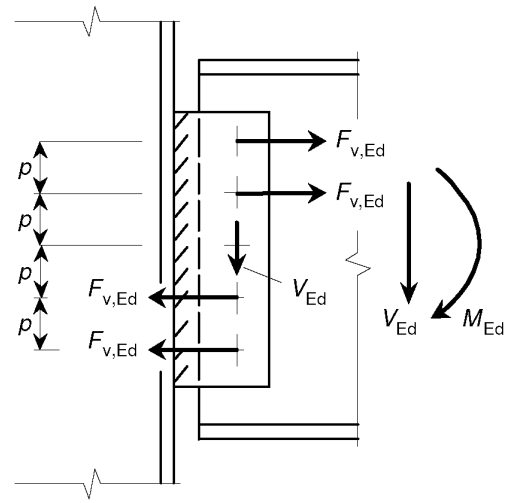
(3) In a lap joint, the same bearing resistance in any particular direction should be assumed for each fastener up to a maximum length of $\max L = 15d$ where d is the nominal diameter of the bolt or rivet. For $L > 15d$ see 8.5.11.



(a) Пружний розподіл зусиль
Розподіл, пропорційний відстані від центру обертання
(a) Elastic load distribution
Distribution proportional to distance from centre of rotation

$$F_{v,Ed} = \sqrt{\left(\frac{M_{Ed}}{5p}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{5}\right)^2} \quad (8.7)$$

Рисунок 8.7 Приклади розподілу зусиль між кріпильними деталями (п'ять болтів)
Figure 8.7 Example of distribution of loads between fasteners (five bolts)



(b) Пластичний розподіл зусиль
Можливий пластичний розподіл з однією деталлю, яка сприймає V_{Ed} , і чотирма, які сприймають M_{Ed} .
(b) Plastic load distribution
Possible plastic distribution with one fastener resisting V_{Ed} and four resisting M_{Ed}

$$F_{v,Ed} = \frac{M_{Ed}}{6p} \quad (8.8)$$

8.5.5 Розрахунковий опір болтів

(1)Р Величини розрахункового опору,

8.5.5 Design resistances of bolts

(1)P The design resistances given in this

які визначаються у цьому розділі, відносяться до стандартних сталевих болтів заводського виготовлення, болтів з неіржавіючої сталі та алюмінієвих болтів згідно з таблицею 3.4, що відповідають, разом з відповідними гайками та шайбами, нормативним документам, на які посиляється prEN 1090-3. Для алюмінієвих болтів необхідно керуватися додатковими вимогами C.4.1.

(2)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункова перерізувальна сила $F_{v,Ed}$, що діє на болт, не повинна перевищити меншого з двох значень:
 – розрахункового опору зрізу $F_{v,Rd}$;
 – розрахункового опору зминанню $F_{b,Ed}$ даного болта з мінімальним опором з'єднання зминанню; обидві величини беруться з таблиці 8.5.

(3)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункова розтягувальна сила $F_{t,Ed}$, включаючи важільне зусилля відриву, не повинна перевищувати розрахункового опору розтягу $B_{t,Rd}$ збірки «болт-лист».

(4) Болти, що зазнають сумісної дії перерізувальних та розтягувальних зусиль, повинні додатково перевірятися згідно з таблицею 8.5.

(5)P Розрахунковий опір розтягу збірки «болт-лист» $B_{t,Rd}$ повинен прийматися рівним меншому з двох значень: розрахункового опору розтягу $F_{t,Ed}$ болта, вказаного в таблиці 8.5, і розрахункового опору на зріз при продавлюванні головки болта і гайки в листі $B_{p,Rd}$ згідно з таблицею 8.5.

clause apply to standard manufactured steel bolts, stainless steel bolts and aluminium bolts according to Table 3.4 which conform, including corresponding nuts and washers, to the reference standards listed in prEN 1090-3. For aluminium bolts the additional requirements of C.4.1 should be followed.

(2)P At the ultimate limit state the design shear force $F_{v,Ed}$ on a bolt shall not exceed the lesser of:

- the design shear resistance $F_{v,Rd}$;
- the design bearing resistance $F_{b,Ed}$ of that bolt with the minimum bearing capacity of the connection, both as given in Table 8.5.

(3)P At the ultimate limit state the design tensile force $F_{t,Ed}$, inclusive of any force due to prying action, shall not exceed the design tension resistance $B_{t,Rd}$ of the bolt-plate assembly.

(4) Bolts subject to both shear force and tensile force should in addition be verified as given in Table 8.5.

(5)P The design tension resistance $B_{t,Rd}$ of the bolt-plate assembly shall be taken as the smaller of the design tension resistance $F_{t,Ed}$ of the bolt given in Table 8.5 and the design punching shear resistance of the bolt head and the nut in the plate, $B_{p,Rd}$ obtained from Table 8.5.

Таблиця 8.5 Розрахунковий опір болтів і заклепок

Вид руйнування	Болти	Заклепки
Опір зрізу на одну площину зрізу	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (8.9)$ <p>– де площина зрізу проходить через частину болта з різьбою (A – розтягнута частина болта A_s); – для сталевих болтів за класами 4.6, 5.6 і 8.8: $\alpha_v=0,6$;</p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}} \quad (8.10)$ <p>f_{ub}= характеристичному значенню межі міцності матеріалу заклепки A_0= площі поперечного перерізу отвору</p>

Вид руйнування	Болти	Заклепки
	<p>– для сталевих болтів за класами 4.8, 6.8, 5.8 і 10.9, болтів з неіржавіючої сталі та болтів з алюмінію: $\alpha_v=0,5$.</p> <p>– де площина зрізу проходить через ненарізану частину болта (A – поперечний переріз болта брутто): $\alpha_v=0,6$ f_{ub} – характеристичному значенню межі міцності матеріалу болта</p>	
<p>Міцність на зминання 1)2)3)4)5)6)</p>	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.11)$ <p>де α_b – менше з α_d або f_{ub}/f_u або 1,0; але $\leq 0,66$ для овальних отворів у напрямку передачі навантаження:</p> <p>– для кінцевих болтів: $\alpha_d=e_1/3d_0$; для внутрішніх болтів: $\alpha_d=p_1/3d_0-1/4$; перпендикулярних до напрямку передачі навантаження</p> <p>– для торцевих болтів k_1 найменше з 2,8$e_2/d_0-1,7$ або 2,5</p> <p>– для внутрішніх болтів k_1 найменше з 1,4$P_2/d_0-1,7$ або 2,5</p> <p>f_u – характеристичне значення межі міцності матеріалу з'єднаних деталей f_{ub} – характеристичне значення межі міцності матеріалу болта d – діаметр болта d_0 – діаметр отвору e_1, e_2, p_1, p_2 – див. рис. 8.1⁵⁾</p>	<p>(8.12) та</p> <p>(8.13) та</p> <p>(8.14) та</p> <p>(8.15) та</p> <p>(8.16) та</p>
<p>Опір розтягу</p>	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_S}{\gamma_{M2}} \quad (8.17)$ <p>де $k_2=0,9$ – для сталевих болтів $k_2=0,5$ – для алюмінієвих болтів $k_2=0,63$ – для втоплених сталевих болтів</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}} \quad (8.18)$ <p>Для суцільних заклепок із розмірами головки за Додатку С, за рисунком С.1 або більшими з обох сторін</p>
<p>Опір зрізу при продавлюванні</p>	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2} \quad (8.19)$ <p>де d_m – середнє значення діаметрів головки болта або гайки між вершинами та гранями або, якщо використовуються шайби, то зовнішній діаметр шайби (вибирається менший з цих розмірів); t_p – товщина листа під головкою болта або гайкою; f_u – характеристична межа міцності матеріалу елемента</p>	
<p>Сумісна дія зрізу та розтягу</p>	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (8.20)$	
<p>¹⁾ Міцність на зминання $F_{b,Rd}$ для болтів: – при нестандартних отворах згідно з prEN 1090-3 ця величина складає 0,8 від міцності на зминання для болтів при стандартних отворах; – у коротких овальних отворах, де поздовжня вісь є перпендикулярною до напрямку передачі сил, при цьому довжина овального отвору складає не більше ніж 1,5 діаметра круглої частини отвору, величина міцності є 0,80 міцності на зминання для болтів у круглих стандартних отворах; – у довгих овальних отворах, де поздовжня вісь є перпендикулярною до напрямку передачі сил, а довжина овального отвору знаходиться в межах між 1,5 та 2,5 від діаметра круглої частини отвору, ця величина складає 0,65 від міцності на зминання для болтів у круглих стандартних отворах.</p> <p>²⁾ Для болтів із потайними втопченими головками: – міцність на зминання $F_{b,Rd}$ повинна обчислюватися за товщиною листа t, рівною товщині приєднаного листа мінус половина глибини зенкування.</p> <p>³⁾ На додаток до опору зминанню потрібно виконати перевірку опору перерізу нетто.</p> <p>⁴⁾ Якщо навантаження на болт не паралельне краям, то міцність на зминання можна перевірити окремо для складових навантаження, паралельних і нормальних відносно країв.</p> <p>⁵⁾ Алюмінієві болти не рекомендується використовувати у з'єднаннях з овальними отворами.</p> <p>⁶⁾ Для овальних отворів слід замінити d_0 на $(d+1\text{мм})$, e_1 на $(e_3+d/2)$, e_2 на $(e_4+d/2)$, p_1 на (p_3+d) і p_2 на (p_4+d), значення p_3, p_4, e_3 і e_4 можна знайти на рисунку 8.4.</p>		

Table 8.5 Design resistance for bolts and rivets

Failure mode	Bolts	Rivets
Shear resistance per shear plane:	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (8.9)$ <p>– where the shear plane passes through the threaded portion of the bolt (A – is the tensile stress area of the bolt A_s): – for steel bolts with classes 4.6, 5.6 i 8.8: $\alpha_v=0,6$; – for steel bolts with classes 4.8, 6.8, 5.8 i 10.9, stainless steel bolts and aluminium bolts $\alpha_v=0,5$.</p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}} \quad (8.10)$ <p>f_{ub}= characteristic ultimate strength of the rivet material A_0= sectional area of the hole</p>
	<p>– where the shear plane passes through the unthreaded portion of the bolt (A – is the gross cross section of the bolt): $\alpha_v=0,6$ f_{ub}= characteristic ultimate strength of the bolt material</p>	
Bearing resistance 1)2)3)4)5)6)	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.11)$ <p>where α_b – is the smallest of α_d or f_{ub}/f_u or 1,0; but $\leq 0,66$ for slotted holes in the direction of the load transfer: (8.12) – for end bolts $\alpha_d=e_1/3d_0$; for inner bolts: $\alpha_d=p_1/3d_0-1/4$; (8.13) and perpendicular to the direction of the load transfer (8.14) – for edge bolts k_1 is the smallest 2,8$e_2/d_0-1,7$ or 2,5 (8.15) – for inner bolts k_1 is the smallest of 1,4$P_2/d_0-1,7$ or 2,5 (8.16)</p>	
	<p>f_u – is the characteristic ultimate strength of the material of the connected parts f_{ub} – is the characteristic ultimate strengths of the bolt material d – is the bolt diameter d_0 – is the hole diameter e_1, e_2, p_1, P_1 – see Figure 8.1</p>	
Tension resistance	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.17)$ <p>where: $k_2=0,9$ – for steel bolts $k_2=0,5$ – for aluminium bolts $k_2=0,63$ – for countersunk steel bolts</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}} \quad (8.18)$ <p>For solid rivets with head dimensions according to Annex C, Figure C.1 or greater on both sides.</p>
Punching shear resistance	$B_{p,Rd} = 0,6\pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2} \quad (8.19)$ <p>where d_m – is the mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut or if washers are used the outer diameter of the washer, whichever is smaller; t_p – s the thickness of the plate under the bolt head or the nut; f_u – characteristic ultimate strength of the member material.</p>	
Combined shear and tension	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (8.20)$	
<p>¹⁾ The bearing resistance $F_{b,Rd}$ for bolts: – in oversized holes according to prEN 1090-3 is 0,8 times the bearing resistance for bolts in normal holes, – in short slotted holes, where the longitudinal axis of the slotted hole is perpendicular to the direction of the force transfer and the length of the slotted hole is not more than 1,5 times the diameter of the round part of the hole, is 0,80 times the bearing resistance for bolts in round, normal holes. – in long slotted holes, where the longitudinal axis of the slotted hole is perpendicular to the direction of the force transfer and the length of the slotted hole is between 1,5 times the hole diameter and 2,5 times the hole diameter of the round part of the hole, is 0,65 times the bearing resistance for bolts in round, normal holes. ²⁾ For countersunk bolts: – the bearing resistance $F_{b,Rd}$ should be based on a plate thickness t equal to the thickness of the connected plate minus half the depth of the countersinking. ³⁾ In addition to bearing resistance, the net section resistance needs to be checked</p>		

Failure mode	Bolts	Rivets
⁴⁾ If the load on a bolt is not parallel to the edge, the bearing resistance may be verified separately for the bolt load components parallel and normal to the end. ⁵⁾ Aluminium bolts should not be used in connections with slotted holes. ⁶⁾ For slotted holes replace d_0 by $(d+1\text{мм})$, e_1 by $(e_3+d/2)$, e_2 by $(e_4+d/2)$, p_1 by (p_3+d) і p_2 на (p_4+d) , where p_3 , p_4 , e_3 and e_4 are found in Figure 8.4.		

(6) Величини розрахункового опору на розтяг і зріз нарізної частини болта приведені у таблиці 8.5 тільки для болтів із накатуваною різьбою. Для інших видів деталей з нарізною різьбою, таких як анкерні болти або стяжні анкери, виготовлених із круглого сталевго прутка, на яких різьба нарізається виробником металокопструкцій, а не спеціалізованим виробником болтів, відповідні значення з таблиці 8.5, такі як, наприклад, напружена площа A_s , слід зменшити, помноживши на коефіцієнт 0,85.

(7) Значення розрахункового опору зрізу $F_{v,Rd}$, наведені у таблиці 8.5, застосовуються тільки у випадках, коли болти використовуються у отворах із номінальними допусками, які не перевищують допусків для стандартних отворів згідно з prEN 1090-3.

8.5.6 Розрахунковий опір заклепок

(1) З'єднання на заклепках необхідно розраховувати на сприйняття зусиль зрізу та зминання. Показники розрахункового опору у цьому розділі відносяться до алюмінієвих заклепок згідно з таблицею 3.7. При цьому необхідно керуватися додатковими вимогами С.4.2.

(2)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункова перерізувальна сила $F_{v,Rd}$, що діє на заклепку, не повинна перевищувати меншого зі значень:

- розрахункового опору на зріз $F_{v,Rd}$;
- розрахункового опору на зминання $F_{b,Rd}$;
- обидві величини наведені у таблиці 8.5.

(3) Розтяг в алюмінієвих заклепках дозволяється тільки у крайніх випадках (див. таблицю 8.5).

(4)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункова розтягувальна сила $F_{t,Ed}$, що діє на заклепку, не повинна

(6) The design resistances for tension and for shear through the threaded portion given in Table 8.5 are restricted to bolts with rolled threads. For other items with cut threads, such as holding-down bolts or tie rods fabricated from round steel bars where the threads are cut by the steelwork fabricator and not by a specialist bolt manufacturer, the relevant values from Table 8.5 such as the stress area A_s should be reduced by multiplying them by a factor of 0,85.

(7) The values for design shear resistance $F_{v,Rd}$ given in Table 8.5 apply only where the bolts are used in holes with nominal clearances not exceeding those for standard holes as specified in prEN 1090-3.

8.5.6 Design resistance of rivets

(1) Riveted connections should be designed to transfer forces in shear and bearing. The design resistances in this clause apply to aluminium rivets acc. to Table 3.7. The additional requirements of C.4.2 should be followed

(2)P At the ultimate limit state the design shear force $F_{v,Rd}$ on a rivet shall not exceed the lesser of:

- the design shear resistance $F_{v,Rd}$;
- the design bearing resistance $F_{b,Rd}$;
- both as given in Table 8.5.

(3) Tension in aluminium rivets should be limited to exceptional cases (see Table 8.5).

(4)P At the ultimate limit state the design tension force $F_{t,Ed}$ on a rivet shall not exceed the design ultimate tension resistance $F_{t,Rd}$ as

перевищувати розрахункової межі міцності на розрив $F_{t,Rd}$, наведеної у таблиці 8.5.

(5) Заклепки, що зазнають як зрізувальних, так і розтягуючих навантажень, повинні додатково задовольняти вимоги при сумісній дії зрізу та розтягу, як вказано у таблиці 8.5.

(6) Значення для розрахункового опору на зминання $F_{b,Rd}$ у таблиці 8.5 повинні застосовуватися тільки у тих випадках, коли відстань від краю e_2 складає не менше $1,5d_0$, а інтервал p_2 , вимірюваний поперек напрямку навантаження, дорівнює щонайменше $3,0d_0$.

(7) Для менших значень e_2 та/або p_2 використовується таке саме зменшення $F_{b,Rd}$, як вказано у 8.5.5(10) для болтів.

(8) Як правило, довжина стрижня заклепки не повинна перевищувати $4,5d$ при kleпанні молотком і $6,5d$ при kleпанні пресуванням.

(9) Одиночні заклепки у одиночних з'єднаннях внакрій не застосовуються.

8.5.7 Болти та заклепки з потайними головками

(1) З'єднання з потайними сталевими болтами або заклепками повинні розраховуватися на сприйняття зусиль зрізу та зминання.

(2)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункова перерізувальна сила $F_{v,Ed}$, що діє на потайний сталевий болт або заклепку, не повинна перевищувати меншого значення з наступних:

- $0,7$ від розрахункового опору зрізу $F_{v,Rd}$, наведеного у таблиці 8.5;
- розрахункового опору зминанню $F_{b,Rd}$, який повинен розраховуватися згідно з методикою відповідних 8.5.5 або 8.5.6, при цьому від товщини відповідного приєднаного елемента t віднімається половина глибини утоплення.

given in Table 8.5.

(5) Rivets subject to both shear and tensile forces should in addition satisfy the requirement for combined shear and tension as given in Table 8.5.

(6) The values for the design bearing resistance $F_{b,Rd}$ in Table 8.5 should only be applied where the edge distance e_2 is not less than $1,5d_0$, and the spacing p_2 measured transverse to the load direction is at least $3,0d_0$.

(7) For smaller values of e_2 and/or p_2 the same reduction of $F_{b,Rd}$ should be applied as given in 8.5.5(10) for bolts.

(8) As a general rule, the grip length of a rivet should not exceed $4,5d$ for hammer riveting and $6,5d$ for press riveting.

(9) Single rivets should not be used in single lap joints.

8.5.7 Countersunk bolts and rivets

(1) Connections with countersunk bolts or rivets made from steel should be designed to transfer forces in shear and bearing.

(2)P At the ultimate limit state the design shear force $F_{v,Ed}$ on a countersunk bolt or rivet made from steel shall not exceed the lesser of:

- $0,7$ times the design shear resistance $F_{v,Rd}$ as given in Table 8.5 and
- the design bearing resistance $F_{b,Rd}$ which should be calculated as specified in 8.5.5 or 8.5.6 respectively, with half the depth of the countersink deducted from the thickness t of the relevant part jointed.

(3) Стан розтягу в потайному сталевому болті повинен розраховуватися на сприйняття розтягуючого зусилля $F_{t,Ed}$. Стан розтягу дозволяється тільки у виняткових випадках (див. таблицю 8.5).

(4)P У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункове зусилля розтягу $F_{t,Ed}$, що діє на потайний сталевий болт, не повинне перевищувати розрахункової межі міцності на розтяг $F_{t,Rd}$, приведеної у таблиці 8.5.

(5) Болти та заклепки, що зазнають як зрізувальних, так і розтягуювальних зусиль, повинні додатково задовольняти вимоги при сумісній дії зрізу і розтягу, наведені в таблиці 8.5.

(6) Кут і глибина утоплення повинні відповідати prEN 1090-3.

(7) Значення, що відносяться до розрахункового опору зминання $F_{b,Rd}$ у таблиці 8.5, повинні застосовуватися тільки у тих випадках, коли відстань від краю e_2 складає величину, не меншу ніж $1,5d_0$, а інтервал p_2 , вимірюваний поперек напрямку навантаження, складає щонайменше $3,0d_0$.

(8) Для менших значень e_2 і/або p_2 повинне використовуватися зниження значення $F_{b,Rd}$, вказане у 8.5.5(10) для болтів.

(9) Як правило, довжина стрижня утопленого болта або заклепки не повинна перевищувати $4,5d$ при клепанні молотком і $6,5d$ при клепанні пресуванням.

(10) Одиночні потайні болти або заклепки в одиночних з'єднаннях внакрій не застосовуються.

8.5.8 Порожнисті заклепки і заклепки з оправкою

(1) Розрахункова міцність порожнистих заклепок і заклепок із оправкою регламентується у prEN 1999-1-4.

(3) Tension in a countersunk bolt made from steel should be designed to transfer tension force $F_{t,Ed}$. It should be limited to exceptional cases (see Table 8.5).

(4)P At the ultimate limit state the design tension force $F_{t,Ed}$ on a countersunk bolt made from steel shall not exceed the design ultimate tension resistance $F_{t,Rd}$ as given in Table 8.5.

(5) Bolts and rivets subject to both shear and tensile forces should in addition satisfy the requirement for combined shear and tension as given in Table 8.5.

(6) The angle and depth of countersinking should conform with prEN 1090-3.

(7) The values for the design bearing resistance $F_{b,Rd}$ in Table 8.5 should only be applied where the edge distance e_2 is not less than $1,5d_0$ and the spacing p_2 measured transverse to the load direction is at least $3,0d_0$.

(8) For smaller values of e_2 and/or p_2 the same reduction of $F_{b,Rd}$ should be applied as given in 8.5.5(10) for bolts.

(9) As a general rule, the grip length of a countersunk bolt or rivet should not exceed $4,5d$ for hammer riveting and $6,5d$ for press riveting.

(10) Single countersunk bolts or rivets should not be used in single lap joints.

8.5.8 Hollow rivets and rivets with mandrel

(1) For the design strength of hollow rivets and rivets with mandrel, see EN 1999-1-4.

8.5.9 Високоміцні болти і з'єднання, які запобігають проковзуванню

8.5.9.1 Загальні вимоги

(1) З'єднання, стійкі до проковзування, повинні застосовуватися тільки у тих випадках, коли технічна межа міцності матеріалу з'єднуваних частин вища, ніж 200 Н/мм².

(2) Не можна ігнорувати ефекти від великих перепадів температур та/або великих довжин стрижнів у з'єднаннях, коли сила тертя зменшується або зростає через різницю у коефіцієнтах температурного розширення алюмінію та сталі болтів.

8.5.9.2 Граничний стан за втратою несучої здатності

(1)Р Величину опору проковзуванню можна приймати за показник граничного стану за втратою несучої здатності або працездатності конструкції, див. 8.5.3.1. Для граничного стану за втратою несучої здатності, крім того, висувається додаткова вимога: розрахункова перерізувальна сила $F_{v,Rd}$, яка діє на високоміцний болт, не повинна перевищувати меншого значення з наступних:

- розрахункового опору зрізу $F_{v,Rd}$;
- розрахункового опору зминанню $F_{v,Rd}$;
- показника опору елемента розтягу, стиску або згину в перерізі нетто та у перерізі бруто.

8.5.9.3 Опір проковзуванню та зрізу

(1) Розрахунковий опір проковзуванню попередньо-напруженого високоміцного болта необхідно приймати у вигляді:

$$F_{s,Rd} = \frac{n\mu}{\gamma_{Ms}} F_{p,C} \tag{8.21}$$

де:

$F_{p,C}$ – зусилля попереднього напруження з

8.5.9 High strength bolts in slip-resistant connections

8.5.9.1 General

(1) Slip resistant connections should only be used if the proof strength of the material of the connected parts is higher than 200 N/mm².

(2) The effect of extreme temperature changes and/or long grip lengths which may cause a reduction or increase of the friction capacity due to the differential thermal expansion between aluminium and bolt steel cannot be ignored.

8.5.9.2 Ultimate limit state

(1)P It is possible to take the slip resistance as ultimate or serviceability limit state, see 8.5.3.1, but, besides, at the ultimate limit state the design shear force, $F_{v,Rd}$ on a high strength bolt shall not exceed the lesser of:

- the design shear resistance $F_{v,Rd}$
- the design bearing resistance $F_{v,Rd}$
- the tensile or compression or bending resistance of the member in the net section and in the gross cross section.

8.5.9.3 Slip resistance / Shear resistance

(1) The design slip resistance of a preloaded high-strength bolt should be taken as:

where:

$F_{p,C}$ is the preloading force, given in 8.5.9.4;

8.5.9.4;

μ – коефіцієнт проковзування, див. 8.5.9.5;

n – кількість поверхонь тертя.

(2) Для болтів у отворах зі стандартними номінальними допусками коефіцієнт надійності щодо проковзування γ_{Ms} необхідно приймати рівним $\gamma_{Ms,ult}$ для граничного стану за втратою несучої здатності або $\gamma_{Ms,ser}$ для граничного стану за втратою працездатності, де $\gamma_{Ms,ult}$ і $\gamma_{Ms,ser}$ приведені у 8.1.1.

Якщо коефіцієнт проковзування μ знаходиться за допомогою експериментальних досліджень, то коефіцієнт надійності щодо граничного стану за втратою несучої здатності можна понизити до 0,1.

(3) Овальні або нестандартні отвори цими розділами не регламентуються.

8.5.9.4 Попереднє напруження

(1) Для високоміцних болтів марок 8.8 або 10.9 з регульованим затягуванням зусилля попереднього напруження $F_{p,C}$ для проектних розрахунків повинне вибиратися у вигляді:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s \quad (8.22)$$

8.5.9.5 Коефіцієнт проковзування

(1) Розрахункова величина коефіцієнта проковзування μ залежить від класу обробки поверхні. Значення μ для дробоструменевої обробки для досягнення ступеня шорсткості $R_a 12,5$, див. EN ISO 1302 та EN ISO 4288, без захисної обробки поверхні можна прийняти на підставі даних таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 Коефіцієнт проковзування поверхонь тертя
Table 8.6 Slip factor of treated friction surfaces

Загальна товщина вузла, мм Total joint thickness, mm	Коефіцієнт проковзування μ Slip factor μ
$12 \leq \sum t < 18$	0,27
$18 \leq \sum t < 24$	0,33

μ is the slip factor, see 8.5.9.5;

n – is the number of friction interfaces.

(2) For bolts in standard nominal clearance holes, the partial safety factor for slip resistance $\gamma_{Ms,ult}$ should be taken as $\gamma_{Ms,ult}$ for the ultimate limit state and for $\gamma_{Ms,ser}$ the serviceability limit state where $\gamma_{Ms,ult}$ and $\gamma_{Ms,ser}$ are given in 8.1.1.

If the slip factor μ is found by tests the partial safety factor for the ultimate limit state may be reduced by 0,1.

(3) Slotted or oversized holes are not covered by these clauses.

8.5.9.4 Preloading

(1) For high strength bolts grades 8.8 or 10.9 with controlled tightening, the preloading force $F_{p,C}$ to be used in the design calculations, should be taken as:

8.5.9.5 Slip factor

(1) The design value of the slip factor μ is dependent on the specified class of surface treatment. The value of μ for grit blasting to achieve a roughness value $R_a 12,5$, see EN ISO 1302 and EN ISO 4288, without surface protection treatments, should be taken from Table 8.6.

$24 \leq \sum t < 30$	0,37
$30 \leq \sum t$	0,40

ПРИМІТКА. Досвід показує, що захисна обробка поверхонь, здійснена перед дробоструменевим очищенням, призводить до зниження коефіцієнта проковзування.

(2) Розрахунки для інших способів оброблення поверхонь або використання вищих коефіцієнтів проковзування повинні базуватися на випробуваннях характерних зразків поверхонь, використаних у конструкціях, згідно з методикою, викладеною у prEN 1090-3.

8.5.9.6 Сумісна дія розтягу та зрізу

(1) Якщо з'єднання для запобігання проковзуванню зазнає сумісного впливу розтягувального зусилля F_t додатково до перерізувальної сили F_v , від чого може виникнути проковзування, то величина опору проковзуванню на один болт приймається таким чином.

Категорія В: Опір проковзуванню у граничному стані за втратою працездатності:

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{n\mu(F_{p,C} - 0,8F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{Ms,ser}} \quad (8.23)$$

Категорія С: Опір проковзуванню у граничному стані за втратою несучої здатності

$$F_{s,Rd} = \frac{n\mu(F_{p,C} - 0,8F_{t,Ed})}{\gamma_{Ms,ult}} \quad (8.24)$$

8.5.10 Важільне зусилля відриву

(1) У разі, якщо від кріпильних деталей вимагається сприймати прикладене розтягувальне зусилля, вони повинні також додатково підбиратися для сприйняття важільного зусилля, якщо таке може виникнути, див. рисунок 8.8

NOTE. Experience show that surface protection treatments applied before shot blasting lead to lower slip factors.

(2) The calculations for any other surface treatment or the use of higher slip factors should be based on specimens representative of the surfaces used in the structure using the procedure set out in prEN 1090-3.

8.5.9.6 Combined tension and shear

(1) If a slip-resistant connection is subjected to an applied tensile force F_t in addition to the shear force F_v tending to produce slip, the slip resistance per bolt should be taken as follows:

Category В: Slip-resistant at serviceability limit state

Category С: Slip-resistant at ultimate limit state

8.5.10 Prying forces

(1) Where fasteners are required to carry an applied tensile force, they should be proportioned to also resist the additional force due to prying action, where this can occur, see Figure 8.8

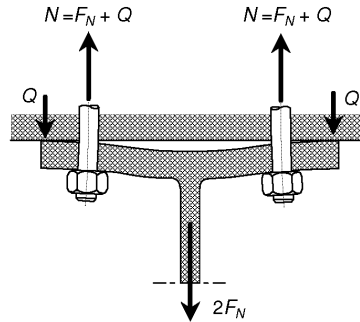
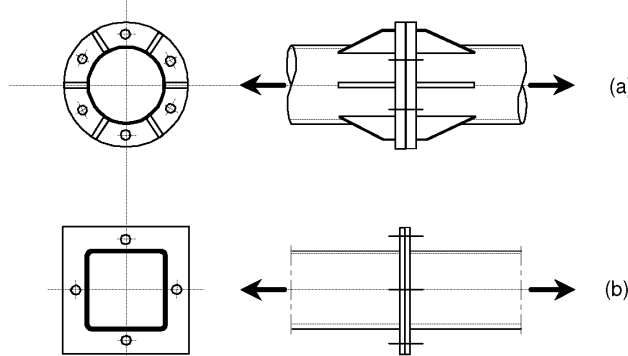


Рисунок 8.8 Важільне зусилля відриву (Q)
Figure 8.8 Prying forces (Q)

(2) Важільні зусилля відриву залежать від відносної жорсткості та геометричних характеристик частин з'єднання, див. рисунок 8.9.

(2) The prying forces depend on the relative stiffness and geometrical proportions of the parts of the connection, see Figure 8.9.



(a) Товста кінцева шайба, невелике важільне зусилля
 (b) Тонка кінцева шайба, велике важільне зусилля

Рисунок 8.9 Залежність важільних зусиль від характеристик деталей
Figure 8.9 Effect of details on prying forces

(3) Якщо ефект від важільного зусилля відриву враховується при проектуванні кінцевих шайб, то його слід враховувати при розрахунку конструкції. Див. Додаток В.

(3) If the effect of the prying force is taken advantage of in the design of the end plates, then the prying force should be allowed for in the analysis. See Annex B.

8.5.11 Протяжні вузли з'єднання

8.5.11 Long joints

(1) Якщо відстань L_j між центрами кінцевих кріпильних деталей у вузлі, вимірювана у напрямку передачі зусиль (див. рисунок 8.10) складає величину більшу ніж $15d$, то розрахунковий опір зрізу $F_{v,Rd}$ усіх кріпильних деталей, розрахований за методиками розділів 8.5.5 та 8.5.6 відповідно, слід зменшити шляхом помноження на знижувальний коефіцієнт β_{Lf} , який дається виразом:

(1) Where the distance L_j between the centres of the end fasteners in a joint, measured in the direction of the transfer of force (see Figure 8.10), is more than $15d$, the design shear resistance $F_{v,Rd}$ of all the fasteners calculated as specified in 8.5.5 or 8.5.6 as appropriate should be reduced by multiplying it by a reduction factor β_{Lf} , given by:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d}, \tag{8.25}$$

але (but) $0,75 \leq \beta_{Lf} \leq 1,0$

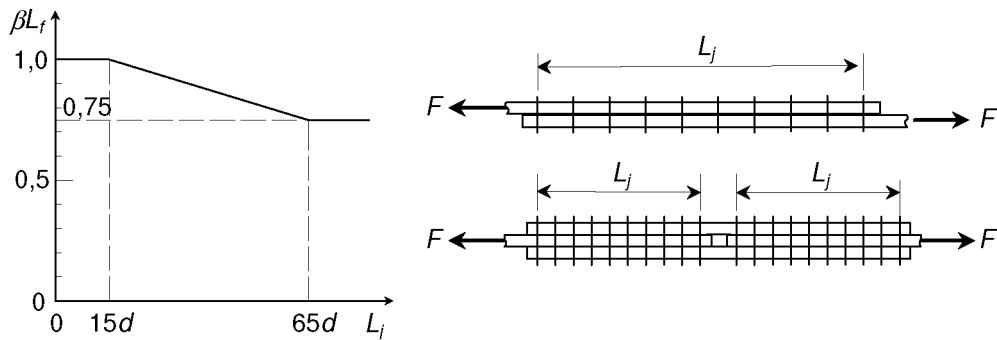


Рисунок 8.10 Протяжні вузлові з'єднання
Figure 8.10 Long joints

(2) Дане положення не застосовується в тих випадках, коли має місце рівномірний розподіл передачі зусиль по довжині вузлового з'єднання, наприклад, передача перерізувальної сили від стінки перерізу на полицю.

(2) This provision does not apply where there is a uniform distribution of force transfer over the length of the joint, e.g. the transfer of shear force from the web of a section to the flange.

8.5.12 Одиночні з'єднання внакрій з кріпильними деталями в один ряд

8.5.12 Single lap joints with fasteners in one row

(1) Не слід застосовувати поодинокі заклепки або один ряд заклепок при одиничних з'єднаннях внакрій.

(1) A single rivet or one row of rivets should not be used in single lap joints.

(2) Опір змианню $F_{b,Rd}$, що визначається відповідно до 8.5.5, слід обмежити наступним чином:

(2) The bearing resistance $F_{b,Rd}$ determined in accordance with 8.5.5 should be limited to:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 f_u d t / \gamma_{M2} \tag{8.26}$$

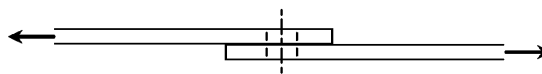


Рисунок 8.11 Одиночне з'єднання внакрій з болтами в один ряд
Figure 8.11 Single lap joint with one row of bolts

(3) У разі застосування високоміцних болтів марок 8.8 або 10.9 у одиничних з'єднаннях внакрій плоских стрічок із одним болтом або одним рядом болтів (нормальним до напрямку навантаження) слід використовувати відповідні шайби, навіть коли болти не є попередньо напруженими.

(3) In the case of high strength bolts, grades 8.8 or 10.9, appropriate washers should be used for single lap joints of flats with only one bolt or one row of bolts (normal to the direction of load), even where the bolts are not preloaded.

8.5.13 Кріпильні деталі з ущільнювальними прокладками

(1) Якщо болти або заклепки, які сприймають зусилля зрізу та зминання, проходять через ущільнювальні прокладки загальної товщини t_p більшої, ніж одна третина номінального діаметра d , то розрахунковий опір зрізу $F_{v,Rd}$, розрахований за відповідною методикою 8.5.5 або 8.5.6, слід зменшити шляхом помноження на наступний знижувальний коефіцієнт β_p :

$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p}, \text{ але } \beta_p \leq 1,0 \quad (8.27)$$

(2) У двозрізних з'єднаннях з ущільнювальними прокладками на обох сторонах місця з'єднання значення t_p необхідно приймати рівним товщині товщої прокладки.

(3) Будь-які необхідні додаткові кріпильні деталі, необхідність у яких з'являється через використання знижувального коефіцієнта β_p , можуть розташовуватися на продовженні прокладки.

8.5.14 Штифтові з'єднання

8.5.14.1 Основні положення

(1) Цей розділ регламентує штифтові з'єднання, у яких необхідно забезпечити обертання.

(2) Штифти не працюють тільки на зріз, тому на одному зі з'єднаних елементів штифт повинен мати вилкоподібний кінець або отвір під шплінт. Пристосування, яке утримує штифт на місці – наприклад, пружинний фіксатор – повинне розраховуватися на сприйняття поперечного навантаження, не меншого ніж 10 % від повного зрізувального навантаження на штифт.

8.5.14.2 Отвори під штифти та штифтові шайби

(1) Геометрія штифтових шайб у з'єднаннях повинна відповідати нормативним

8.5.13 Fasteners through packings

(1) Where bolts or rivets transmitting load in shear and bearing pass through packings of total thickness t_p greater than one-third of the nominal diameter d , the design shear resistance $F_{v,Rd}$, calculated as specified in 8.5.5 or 8.5.6 as appropriate, should be reduced by multiplying it by a reduction factor β_p given by:

$$(8.27)$$

(2) For double shear connections with packings on both sides of the splice, should be taken as the thickness of the thicker packing. t_p .

(3) Any additional fasteners required due to the application of the reduction factor β_p may optionally be placed in an extension of the packing.

8.5.14 Pin connections

8.5.14.1 Scope

(1) This clause applies to pin connections where rotation is required.

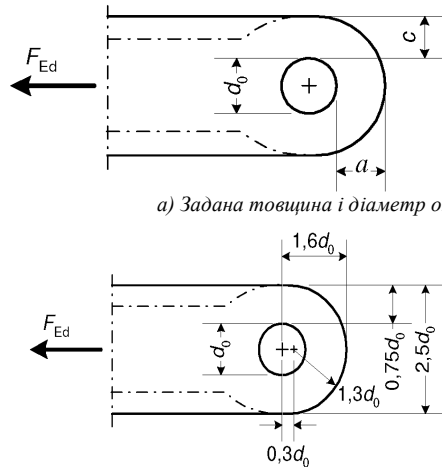
(2) Pins should not be loaded in single shear, so one of the members to be joined should have a fork end, or clevis. The pin retaining system, e.g. spring clip, should be designed to withstand a lateral load not less than 10 % of the total shear load of the pin.

8.5.14.2 Pin holes and pin plates

(1) The geometry of plates in pin connections should be in accordance with the

вимогам щодо розмірів, див. рисунок 8.12.

dimensional requirements, see Figure 8.12.



a) Задана товщина і діаметр отворів (Given thickness and diameter of hole)

b) Задана геометрія (Given geometry)

$$a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{2f_o} + \frac{2d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{2f_o} + \frac{d_0}{3}$$

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{f_o}}$$

$$d_0 \geq 1,75 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{f_o}}$$

t = товщина елемента (шайби) (thickness of member (plate))

d_0 = діаметр отвору (diameter of hole)

Рисунок 8.12 Геометричні характеристики для елементів зі штифтовими з'єднаннями на кінцях

Figure 8.12 Geometrical requirements for pin ended members

(2)П У граничному стані з втратою несучої здатності розрахункове зусилля F_{Ed} у листі не повинно перевищувати розрахунковий опір, приведений у таблиці 8.7.

(2)P At the ultimate limit state the design force F_{Ed} in the plate shall not exceed the design resistance given in Table 8.7.

(3) Штифтові шайби, призначені для збільшення площі нетто з'єднуваного елемента або для покращання опору штифта змінанню, повинні мати достатні розміри, щоб передавати розрахункове навантаження від штифта елемента, а також бути розташовані таким чином, щоб уникнути появи ексцентриситету.

(3) Pin plates provided to increase the net area of a member or to increase the bearing resistance of a pin should be of sufficient size to transfer the design force from the pin into the member and should be arranged to avoid eccentricity.

8.5.14.3 Розрахунок штифтів

8.5.14.3 Design of pins

(1) Згинальні моменти у штифті повинні розраховуватися як вказано на рисунку 8.13.

(1) The bending moments in a pin should be calculated as indicated in Figure 8.13.

(2) У граничному стані за втратою несучої здатності розрахункові зусилля і моменти у штифті не повинні перевищувати відповідних показників розрахункового опору, приведених у таблиці 8.7.

(2) At the ultimate limit state the design forces and moments in a pin should not exceed the relevant design resistances given in Table 8.7.

Таблиця 8.7 Розрахункові опори штифтових з'єднань

Вид перевірки	Опір
Зріз штифта	$F_{v,Rd} = 0,6Af_{up} / \gamma_{Mp}$
Згин штифта	$M_{Rd} = 0,8W_{el}f_{up} / \gamma_{Mp}$
Сумісна дія зрізу та згину	$[M_{Ed} / M_{Rd}]^2 + [F_{v,Ed} / F_{v,Rd}]^2 \leq 1,0$

Змінання плоского елемента у штифтовому з'єднанні	$F_{b,Rd} = 1,5df_o / \gamma_{M1}$
Змінання штифта у граничному стані за втратою працездатності	$F_{b,Rd} = 0,6tdf_o / \gamma_{M6,ser}$

Table 8.7 Design resistances for pin connections

Criterion	Resistance
Shear of the pin	$F_{v,Rd} = 0,6Af_{up} / \gamma_{Mp}$
Bending of the pin	$M_{Rd} = 0,8W_{el}f_{up} / \gamma_{Mp}$
Combined shear and bending of the pin	$[M_{Ed} / M_{Rd}]^2 + [F_{v,Ed} / F_{v,Rd}]^2 \leq 1,0$
Bearing of the plate in pin connection	$F_{b,Rd} = 1,5df_o / \gamma_{M1}$
Bearing of the pin at the serviceability limit state	$F_{b,Rd} = 0,6tdf_o / \gamma_{M6,ser}$

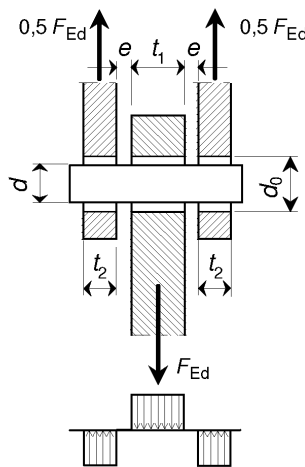


Рисунок 8.13 Зусилля у штифті
Figure 8.13 Actions and action effects on a pin

$$M_{Ed} = F_{Ed} (2t_2 + 4e + t_1) / 8 \tag{8.28}$$

8.6 ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ

8.6 Welded connections

8.6.1 Загальні положення

8.6.1 General

(1) При розрахунку зварних з'єднань необхідно розглядати як міцність зварних швів, так і міцність пришовних зон термічного впливу.

(1) In the design of welded joints consideration should be given both to the strength of the welds and to the strength of the HAZ.

(2) Вказівки з розрахунку, наведені тут, відносяться до:

(2) The design guidance given here applies to:

- напівавтоматичного зварювання та ручного зварювання неплавким електродом у інертному середовищі (МІГ і ВІГ) при товщині матеріалу відповідно до таблиці 3.2a і таблиці 3.2b, а також при проведенні ремонтних робіт;
- рівня забезпечення якості згідно з prEN 1090-3;

- the welding process MIG and TIG for material thicknesses according to Table 3.2a and Table 3.2b and for repair;

- quality level according to prEN 1090-3;

- сполучення основного та присадного металу, як вказано у 3.3.4;
- конструкцій, навантажених переважно статичними навантаженнями.

(3) Якщо – у випадку елементів несучого каркаса – вищезгадані умови не виконані, то необхідно зварити і піддати випробуванням спеціальні дослідні зразки за домовленістю договірних сторін.

(4) Якщо для допоміжних і ненесучих елементів обумовлено більш низький рівень якості, слід використовувати більш низькі розрахункові показники міцності.

8.6.2 Пришовна зона

(1) Для нижченаведених класів сплавів слід брати до уваги наявність пришовної зони термічного впливу (див. також 6.5):

- термооброблені сплави марки T4 і вище (серії 6xxx і 7xxx);
- нетермооброблені сплави з будь-яким зміцненням (серії 3xxx, 5xxx і 8xxx).

(2) Необхідно враховувати протяжність (розміри) пришовної зони і ступінь знеміцнення матеріалу у ній, визначені у 6.5. Як ступінь знеміцнення, так і розміри зон відрізняються для напівавтоматичного зварювання (МІГ) і для ручного зварювання неплавким електродом (ВІГ). У випадку ручного зварювання неплавким електродом у інертному середовищі (ВІГ) необхідно брати більші розміри пришовної зони та більш інтенсивне знеміцнення матеріалу в ній через більш інтенсивний притік тепла.

(3) Характеристичні показники міцності $f_{u,haz}$ для матеріалу в пришовних зонах приведені у таблиці 3.2. Характеристична міцність на зсув у пришовній зоні визначається як $f_{u,haz} = f_{u,haz} / \sqrt{3}$.

8.6.3 Розрахунок зварних з'єднань

(1) Розрахунок зварних з'єднань включає наступні різновиди перевірок:

- розрахунок швів, див. 8.6.3.2 та 8.6.3.3;

- combinations of parent and filler metal as given in 3.3.4;
- structures loaded with predominantly static loads.

(3) If – in case of primary load bearing members – the above conditions are not fulfilled special test pieces should be welded and tested, which should be agreed upon by the contracting parties.

(4) If for secondary or non load-bearing members a lower quality level has been specified lower design strength values should be used.

8.6.2 Heat-affected zone (HAZ)

(1) For the following classes of alloys a heat-affected zone should be taken into account (see also 6.5):

- heat-treatable alloys in temper T4 and above (6xxx and 7xxx series);
- non-heat-treatable alloys in any work-hardened condition (3xxx, 5xxx and 8xxx series).

(2) The severity and extent (dimensions) of HAZ softening given in 6.5 should be taken into account. Both severity and extent are different for TIG and MIG welding. For TIG welding a higher extent (larger HAZ area) and more severe softening due to the higher heat-input should be applied.

(3) The characteristic strengths $f_{u,haz}$ for the material in the HAZ are given in Table 3.2. The characteristic shear strength in the HAZ is defined as: $f_{u,haz} = f_{u,haz} / \sqrt{3}$.

8.6.3 Design of welded connections

(1) For the design of welded connections the following should be verified:

- the design of the welds, see 8.6.3.2 and

- розрахункову міцність пришовної зони, див. 8.6.3.4;
- розрахунок з'єднань із комбінованими зварними швами, див. 8.6.3.5.

(2) Піддатливість зварного з'єднання можна поліпшити, якщо розрахункова міцність швів буде більшою, ніж матеріалу пришовної зони.

8.6.3.1 Характеристична міцність металу зварного шва

(1) За характеристичну міцність металу зварного шва (f_w) слід брати показники з таблиці 8.8, за умови, що застосовується комбінація основного і присадного металу, як показано у 3.3.4.

(2) У зварних з'єднаннях міцність металу шва зазвичай є нижчою за міцність основного металу, за винятком металу пришовної зони.

8.6.3.3;

- the design strength of the HAZ adjacent to a weld, see 8.6.3.4;
- the design of connections with combined welds, see 8.6.3.5.

(2) The deformation capacity of a welded joint can be improved if the design strength of the welds is greater than that of the material in the HAZ.

8.6.3.1 Characteristic strength of weld metal

(1) For the characteristic strength of weld metal (f_w) the values according to Table 8.8 should be used, provided that the combinations of parent metal and filler metal as given in 3.3.4, are applied.

(2) In welded connections the strength of the weld metal is usually lower than the strength of the parent metal except for the strength in the HAZ.

Таблиця 8.8 Характеристичні значення міцності металу зварних швів f_w

Характеристична міцність	Присадний метал	Сплав								
		3103	5052	5083	5454	6060	6005A	6061	6082	7020
f_w [Н/мм ²]	5356	-	170	240	220	160	180	190	210	260
	4043A	95	-	-	-	150	160	170	190	210

1 Для сплавів EN AW-5754 і EN AW-5049 можна використовувати значення для сплаву 5454.
 Для EN AW-6063, EN AW-3005 і EN AW-5005 можна використовувати значення для сплаву 6060.
 Для EN AW-6106 можна використовувати значення для сплаву 6005A.
 Для EN AW-3004 можна використовувати значення для сплаву 6082.
 Для EN AW-8011 можна використовувати значення 100 Н/мм² для присадного металу типів 4 і 5.
 2. Якщо використовуються присадні метали 5056A, 5556A або 5183, то слід приймати значення для 5356.
 3. Якщо використовуються присадні метали 4047A або 3103, то слід приймати значення для 4043A.
 4 При поєднанні різних сплавів слід використовувати найнижчу серед них характеристичну міцність.

Table 8.8 Characteristic strength values of weld metal f_w

Characteristic strength	Filler metal	Alloy								
		3103	5052	5083	5454	6060	6005A	6061	6082	7020
f_w [N/mm ²]	5356	-	170	240	220	160	180	190	210	260
	4043A	95	-	-	-	150	160	170	190	210

1 For alloys EN AW-5754 and EN AW-5049 the values of alloy 5454 can be used;
 for EN AW-6063, EN AW-3005 and EN AW-5005 the values of alloy 6060 can be used;
 for EN AW-6106 the values of alloy 6005A can be used;
 for EN AW-3004 the values of alloy 6082 can be used;
 for EN AW-8011A a value of 100 N/mm² for filler metal Type 4 and Type 5 can be used.
 2 If filler metals 5056A, 5556A, or 5183 are used then the values for 5356 have to be applied.
 3 If filler metals 4047A or 3103 are used then the values of 4043 A have to be applied.
 4 For combinations of different alloys the lowest characteristic strength of the weld metal has to be used.

(3) Характеристична міцність металу зварного шва повинна класифікуватися відповідно до застосованого присадного мета-

(3) The characteristic strength of weld metal should be distinguished according to the filler metal used. The choice of filler metal has

лу. Вибір присадного металу має значний вплив на міцність зварюваного металу.

a significant influence on the strength of the weld metal.

8.6.3.2 Розрахунок стикових зварних швів

8.6.3.2 Design of butt welds

8.6.3.2.1 Проплавлені стикові шви

8.6.3.2.1 Full Penetration Butt Welds

(1) Для елементів основного несучого каркаса слід використовувати шви з повним проварюванням.

(1) Full penetration butt welds should be applied for primary load-bearing members.

(2) Розрахункову товщину проплавленого стикового зварного шва слід брати рівною товщині з'єднаних ним елементів. Якщо елементи мають різну товщину, за розрахункову товщину шва приймається менша з них.

(2) The effective thickness of a full penetration butt weld should be taken as the thickness of the connected members. With different member thicknesses the smallest member thickness should be taken as weld thickness.

(3) Підсиленням або підрубленням зварного шва слід нехтувати, якщо вони знаходяться у обумовлених стандартом межах.

(3) Reinforcement or undercut of the weld within the limits as specified should be neglected for the design.

(4) Розрахункову довжину слід приймати рівній загальній довжині шва, якщо використовуються вивідні планки. Інакше загальну довжину потрібно зменшити на дві товщини t .

(4) The effective length should be taken as equal to the total weld length if run-on and run-off plates are used. Otherwise the total length should be reduced by twice the thickness t .

8.6.3.2.2 Стикові зварні шви з неповним проварюванням

8.6.3.2.2 Partial Penetration Butt Welds

(1) Стикові шви з неповним проварюванням повинні застосовуватися тільки для допоміжних і ненесучих елементів.

(1) Partial penetration butt welds should only be used for secondary and non load-bearing members.

(2) Для зварних стикових швів із неповним проварюванням слід використовувати приведену розрахункову товщину шва t_e (див. рисунок 8.21).

(2) For partial penetration butt welds an effective throat section t_e should be applied (see Figure 8.21).

8.6.3.2.3 Формули для розрахунку стикових зварних швів

8.6.3.2.3 Design Formulae for Butt Welds

(1) Розрахункові зусилля слід перевіряти за наступними формулами:
– нормальне напруження, розтяг або стиск, перпендикулярно до осі зварного шва, див. рисунок 8.14.

(1) For the design stresses the following applies:
– normal stress, tension or compression, perpendicular to the weld axis, see Figure 8.14

$$\sigma_{\perp Ed} \leq \frac{f_w}{\gamma_{Mw}} ; \quad (8.29)$$

– дотичне напруження, див. рисунок 8.15:

$$\tau_{Ed} \leq 0,6 \frac{f_w}{\gamma_{Mw}} ; \tag{8.30}$$

– shear stress, see Figure 8.15:

– сумісна дія нормальних та дотичних напружень:

$$\sqrt{\sigma_{\perp Ed}^2 + 3\tau_{Ed}^2} \leq \frac{f_w}{\gamma_{Mw}} , \tag{8.31}$$

– combined normal and shear stresses:

де:

f_w – характеристична міцність металу шва згідно з таблицею 8.8;

$\sigma_{\perp Ed}$ – нормальне напруження, перпендикулярне до осі зварного шва;

τ_{Ed} – дотичне напруження, паралельне осі зварного шва;

γ_{Mw} – коефіцієнт надійності для зварних з'єднань, див. 8.1.1.

where:

f_w – characteristic strength weld metal according to Table 8.8;

$\sigma_{\perp Ed}$ – normal stress, perpendicular to the weld axis;

τ_{Ed} – shear stress, parallel to the weld axis;

γ_{Mw} – partial safety factor for welded joints, see 8.1.1.

(2) Залишкові напруження і напруження, що не беруть участі у передачі навантаження, можна не враховувати при перевірці міцності шва. Це зокрема стосується нормальних напружень, паралельних осі зварного шва.

(2) Residual stresses and stresses not participating in the transfer of load need not be included when checking the resistance of a weld. This applies specifically to the normal stress parallel to the axis of a weld.

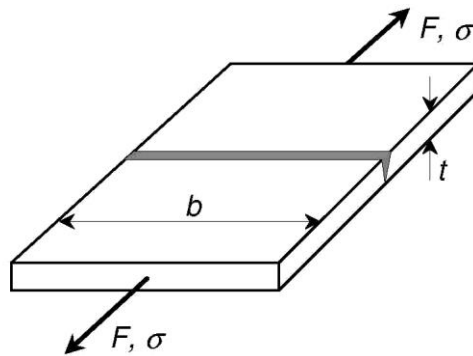


Рисунок 8.14 Стиковий шов під нормальним напруженням
Figure 8.14 Butt weld subject to normal stresses

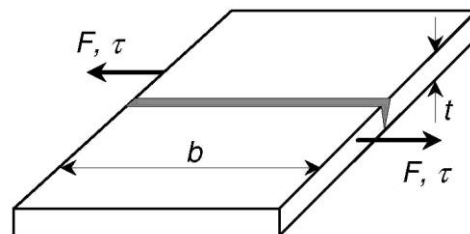


Рисунок 8.15 Стиковий шов під дотичним напруженням
Figure 8.15 Butt weld subject to shear stresses

8.6.3.3 Розрахунок кутових швів

8.6.3.3 Design of fillet welds

(1) За розрахунковий переріз кутового

(1) For the design of fillet welds the throat

шва вибирається його поздовжній переріз у площині бісектриси кута.

(2) Розрахунковий переріз визначається розрахунковою довжиною шва та його розрахунковою товщиною.

(3) Розрахункову довжину слід брати рівною фактичній довжині зварного шва, якщо:

- довжина шва складає принаймні 8 його товщин;
- довжина зварного шва не перевищує 100 товщин шва при нерівномірному розподілі напружень;
- розподіл напружень уздовж зварного шва є постійним, наприклад, у випадку з'єднань внакрій, як показано на рисунку 8.16(a).

(4) Якщо вищезазначені вимоги не виконані, то розрахункову довжину поздовжніх зварних швів слід приймати рівною

$$L_{w,eff} = (1,2 - 0,2L_w / 100a) \cdot L_w \text{ при (with) } L_w \geq 100a, \quad (8.32)$$

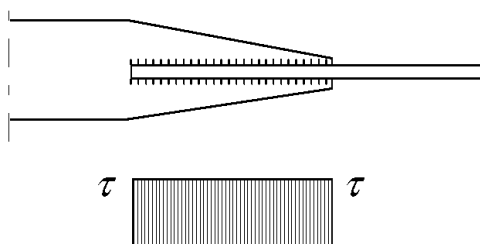
де:

$L_{w,eff}$ – розрахункова довжина поздовжніх кутових швів;

L_w – загальна довжина поздовжніх зварних швів;

a – розрахункова товщина зварного шва, див. рисунок 8.17.

ПРИМІТКА. При нерівномірному розподілі напружень і наявності тонких та довгих зварних швів податливість на їхніх кінцях може бути вичерпаною до допустимої межі ще до того, як у середній частині шва буде досягнуто стану текучості; таким чином з'єднання може зруйнуватись на зразок застібки-«блискавки».



a) Приклад рівномірного розподілу напружень
a) Example of a uniform stress distribution

section should be taken as the governing section.

(2) The throat section should be determined by the effective weld length and the effective throat thickness of the weld.

(3) The effective length should be taken as the total length of the weld if:

- the length of the weld is at least 8 times the throat thickness;
- the length of the weld does not exceed 100 times the throat thickness with a non-uniform stress distribution;
- the stress distribution along the length of the weld is constant for instance in case of lap joints as shown in Figure 8.16(a).

(4) If the above listed requirements are not fulfilled the effective weld length of longitudinal welds should be taken as

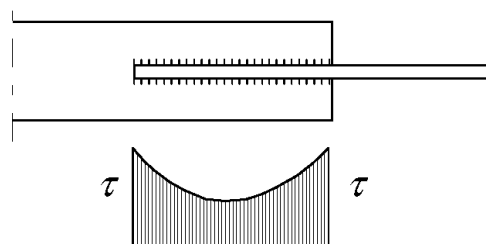
where:

$L_{w,eff}$ – effective length of longitudinal fillet welds;

L_w – total length longitudinal fillet welds;

a – effective throat thickness, see Figure 8.17.

NOTE. With non-uniform stress distributions and thin, long welds the deformation capacity at the ends may be exhausted before the middle part of the weld yields; thus the connection fails by a kind of zipper-effect



b) Приклад нерівномірного розподілу напружень
b) Example of a non uniform stress distribution

Рисунок 8.16 Розподіл напружень у з'єднаннях з кутовими швами
Figure 8.16 Stress Distributions in Joints with Fillet Welds

(5) Розрахункову товщину зварного шва a слід визначати так, як показано на рисунку 8.17 (a – висота найбільшого трикутника, який можна вписати у межі зварного шва).

(6) Якщо на випробувальних зразках демонструється достатньо якісне та однорідне проварювання кореня шва, то для цілей розрахунку можна зробити такі припущення:

- розрахункову товщину шва можна прийняти більшою на 20 % або на 2 мм (у залежності від того, яке значення менше) за умови проведення належних приймальних випробувань. Таким чином, $a=1,2a$ або $a=a+2\text{мм}$;
- у кутових швах з глибоким проплавленням можна брати товщину шва більшою на додаткову глибину проплавлення, за умови, що однорідне якісне проплавлення доведено експериментально. Тому $a = a + a_{\text{pen}}$, див. рисунок 8.17.

(5) The effective throat thickness a has to be determined as indicated in Figure 8.17 (a the height of the largest triangle which can be inscribed within the weld).

(6) If the qualification specimens show a consistent, positive root penetration, for design purposes the following may be assumed:

- The design throat thickness may be increased by 20 % or 2 mm whichever is smaller, under the condition that a qualification procedure has been prepared. Thus: $a=1,2a$ або $a=a+2\text{mm}$.
- With deep penetration fillet welds the additional throat thickness may be taken into account provided that consistent penetration has been proved by test. Thus: $a = a + a_{\text{pen}}$ see Figure 8.17.

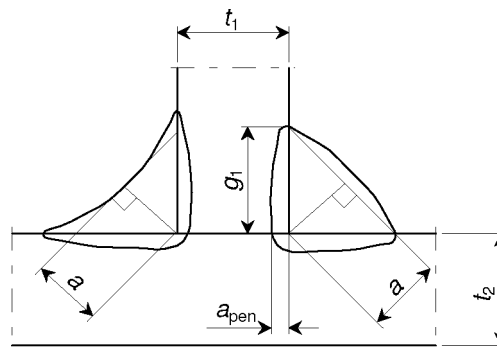


Рисунок 8.17 Розрахункова товщина зварного шва a ; проплавлення кореня шва a_{pen}

Figure 8.17 Effective throat thickness a ; positive root penetration a_{pen} .

(7) Сили, що діють на кутовий шов, необхідно перевести у компоненти напружень, які діють на розрахунковий переріз шва, див. рисунок 8.18. Ці компоненти наведені далі:

- нормальне напруження σ_{\perp} – перпендикулярне до перерізу зварного шва;
- нормальне напруження σ_{\parallel} – паралельне осі шва;
- дотичне напруження τ_{\perp} – діє на переріз шва перпендикулярно до його осі;
- дотичне напруження τ_{\parallel} – діє на переріз

(7) The forces acting on a fillet weld should be resolved into stress components with respect to the throat section, see Figure 8.18. These components are:

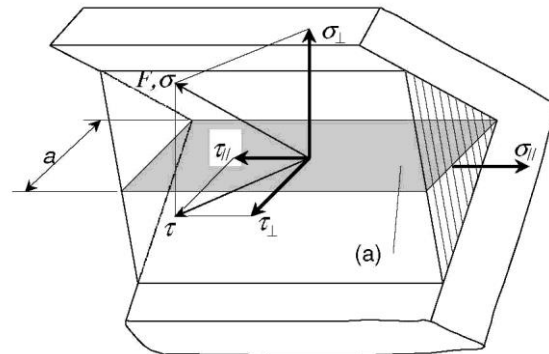
- a normal stress σ_{\perp} – perpendicular to the throat section;
- a normal stress σ_{\parallel} – parallel to the weld axis;
- a shear stress τ_{\perp} – acting on the throat section perpendicular to the weld axis;
- a shear stress τ_{\parallel} – acting on the throat

зварного шва паралельно його осі.

section parallel to the weld axis.

(8) Залишкові напруження і напруження, які не беруть участі у передачі навантаження, можна не враховувати при перевірці міцності кутового шва. Це зокрема стосується нормального напруження σ_{\parallel} , паралельного осі зварного шва.

(8) Residual stresses and stresses not participating in the transfer of load need not be included when checking the resistance of a fillet weld. This applies specifically to the normal stress σ_{\parallel} parallel to the axis of a weld.



(a) Поздовжній переріз зварного шва по бісектрисі кута
(a) Throat section

Рисунок 8.18 Напруження σ_{\perp} , τ_{\perp} , σ_{\parallel} і τ_{\parallel} , які діють на переріз зварного кутового шва

Figure 8.18 Stresses σ_{\perp} , τ_{\perp} , σ_{\parallel} and τ_{\parallel} , acting on the throat section of a fillet weld

(9) Розрахунковий опір кутового шва повинен задовольняти критерій:

(9) The design resistance of a fillet weld should fulfil:

$$\sqrt{\sigma_{\perp Ed}^2 + 3(\tau_{\perp Ed}^2 + \tau_{\parallel Ed}^2)} \leq \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}, \quad (8.33)$$

де:

where:

f_w – характеристична міцність металу шва відповідно до таблиці 8.8;

f_w – is the characteristic strength of weld metal according to Table 8.8;

γ_{Mw} – частковий коефіцієнт надійності для зварних з'єднань, див. 8.1.1.

γ_{Mw} – is the partial safety factor for welded joints, see 8.1.1.

(10) Для двох випадків, які найчастіше зустрічаються, застосовуються наступні розрахункові формули, виведені з формули (8.33):

(10) For two frequently occurring cases the following design formulas, derived from formula (8.33), should be applied:

– подвійне кутове зварне з'єднання, навантажене перпендикулярно до осей швів (див. рисунок 8.19). Розрахункова товщина зварного шва a повинна задовольняти наступній формулі:

– double fillet welded joint, loaded perpendicularly to the weld axis (see Figure 8.19). The throat thickness a should satisfy the following formula:

$$a \geq 0,7 \frac{\sigma_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}}, \quad (8.34)$$

де:

where:

$$\sigma_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{tb} \quad (8.35)$$

(8.35) – нормальне напруження у приваре-

(8.35) – normal stress in the connected

ному елементі;

F_{Ed} – розрахункове навантаження на приварений елемент;

f_w – характеристична міцність металу шва згідно з таблицею 8.8;

t – товщина привареного елемента, див. рисунок 8.19.

b – ширина привареного елемента.

member

F_{Ed} – design load in the connected member;

f_w – characteristic strength of weld metal according to Table 8.8;

t – thickness of the connected member, see Figure 8.19;

b – width of the connected member.

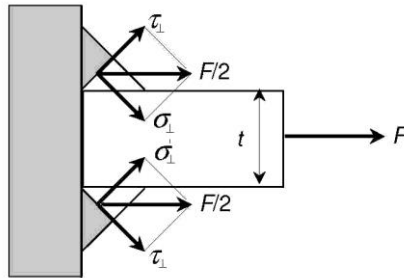


Рисунок 8.19 Подвійне кутове зварне з'єднання, навантажене перпендикулярно до осей швів
Figure 8.19 Double fillet welded joint loaded perpendicularly to the weld axis

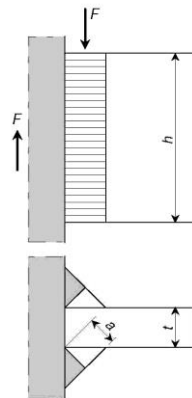


Рисунок 8.20 Подвійне кутове зварне з'єднання, навантажене паралельно осям швів
Figure 8.20 Double fillet welded joint loaded parallel to the weld axis

8.6.3.4 Розрахунковий опір у пришовних зонах

(1) Розрахунок пришовної зони виконується таким чином:

а) на розтягувальне зусилля, перпендикулярне до площини руйнування (див. рисунок 8.21):

– пришовні зони стикових швів:

$$\sigma_{\text{haz,Ed}} \leq \frac{f_{u,\text{haz}}}{\gamma_{Mw}} \quad (8.38)$$

(8.38) – біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз);

– пришовні зони куткових швів:

8.6.3.4 Design resistance in HAZ

(1) The design of a HAZ adjacent to a weld should be taken as follows:

a) Tensile force perpendicular to the failure plane (see Figure 8.21):

– HAZ butt welds:

(8.38) – at the toe of the weld (full cross section);

– HAZ fillet welds:

$$\sigma_{\text{haz,Ed}} \leq \frac{f_{\text{u,haz}}}{\gamma_{\text{Mw}}} \quad (8.39)$$

(8.39) – біля границі розплавлення та біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз);

(8.39) – at the fusion boundary and at the toe of the weld (full cross section).

де:

$\sigma_{\text{haz,Ed}}$ – розрахункове нормальне напруження, перпендикулярне до осі зварного шва;

t – товщина привареного елемента;

$f_{\text{u,haz}}$ – характеристична міцність пришовної зони, див. 8.6.2;

γ_{Mw} – коефіцієнт надійності для зварних вузлових з'єднань, див. 8.1.1.

where:

$\sigma_{\text{haz,Ed}}$ – design normal stress perpendicular to the weld axis;

t – thickness connected member;

$f_{\text{u,haz}}$ – characteristic strength HAZ, see 8.6.2;

γ_{Mw} – material factor for welded joints, see 8.1.1.

b) на зсув у площині руйнування:
– пришовні зони стикових швів:

b) Shear force in failure plane:
– HAZ butt welds:

$$\tau_{\text{haz,Ed}} \leq \frac{f_{\text{v,haz}}}{\gamma_{\text{Mw}}} \quad (8.40)$$

(8.40) – біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз);

(8.40) – at the toe of the weld (full cross section)

– пришовні зони кутових швів:

– HAZ fillet welds:

$$\tau_{\text{haz,Ed}} \leq \frac{f_{\text{v,haz}}}{\gamma_{\text{Mw}}} \quad (8.41)$$

(8.41) – біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз);

(8.41) – at the toe of the weld (full cross section)

де:

$\tau_{\text{haz,Ed}}$ – дотичне напруження, паралельне осі зварного шва;

$f_{\text{v,haz}}$ – характеристична міцність на зсув у пришовній зоні, див. 8.6.2;

γ_{Mw} – коефіцієнт надійності для зварних вузлових з'єднань, див. 8.1.1.

where:

$\tau_{\text{haz,Ed}}$ – shear stress parallel to the weld axis;

$f_{\text{v,haz}}$ – characteristic shear strength HAZ, see 8.6.2;

γ_{Mw} – material factor for welded joints, see 8.1.1.

c) сумісна дія зсуву та розтягу:
– пришовні зони стикових швів:

c) Combined shear and tension:
– HAZ butt welds:

$$\sqrt{\sigma_{\text{haz,Ed}}^2 + 3\tau_{\text{haz,Ed}}^2} \leq \frac{f_{\text{u,haz}}}{\gamma_{\text{Mw}}} \quad (8.42)$$

(8.42) – біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз);

(8.42) – at toe of the weld (full cross section);

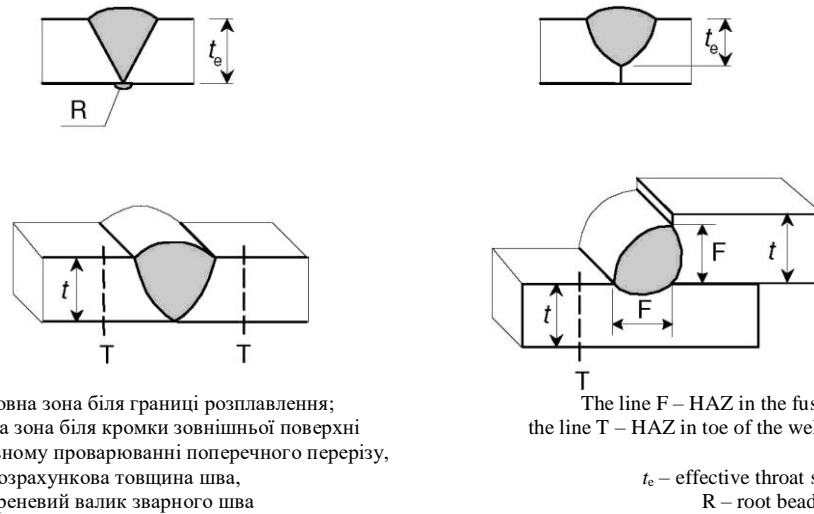
– пришовні зони кутових швів:

– HAZ fillet welds:

$$\sqrt{\sigma_{\text{haz,Ed}}^2 + 3\tau_{\text{haz,Ed}}^2} \leq \frac{f_{\text{u,haz}}}{\gamma_{\text{Mw}}} \quad (8.43)$$

(8.43) – біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва (повний поперечний переріз). Позначення див. у 8.6.3.4a) та b).

(8.43) – at the toe of the weld (full cross section). Symbols see 8.6.3.4 a) and b).



Лінія F – пришовна зона біля границі розплавлення;
лінія T – пришовна зона біля кромки зовнішньої поверхні зварного шва при повному проварюванні поперечного перерізу,
 t_e – розрахункова товщина шва,
R – корневий валик зварного шва

The line F – HAZ in the fusion boundary;
the line T – HAZ in toe of the weld, full cross section,
 t_e – effective throat section,
R – root bead

Рисунок 8.21 Площини руйнування у пришовних зонах
Figure 8.21 Failure planes in HAZ adjacent to a weld

(2) Наведені вище вказівки з розрахунку пришовних зон відносяться до зварних з'єднань як таких, тоді як у 6.3 та 6.5 містяться вказівки з аналізу впливу пришовних зон на роботу елементів конструкцій.

(2) The above design guidance about HAZ is dealing with welded connections as such. In 6.3 and 6.5 design guidance is given for the effect of HAZ on the structural behaviour of members.

8.6.3.5 Розрахунок з'єднань з комбінованими зварними швами

8.6.3.5 Design of connections with combined welds

(1) Для розрахунку з'єднань з комбінованими зварними швами можна використувати один із двох нижченаведених методів (див. також 8.1.4):

(1) For the design of connections with combined welds one of the two following methods should be applied (see also 8.1.4):

метод 1: навантаження, що діють на вузол з'єднання, розподіляються по зварних швах, які з найбільшою ймовірністю будуть їх сприймати;

Method 1: The loads acting on the joint are distributed to the respective welds that are most suited to carry them.

метод 2: зварні шви розраховуються на дію напружень, які виникають у сусідніх ділянках основного металу в різних частинах вузла.

Method 2: The welds are designed for the stresses occurring in the adjacent parent metal of the different parts of the joint.

(2) Застосування одного з вищезазначених методів розрахунку з'єднань з комбінованими швами дозволяє звести задачу до розрахунку окремих зварних швів, які входять у з'єднання.

(2) Applying one of the above methods the design of connections with combined welds is reduced to the design of the constituent welds.

(3) При використанні способу 1 необхідно перевірити, чи має зварний шов

(3) With method 1 it has to be checked whether the weld possesses sufficient

достатню податливість для введення такого спрощеного розподілу навантаження. Крім того, гіпотетичний розподіл зусиль у швах не повинен призвести до перевантаження з'єднаних конструктивних елементів.

(4) При використанні способу 2 вищезгаданих проблем немає, проте інколи буває важко визначити розподіл напружень у основному металі різних частин вузла.

(5) Припущення про спрощений розподіл напружень, як у методі 1, є найбільш розповсюдженим підходом до розрахунку. Оскільки фактичний розподіл навантаження між різними швами є відомим дуже приблизно, такі припущення виявилися цілком прийнятними та надійними у практиці проектування і розрахунку. Однак для того, щоб робити такі припущення, необхідно довести податливість зварних швів, завдяки якій досягається перерозподіл зусиль.

(6) Залишкові та інші напруження, які не беруть участі у передачі навантажень, можна не враховувати у процесі розрахунку. Наприклад, не потребує розгляду напруження, яке виникає через невеликий ексцентриситет у з'єднанні.

8.7 ГІБРИДНІ З'ЄДНАННЯ

(1) Якщо для сприйняття перерізувального зусилля використовуються різні види кріпильних деталей або якщо одночасно застосовуються кріпильні деталі та зварювання, то проектувальнику слід виконати перевірку їх сумісної роботи.

(2) Як правило, кількісні показники сумісної роботи можна отримати, розглядаючи криві «навантаження-деформація» для конкретного з'єднання нестандартного гібридного типу або шляхом проведення відповідних експериментальних досліджень закінченого вузла гібридного з'єднання.

(3) Зокрема, звичайні болти з допусками на розміри отворів не повинні використовуватися разом зі зварюванням.

deformation capacity to allow for such a simplified load distribution. Besides, the assumed loads in the welds should not give rise to overloading of the connected members.

(4) With method 2 the above problems do not exist, but sometimes it may be difficult to determine the stresses in the parent metal of the different parts of the joint.

(5) Assuming a simplified load distribution, like described as method 1, is the most commonly applied method. Since the actual distribution of loads between the welds is highly indeterminate, such assumptions have been found to be an acceptable and satisfactory design practice. However, these assumptions rely on the demonstrated ability of welds to redistribute loads by yielding.

(6) Residual stresses and other stresses not participating in the transfer load need not be considered for the design. For instance, stresses due to minor eccentricities in the joint need not be considered.

8.7 HYBRID CONNECTIONS

(1) If different forms of fasteners are used to carry a shear load or if welding and fasteners are used in combination, the designer should verify that they act together.

(2) In general the degree of collaboration may be evaluated through a consideration of the load-displacement curves of the particular connection with individual kind of joining, or also by adequate tests of the complete hybrid connection.

(3) In particular normal bolts with hole clearance should not collaborate with welding.

(4) Попередньо-напружені високоміцні болти у з'єднаннях, призначених для прийняття проковзування до граничного стану за втратою несучої здатності (категорія С у 8.5.3.1), можуть розглядатися як такі, що розподіляють навантаження між собою і зварними швами, за умови, що остаточне затягування болтів виконується після зварювання. Повне розрахункове навантаження слід визначати як суму відповідних розрахункових опорів кожної кріпильної деталі з їх відповідними коефіцієнтами γ_M .

8.8 КЛЕЙОВІ З'ЄДНАННЯ

ПРИМІТКА. Рекомендації щодо клейових з'єднань наведені у Додатку М.

8.9 ІНШІ СПОСОБИ З'ЄДНАНЬ

(1) Норми і правила для розрахунку механічних кріпильних деталей містяться у EN 1999-1-4.

(2) Можуть використовуватися інші способи з'єднань, які не передбачені нормами і правилами розрахунку у цьому стандарті, за умови, що проводяться відповідні випробування згідно з EN 1990 з метою:

- продемонструвати придатність даного способу для застосування у будівництві;
- знайти величину розрахункового опору для даного способу.

(3) Прикладами інших способів з'єднань є:

- деякі способи зварювання, наприклад, ротаційне зварювання тертям або лазерне зварювання;
- деякі механічні способи кріплення, наприклад, гвинтами або шурупами у паз, або ж самопробивними заклепками.

ПРИМІТКА. Інші способи з'єднань регламентуються Національним додатком України №4.

(4) Preloaded high-strength bolts in connections designed as slip-resistant at the ultimate limit state (Category C in 8.5.3.1) may be assumed to share load with welds, provided that the final tightening of the bolts is carried out after the welding is complete. The total design load should be given as the sum of the appropriate design resistance of each fastener with its corresponding γ_M value.

8.8 ADHESIVE BONDED CONNECTIONS

NOTE. Recommendations for adhesive bonded connections are given in Annex M.

8.9 OTHER JOINING METHODS

(1) Rules for the design of mechanical fasteners are given in EN 1999-1-4.

(2) Other joining methods, which are not covered by the design rules in this standard, may be used provided that appropriate tests in accordance with EN 1990 are carried out in order:

- to demonstrate the suitability of the method for structural application;
- to derive the design resistance of the method used.

(3) Examples of other joining methods are:

- welding methods like for instance friction stir welding and laser welding;
- mechanical fastening methods like screws in screw grooves and self-piercing rivets.

NOTE. The National Annex may give provisions for other joining methods.

**ДОДАТОК А [ОБОВ'ЯЗКОВИЙ] -
КЛАСИ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ**

(1) Класи відповідальності вводяться для диференціювання вимог до будівель і споруд та їхніх конструктивних елементів з метою забезпечення надійності при проектуванні та виконанні будівельних робіт, як вимагає стаття 2.2 документа EN 1990 та його інформаційний Додаток В.

(2) Алюмінієві конструкції підрозділяються на 4 класи відповідальності, від 1-го до 4-го, причому клас 4 позначає найбільш суворий рівень вимог до виконання робіт.

ПРИМІТКА. Документ EN 1990 рекомендує три класи наслідків та три класи надійності. Однак у EN 1990 не регламентуються явища втомі конструкцій, які регламентуються у EN 1999-1-3.

(3) Клас відповідальності слід обирати за наступними чотирма умовами:

- наслідки руйнування конструкції;
- характер навантаження, тобто чи є конструкція навантаженою переважно статичним навантаженням або до неї прикладено суттєве втомлювальне навантаження;
- розрахункова величина навантаження по відношенню до граничного допустимого у перерізі зусилля; це відношення визначається коефіцієнтом використання обмеження для перерізу;
- технологія та методика проведення робіт з забезпечення якості конструкційного елемента.

ПРИМІТКА 1. Клас відповідальності для конструкції, споруди або конструкційного елемента повинні разом визначати проектувальник та замовник будівельного об'єкта, беручи до уваги національні норми. Клас відповідальності необхідно вказувати у виконавчій документації.

ПРИМІТКА 2. Документ prEN 1090-3 встановлює нормативні вимоги до виконання робіт, включаючи обстеження і нагляд. В залежності від класу відповідальності для зварних конструкцій регламентується належний рівень якості, допустимі розміри та різновиди дефектів зварювання, обсяг обстеження та нагляду, вимоги до рівня технічного контролю та кваліфікації контролерів і виконавців зварювальних робіт.

**ANNEX A [NORMATIVE] - EXECUTION
CLASSES**

(1) Execution classes are introduced in order to differentiate in requirements to structures and their components for reliability management of the design and the execution work, in accordance with EN 1990, clause 2.2 and its informative Annex B.

(2) Aluminium structures are classified in 4 execution classes denoted 1, 2, 3 and 4, where class 4 has the most stringent requirements.

NOTE. EN 1990 recommends three consequence classes and three reliability classes. EN 1990 does however, not include structures subject to fatigue that is covered in EN 1999-1-3.

(3) The execution class should be selected based on the following four conditions:

- the consequences of a structural failure;
- the type of loading, i.e. whether the structure is subject to predominantly static loading or a significant fatigue loading;
- the level of the design action effect as compared to the resistance of the cross section, here defined by a utilization grade of the cross section;
- the technology and procedures to be used for the work connected with the requirements for the quality level of the component.

NOTE 1. The determination of the execution class for a structure/component should be taken by the designer and the owner of the construction works in cooperation, taking national provisions into account. The execution class should be defined in the execution specification.

NOTE 2. prEN 1090-3 gives rules for the execution of work including rules for inspection. The inspection includes in particular rules for welded structures with requirements for quality level, allowable size and kind of weld defects, type and extent of inspection, requirements to supervision and competence of welding supervisors and welding personnel, in relation to the execution class.

(4) Клас відповідальності може визначатися для усієї споруди або конструкції, для її частини, для одного або кількох конструктивних елементів або конкретних деталей. У одній споруді або конструкції можуть поєднуватися частини різного класу відповідальності.

(5) Необхідною умовою є виконання конструкцій та конструктивних елементів згідно з prEN 1090-3, у відповідності з нормами і правилами, встановленими для різних класів відповідальності, визначених у prEN 1090-3.

(6) З класу наслідків та відповідного класу надійності для конструкції або елемента впливає певний набір вимог до проектування та виконання конструкції. Згідно з Додатком В до документа prEN 1990, набір таких проектних вимог може являти собою:

- правила технічного контролю проекту та експертизи виконавчої документації, виражені у вигляді «рівнів технічного контролю проекту» (Design Supervision Levels);
- правила визначення розрахункових навантажень та впливів, виражені у вигляді часткових коефіцієнтів надійності за навантаженням.

ПРИМІТКА. Правила визначення класів відповідальності, зв'язок між класом надійності та класом відповідальності, а також відповідний набір правил технічного контролю можуть формулюватися у Національному додатку. У таблиці А.1 даються рекомендації щодо вибору класу відповідальності на основі перших трьох критеріїв параграфу (3). Якщо інших рекомендацій не дається, доцільно використовувати клас 2.

(4) The execution class may apply to the whole structure, to a part of a structure, to one or more component or to specific details. A structure may include more than one execution class.

(5) It is a condition that the execution of structures and structural components is done according to prEN 1090-3 following the rules for the various execution classes given in prEN 1090-3.

(6) The consequence class and the associated reliability class for a structure or component have implications for the requirement for the design and execution of the structure. The implications for design can according to prEN 1990, Annex B be related to:

- the rules for design supervision and checking of structural documentation, expressed by Design Supervision Levels;
- the rules for determination of design actions, expressed by the partial factors for actions.

NOTE. The National Annex may give rules for the application of execution class, for the connection between reliability class and execution class, and the resulting rules for supervision. Table A.1 gives recommendations for the selection of execution class based on the first three criteria in clause (3). If no definition is given, it is recommended that class 2 apply.

Таблиця А.1 Рекомендації з вибору класу відповідальності (КВ)

Клас наслідків	Переважно статичне навантаження		Втомлювальне навантаження
	Великі зусилля розтягу ^{d)}	Невеликі зусилля розтягу	
СС3: Важкі ^{a)}	3	2	4
СС2: Середні ^{b)}	2	1	3
СС1: Легкі ^{c)}	1	1	2

^{a)} «Важкі» означає, що наслідки у вигляді людських жертв, матеріальних збитків суспільства або забруднення навколишнього середовища є дуже великими.

^{b)} «Середні» означає, що наслідки у вигляді людських жертв, матеріальних збитків суспільства або забруднення навколишнього середовища є значними.

^{c)} «Легкі» означає, що наслідки у вигляді людських жертв, матеріальних збитків суспільства або забруднення навколишнього середовища є невеликими у порівнянні з іншими класами.

^{d)} Зусилля розтягу можна вважати великими, якщо коефіцієнт використання обмеження є більшим за 70 % гранично допустимого

зусилля.

Table A.1 Recommendations for the selection of execution class (EXC)

Consequence class	Predominantly static loading		Fatigue loading
	High tensile stresses ^{d)}	Low tensile stresses	
CC3: High ^{a)}	3	2	4
CC2: Medium ^{b)}	2	1	3
CC1:Low ^{c)}	1	1	2

^{a)} High implies that consequences by loss of human lives, by economic loss for the society or by environmental pollution are very great.
^{b)} Medium implies that consequences by loss of human lives, by economic loss for the society or by environmental pollution are considerable.
^{c)} Low implies that consequences by loss of human lives, by economic loss for the society or by environmental pollution are small as compared to the other classes.
^{d)} High tensile stresses may be assumed if the utilization grade exceeds 70 % of the design resistance.

(7) Коефіцієнт використання обмежень U для конструкцій та елементів, підданих переважно статичному навантаженню, визначається за формулою:

(7) The utilization grade U for structures and components subject to predominantly static loading is defined by

$$U = \frac{E_k \gamma_F}{R_k / \gamma_M}, \tag{A.1}$$

де:
 E_k – характеристичне значення навантаження;
 R_k – характеристичне граничне допустиме значення зусилля (тобто показник опору).
 Для сполучень навантажень коефіцієнт U обчислюється за відповідними формулами сполучень.

where:
 E_k is the characteristic action effect;
 R_k is the characteristic resistance.
 For combined actions U is given by the interaction formulae.

ДОДАТОК В [ОБОВ'ЯЗКОВИЙ] – ЕКВІВАЛЕНТНИЙ РОЗТЯГНУТИЙ ТАВРОВИЙ ЕЛЕМЕНТ

ANNEX B [NORMATIVE] – EQUIVALENT T-STUB IN TENSION

В.1 Загальні правила розрахунку опору

B.1 General rules for evaluation of resistance

(1) У болтових з'єднаннях для моделювання опору конструктивних елементів деяких систем (наприклад, з'єднань між колонами та ригелями) дозволяється використовувати проміжний еквівалентний тавровий елемент, див. рисунок 8.8.

(1) In bolted connections an equivalent T-stub may be used to model the resistance of the basic components of several structural systems (for instance beam-to-column joints), rather than as a stand alone connection as indicated in Figure 8.8.

(2) Форми руйнування полиці еквівалентного таврового елемента можна вважати аналогічними тим, які характерні для замінюваного ним основного конструктивного елемента, див. рисунок В.1.

(2) The possible modes of failure of the flange of an equivalent T-stub may be assumed to be similar to those expected to occur in the basic component that it represents, see fig. B.1.

(3) Повна розрахункова довжина Σl_{eff} еквівалентного таврового елемента має бути прийнята такою, щоб показник опору для його полиці дорівнював опору основного елемента з'єднання, заміненого тавровим елементом, див. рисунок В.5.

(3) The total effective length Σl_{eff} of an equivalent T-stub should be such that the resistance of its flange is equivalent to that of the basic joint component that it represents, see fig. B.5.

ПРИМІТКА. Розрахункова довжина еквівалентного таврового елемента є умовною довжиною і не обов'язково співпадає з фізичною довжиною основного елемента з'єднання, який він представляє.

NOTE. The effective length of an equivalent T-stub is a notional length and does not necessarily correspond to the physical length of the basic joint component that it represents.

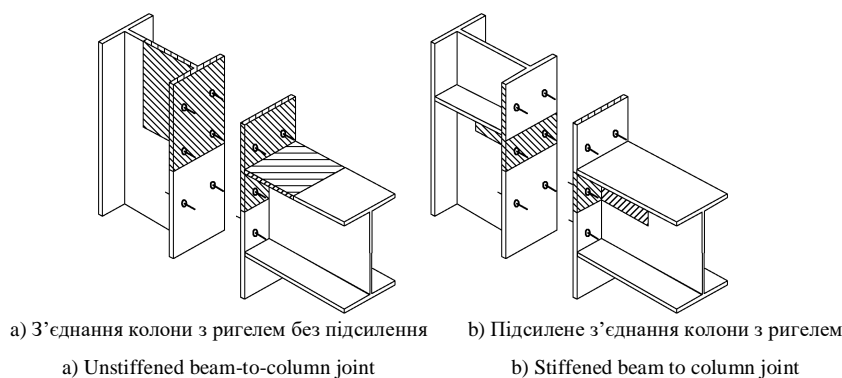


Рисунок В.1 Еквівалентний тавровий елемент як складовий компонент будівельних конструкцій
Figure B.1 T-stub as basic component of other structural systems

(4) У випадку можливості виникнення зусиль відриву, див. 8.5.10 документа EN 1999-1-1, опір розтягу полиці еквівалентного тавра $F_{u,Rd}$ слід вибирати як найменше з-поміж чотирьох значень для

(4) In cases where prying forces may develop, see 8.5.10 of EN 1999-1-1, the tension resistance of a T-stub flange $F_{u,Rd}$ should be taken as the smallest value for the four possible failure modes (see fig. B.2) and

чотирьох можливих форм руйнування (див. рисунок В.2) і визначати його наступним чином (у болтових з'єднаннях між колонами та ригелями або стикових з'єднаннях балок появу зусиль відриву слід припускати):

Форма 1: Руйнування полиці за рахунок розвитку чотирьох пластичних шарнірів зі зміцненням, два з яких знаходяться у місці з'єднання між стінкою та полицею (w), а ще два – у місцях розташування болтів (b):

$$F_{u,Rd} = \frac{2(M_{u,1})_w + 2(M_{u,1})_b}{m} \tag{B.1}$$

У цій формулі $(M_{u,1})_w$ слід обчислювати за формулою (В.5) при $\rho_{u,haz} < 1$, а $(M_{u,1})_b$ – при $\rho_{u,haz} = 1$, враховуючи площу перерізу нетто.

Форма 2а: Руйнування полиці через розвиток двох пластичних шарнірів зі зміцненням, при зусиллях у болтах на рівні межі пластичності,

$$F_{u,Rd} = \frac{2(M_{u,2})_w + n \sum B_o}{m + n} \tag{B.2}$$

has to be determined as follows (generally in bolted beam-to-column joints or beam splices it may be assumed that prying forces will develop):

Mode 1: Flange failure by developing four hardening plastic hinges, two of which are at the web-to-flange connection (w) and two at the bolt location (b):

In the formula, $(M_{u,1})_w$ should be evaluated according to (B.5) with $\rho_{u,haz} < 1$, while $(M_{u,1})_b$ with $\rho_{u,haz} = 1$ and considering the net area.

Mode 2a: Flange failure by developing two hardening plastic hinges with bolt forces at the elastic limit

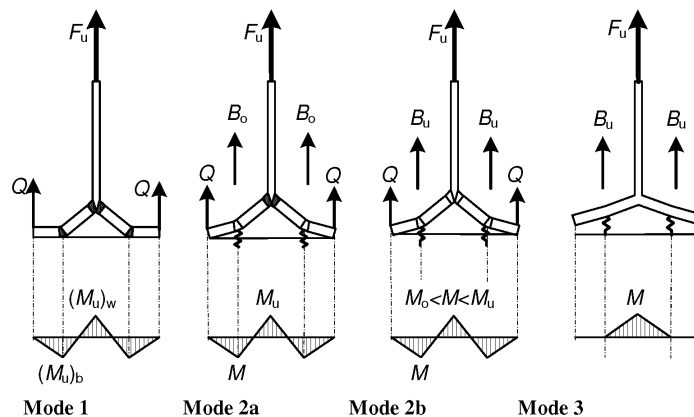


Рисунок В.2 Форми руйнування еквівалентного тавра
 Figure B.2 Failure modes of equivalent T-stub

Форма 2б: Руйнування болта і перехід полиці у пластичний стан:

Mode 2b: Bolt failure with yielding of the flange at the elastic limit:

$$F_{u,Rd} = \frac{2(M_{o,2})_w + n \sum B_u}{m + n} \tag{B.3}$$

Форма 3: Руйнування болтів:

Mode 3: Bolt failure:

$$F_{u,Rd} = \sum B_u \tag{B.4}$$

де

with

$$M_{u,1} = 0,25t_f^2 \sum (l_{\text{eff},1} \rho_{u,\text{haz}} f_u) \frac{1}{k} \frac{1}{\gamma_{M1}}; \quad (\text{B.5})$$

$$M_{u,2} = 0,25t_f^2 \sum (l_{\text{eff},2} \rho_{u,\text{haz}} f_u) \frac{1}{k} \frac{1}{\gamma_{M1}}, \quad (\text{B.6})$$

(B.5), (B.6) – за відсутності зварних швів у перерізі, приймається $\rho_{u,\text{haz}} = 1$ (B.5), (B.6) – if no weld in a section, set $\rho_{u,\text{haz}} = 1$

$$M_{o,2} = 0,25t_f^2 \sum (l_{\text{eff},2} \rho_{o,\text{haz}} f_o) \frac{1}{\gamma_{M1}}, \quad (\text{B.7})$$

(B.7) – за відсутності зварних швів у перерізі, приймається $\rho_{o,\text{haz}} = 1$ (B.7) – if no weld in a section, set $\rho_{o,\text{haz}} = 1$

$n = e_{\text{min}}$, але (but) $n < 1,25 m$

$$\frac{1}{k} = \frac{f_o}{f_u} \left(1 + \psi \frac{f_u - f_o}{f_o} \right); \quad (\text{B.8})$$

$$\psi = \frac{\varepsilon_u - 1,5\varepsilon_o}{1,5(\varepsilon_u - \varepsilon_o)}; \quad (\text{B.9})$$

$$\varepsilon_o = \frac{f_o}{E}$$

де:

ε_u – гранична деформація у матеріалі полиці;

B_u – граничне допустиме зусилля розтягу

$B_{t,Rd}$ у збірці з болта і пластини згідно з 8.5.5;

B_o – звичайна міцність болта, яка відповідає межі пружності,

where:

ε_u is the ultimate strain of the flange material;

B_u is the tension resistance;

$B_{t,Rd}$ of a bolt-plate assembly given in 8.5.5;

B_o – is the conventional bolt strength at elastic limit

$$= \begin{cases} \frac{0,9 f_y A_s}{\gamma_{M2}} & \text{для сталевих болтів} \\ & \text{for steel bolts} \\ \frac{0,6 f_o A_s}{\gamma_{M2}} & \text{для алюмінієвих болтів} \\ & \text{for aluminium bolts} \end{cases}, \quad (\text{B.10})$$

де:

A_s – напружена площа перерізу болта;

$\sum B_u$ – повне значення B_u для всіх болтів у еквівалентному тавровому елементі;

$l_{\text{eff},1}$ – значення l_{eff} для форми 1;

$l_{\text{eff},2}$ – значення l_{eff} для форми 2;

e_{min} та m вказані на рисунку В.3.

where:

A_s – is the stress area of bolt;

$\sum B_u$ – is the total value of B_u for all the bolts in the T-stub;

$l_{\text{eff},1}$ – is the value of l_{eff} for mode 1;

$l_{\text{eff},2}$ – is the value of l_{eff} for mode 2;

e_{min} and m are as indicated in Figure B.3.

ПРИМІТКА. За відсутності більш точних даних для ε_u слід використовувати найменше гарантоване значення A_{50} згідно з 3.

NOTE. In absence of more precise data, for ε_u use the minimum guaranteed value A_{50} given in Section 3.

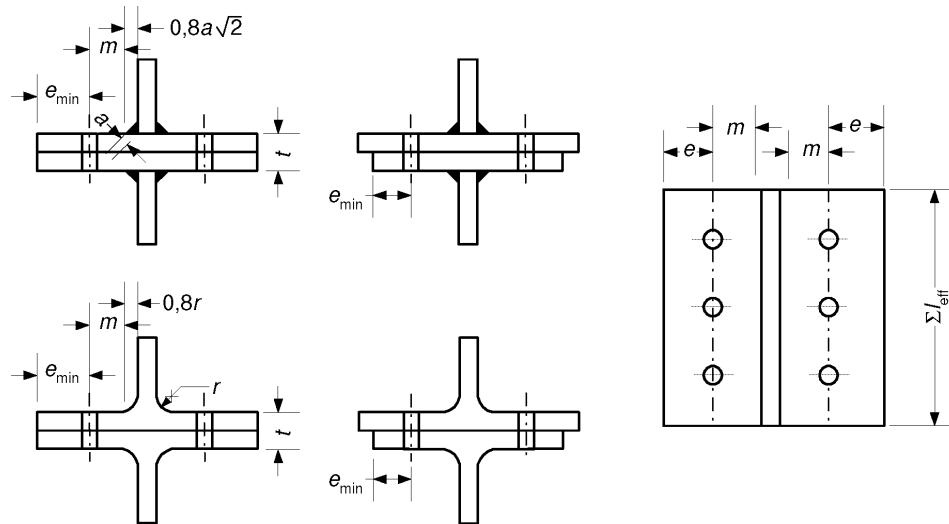


Рисунок В.3 Розміри еквівалентного таврового елемента
Figure B.3 Dimensions of an equivalent T-stub

(5) У випадку, коли сили відриву розвинулися не можуть (форма руйнування 3), опір розтягу (граничне допустиме значення) полиці еквівалентного тавра, $F_{u,Rd}$, слід брати як найменше значення з наступних:

Форма 1: Руйнування полиці:

$$F_{u,Rd} = \frac{2M_{u,1}}{m} \tag{B.11}$$

Mode 1: Flange failure:

Форма 3: Руйнування болтів:

$$F_{u,Rd} = \sum B_u, \tag{B.12}$$

Mode 3: Bolt failure:

де $M_{u,1}$, m та $\sum B_u$ визначені у (4).

where $M_{u,1}$, m and $\sum B_u$ are defined in (4).

(6) Методи визначення розрахункової довжини l_{eff} для окремих рядів та груп болтів, з метою моделювання складових елементів вузла у вигляді полиць еквівалентних таврів, вказані у наступних таблицях:

- таблиця В.1 для еквівалентного таврового елемента з непідсиленими полицями;
- таблиця В.2 для еквівалентного таврового елемента з підсиленими полицями;
- розміри e_{min} та m вказані на рисунку В.3, а коефіцієнт α з таблиці В.2 наведений на рисунку В.4.

(6) Methods for determination effective lengths l_{eff} for the individual bolt-rows and the bolt-group, for modeling basic components of a joint as equivalent T-stub flanges, are given in:

- table B.1 for a T-stub with unstiffened flanges;
- table B.2 for T-stub with stiffened flanges;
- where the dimension e_{min} and m are as indicated in Figure B.3, while the factor α of table. B.2 is given in fig. B.4.

Таблиця В.1 Розрахункова довжина для полиць без підсилення

Розташування ряду болтів	Ряд болтів, що розглядається окремо		Ряд болтів, що вважається частиною групи рядів болтів	
	Круглі форми $l_{eff,cp}$	Некруглі форми $l_{eff,np}$	Круглі форми $l_{eff,cp}$	Некруглі форми $l_{eff,np}$
Внутрішній ряд	$2\pi m$	$4m+1,25e$	$2p$	p
Ряд з краю	Менше з: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	Менше з: $4m+1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	Менше з: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	Менше з: $2m+0,625e+0,5p$ $e_1 + 0,5p$
Форма 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ але $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ але $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	
Форма 2:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$	

Table B.1 Effective length for unstiffened flanges

Bolt-row location	Bolt-row considered individually		Bolt-row considered as part of a group of bolt-rows	
	Circular patterns $l_{eff,cp}$	Non-circular patterns $l_{eff,np}$	Circular patterns $l_{eff,cp}$	Non-circular patterns $l_{eff,np}$
Inner bolt-row	$2\pi m$	$4m+1,25e$	$2p$	p
End bolt-row	The smaller of: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	The smaller of: $4m+1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	The smaller of: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	The smaller of: $2m+0,625e+0,5p$ $e_1 + 0,5p$
Mode 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ but $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ but $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	
Mode 2:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$	

Таблиця В.2 Розрахункова довжина для полиць з підсиленням

Розташування ряду болтів	Ряд болтів, що розглядається окремо		Ряд болтів, що вважається частиною групи рядів болтів	
	Круглі форми $l_{eff,cp}$	Некруглі форми $l_{eff,np}$	Круглі форми $l_{eff,cp}$	Некруглі форми $l_{eff,np}$
Ряд болтів, що примикає до підсилення	$2\pi m$	αm	$\pi m + p$	$0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$
Інший внутрішній ряд	$2\pi m$	$4m+1,25e$	$2p$	p
Інший ряд з краю	Менше з: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	Менше з: $4m+1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	Менше з: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	Менше з: $2m+0,625e+0,5p$ $e_1 + 0,5p$
Ряд болтів з краю біля підсилення	Менше з: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	$e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$	Не розглядається	Не розглядається
Форма 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ але $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ але $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	

Форма 2:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$	$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$
----------	--------------------------	------------------------------------

Table B.2 Effective length for stiffened flanges

Bolt-row location	Bolt-row considered individually		Bolt-row considered as part of a group of bolt-rows	
	Circular patterns $l_{eff,cp}$	Non-circular patterns $l_{eff,np}$	Circular patterns $l_{eff,cp}$	Non-circular patterns $l_{eff,np}$
Bolt-row adjacent to a stiffener	$2\pi m$	αm	$\pi m + p$	$0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$
Other inner bolt-row	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Other end bolt-row	The smaller of: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	The smaller of: $4m + 1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	The smaller of: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	The smaller of: $2m + 0,625e + 0,5p$ $e_1 + 0,5p$
End bolt row adjacent to a stiffener	The smaller of $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	$e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$	not relevant	not relevant
Mode 1:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ but $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$ but $\sum l_{eff,1} \leq \sum l_{eff,cp}$	
Mode 2:	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$		$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc}$	

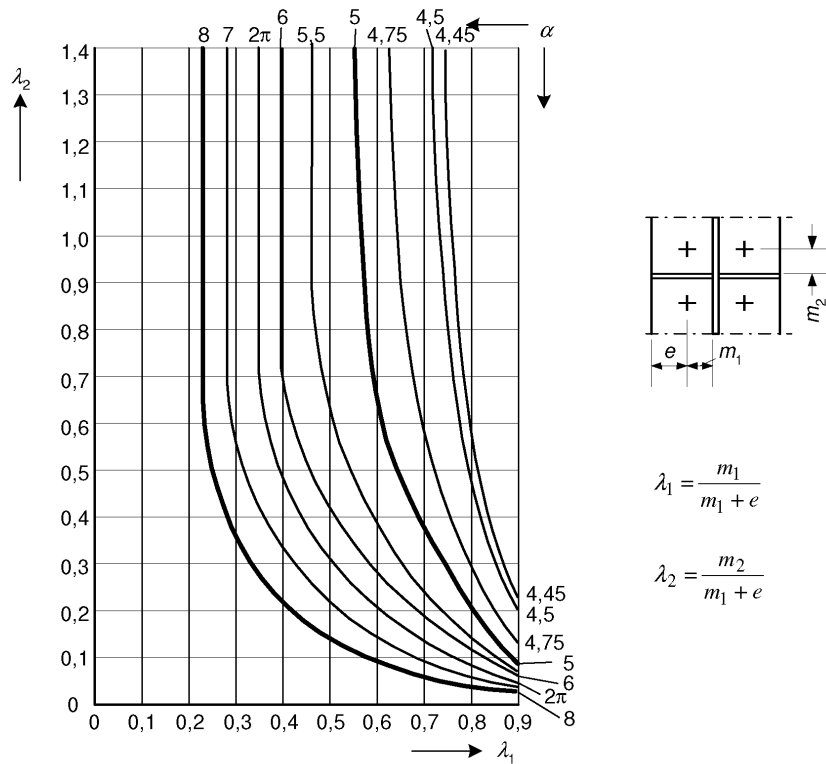


Рисунок В.4 Значення коефіцієнтів λ_1 та λ_2 для розрахункової довжини, полиці з підсиленням

Figure B.4 Values of factor λ_1 or λ_2 for the effective length for stiffened flanges

В.2 Окремі ряди болтів, групи болтів та групи рядів болтів

У полиці справжнього таврового елемента зусилля на кожному ряді болтів взагалі є однаковими. Але для полиці еквівалентного таврового елемента, який використовується для моделювання складової частини вузла з'єднання, слід робити припущення про те, що зусилля у різних рядах болтів є різними.

При моделюванні складового компонента вузлового з'єднання за допомогою полиць еквівалентних таврів можна використовувати декілька таких елементів, якщо це необхідно. При цьому ряди болтів повинні підрозділятися на окремі групи болтів, які відповідають різним еквівалентним тавровим елементам (див. рисунок В.1).

(1) Повинні задовольнятися наступні умови:

- а) зусилля у кожному ряду болтів не повинне перевищувати гранично допустимого значення опору, отриманого з окремого розгляду тільки цього ряду;
- б) повне зусилля на кожен групу рядів болтів, яка складається з двох або більшої кількості сусідніх рядів болтів у одній і тій самій групі болтів, не повинне перевищувати гранично допустиме значення опору даної групи рядів болтів.

(2) Відповідно, при обчисленні величини опору розтягу для компонента вузлового з'єднання, представленого полицею еквівалентного таврового елемента, слід визначати наступні параметри:

- а) максимальний опір окремого ряду болтів, отриманий з розгляду тільки цього ряду, див. рисунок В.5(а);
- б) внесок кожного ряду болтів у максимальний опір двох або більше сусідніх рядів болтів у складі групи болтів, отриманий з розгляду тільки цих рядів болтів, див. рисунок В.5(б).

B.2 Individual bolt-row, bolt-groups and groups of bolt-rows

Although in an actual T-stub flange the forces at each bolt-row are generally equal, if an equivalent T-stub flange is used to model a basic component in a joint, allowance should be made for the forces are generally different at each bolt-row.

When modeling a basic joint component by equivalent T-stub flanges, if necessary more than one equivalent T-stub may be used, with the bolt-rows divided into separate bolt-groups corresponding to each equivalent T-stub flange (see Figure B.1).

(1) The following conditions should be satisfied:

- a) the force at each bolt-row should not exceed the resistance determined considering only that individual bolt-row;
- b) the total force on each group of bolt row, comprising two or more adjacent bolt-row within the same bolt-group, should not exceed the resistance of that group of bolt-row.

(2) Accordingly, when obtaining the tension resistance of the basic component represented by an equivalent T-stub flange, the following parameters should generally be determined:

- a) the maximum resistance of an individual bolt-row, determined considering only that bolt-row, see fig. B.5(a);
- b) the contribution of each bolt-row to the maximum resistance of two or more adjacent bolt-row within a bolt-group, determined considering only those bolt-rows, see fig. B.5(b).

(3) У випадку окремого ряду болтів величину $\sum l_{\text{eff}}$ слід приймати рівною розрахунковій довжині l_{eff} , наведеній у таблицях В.1 та В.2, вибираючи значення для даного ряду як для окремого.

(4) У випадку групи рядів болтів величину $\sum l_{\text{eff}}$ слід приймати рівною розрахунковій довжині l_{eff} , наведеній у таблицях В.1 та В.2, вибираючи значення для кожного відповідного ряду болтів як для частини групи болтів.

(3) In the case of an individual bolt-row $\sum l_{\text{eff}}$ should be taken as equal to the effective length l_{eff} given in table B.1 and table B.2 for that bolt-row as an individual bolt-row.

(4) In the case of a group of bolt-rows $\sum l_{\text{eff}}$ should be taken as equal to the effective length l_{eff} given in table B.1 and table B.2 for each relevant bolt-row as part of a bolt group.

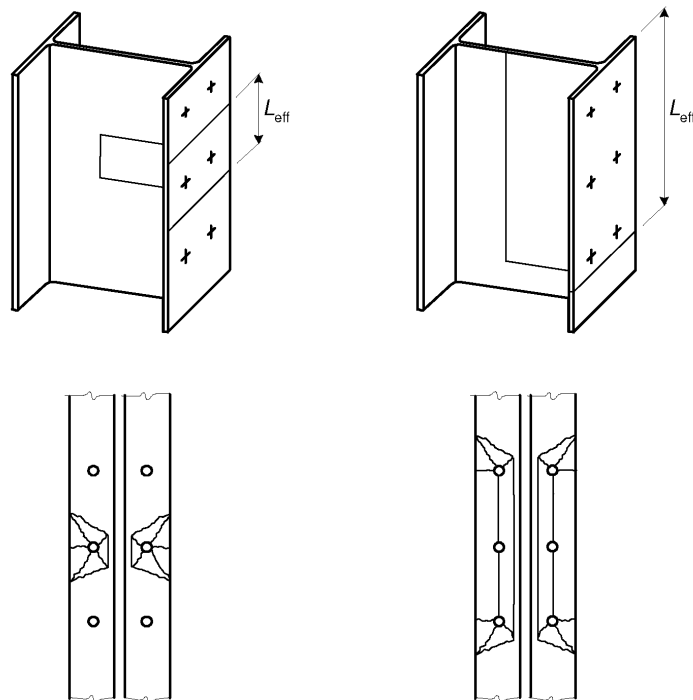


Рисунок В.5 Еквівалентний тавровий елемент для окремих рядів болтів та груп рядів болтів

Figure B.5 Equivalent T-stub for individual bolt-rows and groups of bolt-rows

ДОДАТОК С [ДОВІДКОВИЙ] – ВИБІР МАТЕРІАЛІВ**С.1 Загальні положення**

(1) Вибір відповідної марки алюмінію або алюмінієвого сплаву для застосування у галузі будівництва визначається рядом чинників: як від матеріалу, так і від конкретного виду конструкції вимагається достатня міцність, довговічність та певні фізико-механічні властивості, здатність піддаватися зварюванню та формуванню, зручність виготовлення та оброблення. Оброблені тиском та ливарні сплави, які описуються нижче, підрозділяються на термооброблювані та нетермооброблювані.

(2) Властивості та характеристики даних сплавів можна порівняти на загальному рівні за таблицею С.1 для оброблених тиском алюмінієвих сплавів та таблицею С.2 для ливарних сплавів. Властивості та характеристики можуть відрізнятися для різних марок сплавів.

(3) Якщо планується з'єднання таких матеріалів з іншими металами, то необхідно отримати консультацію спеціалістів щодо заходів захисту від гальванічної корозії.

С.2 Матеріали, оброблені тиском**С.2.1 Термооброблювані сплави**

(1) Для будівельного застосування з серії сплавів 6xxx є придатними сплави EN AW-6082, EN AW-6061, EN AW-6005A, EN AW-6106, EN AW-6063 та EN AW-6060. Ці сплави мають категорію довговічності В. З серії сплавів 7xxx для загального будівельного застосування придатний сплав EN AW-7020, який має ступінь довговічності С.

С.2.1.1 Сплави EN AW-6082 та EN AW-6061

(1) Сплав EN AW-6082 є одним із най-

ANNEX C [INFORMATIVE] – MATERIALS SELECTION**C.1 General**

(1) The choice of a suitable aluminium or aluminium alloy material for any application in the structural field is determined by a combination of factors; strength, durability, physical properties, weldability, formability and availability both in the alloy and the particular form required. The wrought and cast alloys are described below subdivided into heat treatable and non-heat treatable alloys.

(2) The properties and characteristics of these alloys may be compared in general terms in table C.1 for wrought aluminium alloys and table C.2 for casting alloys. Properties and characteristics may vary with temper of the alloy.

(3) If connections are to be made to other metals, specialist advice should be sought on the protective measures necessary to avoid galvanic corrosion.

C.2 Wrought products**C.2.1 Wrought heat treatable alloys**

(1) Within the 6xxx series alloys, the alloys EN AW-6082, EN AW-6061, EN AW-6005A, EN AW-6106, EN AW-6063 and EN AW-6060 are suitable for structural applications. These alloys have durability rating B. Within the 7xxx series alloys, the alloy EN AW-7020 is suitable for general structural applications and has durability rating C.

C.2.1.1 Alloys EN AW-6082 and EN AW-6061

(1) EN AW-6082 is one of the most

поширеніших термооброблених сплавів. Він часто застосовується як головний будівельний матеріал у зварних та незварних конструкціях. Це високоміцний сплав, який виробляється у більшості форм; випускаються суцільні та порожнисті пресовані профілі, труби, тонкі та товсті листи, штамповані заготовки. Цей матеріал все ширше використовується у деталях та елементах для роботи у морському середовищі. Сплав EN AW-6061 також поширений у зварних та незварних термооброблених конструкціях, де він використовується у вигляді суцільних та порожнистих пресованих профілів і труб. Обидва сплави зазвичай використовуються у повністю термообробленому стані, відповідно EN AW-6082-T6 та EN AW-6061-T6.

(2) Вибір цих сплавів у якості будівельного матеріалу ґрунтується на сприятливому сполученні властивостей: висока міцність після термообробки, висока антикорозійна стійкість, добра здатність до зварювання як напівавтоматично під інертним газом (MIG), так і ручним способом неплавким електродом під інертним газом (TIG), добра здатність до механічної обробки, а також до формування у гартуванні T4. Слід враховувати зниження міцності у пришовній зоні біля зварних швів. У певній мірі міцність після зварювання можна поновити методом природного старіння. У пресованих елементах використання цього сплаву зазвичай обмежене товщинами та менш складними за формою профілями, ніж інших сплавів серії 6xxx. Звичайним сплавом для пресованих елементів, а також товстих і тонких сортаментних листів є AW-6082. Цей матеріал можна з'єднувати заклепками зі сплавів EN AW-6082, EN AW-5754 або EN AW-5019, гартування O або сильнішого; присадний метал для зварювання вказано у prEN 1011-4.

C.2.1.2 Сплави EN AW-6005A

(1) Сплав EN AW-6005A, також рекомендований для використання у будівництві, виробляється тільки у пресованих формах. Для нього характерні середня

widely used heat treatable alloy and often the principal structural alloy for welded and non-welded applications. It is a high strength alloy available in most forms; solid and hollow extrusions, tube, plate, sheet and forging, and finds increasing use in components exposed to the marine environment. EN AW-6061 is also a widely used heat treatable alloy for welded and non-welded applications available in solid and hollow extrusions and tube. Both alloys are used normally in the fully heat-treated condition EN AW-6082-T6 and EN AW-6061-T6.

(2) The choice of these alloys as a structural material is based on a favourable combination of properties; high strength after heat treatment, good corrosion resistance, good weldability by both the MIG and TIG processes good formability in the T4 temper and good machining properties. Loss of strength in the heat-affected zone (HAZ) of welded joints should be considered. Strength can be recovered to a limited degree by post weld natural ageing. If used in extrusions it is generally restricted to thicker less intricate shapes than with the other 6xxx series alloys. AW-6082 is a common alloy for extrusions, plate and sheet from stock. The alloy may be riveted using alloys EN AW-6082, EN AW-5754 or EN AW-5019 in O or harder tempers, filler metals for welding are specified in prEN 1011-4.

C.2.1.2 Alloys EN AW-6005A

(1) EN AW-6005A alloy which is also recommended for structural applications, is available in extruded forms only and combines medium strength with the ability to be

міцність і можливість виготовлення пресованим способом більш складних форм, ніж ті, які можна виробити з EN AW-6082 або EN AW-6061. Це стосується у першу чергу порожнистих тонкостінних профілів. Як і EN AW-6082 та EN AW-6061, ці сплави легко зварюються методом ручного зварювання неплавким електродом (TIG) та методом напіваавтоматичного зварювання у середовищі інертного газу (MIG), і аналогічним чином частково втрачають міцність у пришовних зонах зварних швів. Присадні метали для зварювання цих сплавів вказані у prEN 1011-4.

(2) Стійкість сплаву до корозії у зварних та незварних елементах є аналогічною або кращою, ніж у EN AW-6082. Характеристики механічної оброблюваності аналогічні EN AW-6082.

extruded into shapes more complex than those obtainable with EN AW-6082 or EN AW-6061. This is particularly true for thin-walled hollow shapes. Like EN AW-6082 and EN AW-6061, the alloys are readily welded by the TIG and MIG processes and have similar loss of strength in the HAZ in welded joints. Filler metals for welding these alloys are specified in prEN 1011-4.

(2) The corrosion resistance of welded and unwelded components is similar or better than EN AW-6082. The machining properties are similar to those of EN AW-6082.

Таблиця С.1 Порівняння загальних властивостей та характеристик сплавів будівельного призначення

Позначення марки сплаву EN-	Профіль сортаменту та вид гартування						Міцність	Ступінь довговічності ⁽³⁾	Зварюваність	Декоративне анодування
	Тонкий і товстий лист, стрічка	Пресовані вироби			Холоднотягнуті вироби	Штамповані				
		стрижень	труба	профіль	труба					
EN AW-3004	○	-	-	-	-		III/IV	A	I	I
EN AW-3005	○	-	-	-	-		III/IV	A	I	I
ENAW-3103	○	○	○	○	○		III/IV	A	I	II
EN AW-5005	○	○	○	○	○		III/IV	A	I	I
EN AW-5049	○	-	-	-	-		II/III	A	I	I/II
EN AW-5052	○	○	○x)	○x)	○		II/III	A	I	I/II
EN AW-5083	○	○	○x)	○x)	○	○	I/II	A	I	I/II
EN AW-5454	○	○	○x)	○x)	-		II/III	A	I	I/II
EN AW-5754	○	○	○x)	○x)	○	○	II/III	A	I	I/II
EN AW-6060	-	○	○	○	○		II/III	B	I	I
EN AW-6061	-	○	○	○	○		II/III	B	I	II/III
EN AW-6063	-	○	○	○	○		II/III	B	I	I/II
EN AW-6005A	-	○	○	○	-		II	B	I	II/III
EN AW-6106	-	-	-	○	-		II/III	B	I	I/II
EN AW-6082	○	○	○	○	○	○	I/II	B	I	II/III
EN AW-7020	○	○	○	○	○		I	C	I	II/III
ENAW-8011A	○	-	-	-	-	-	III/IV	B	II	III/IV

Умовні позначення:

- Стандартизовано у певному діапазоні марок гартування; наявність сортаментних напівфабрикатів слід перевіряти для конкретних виробів та розмірів
 - Не стандартизовано
 - x) Тільки прості суцільні профілі (безшовні вироби, виготовлені на оправці)
 - I Відмінна.
 - II Добра.
- III Середня.
IV Погана.

ПРИМІТКА. Ступені та рівні носять інформаційний характер; ці величини мають зміст тільки у відповідних стовпчиках і можуть змінюватися залежно від ступеня гартування
 a) Див. табл. 3.1a.

Table C.1 Comparison of general characteristics and other properties for structural alloys

Alloy EN- Designation	Form and temper standardised for					Strength	Durability rating ^{a)}	Weldability	Decorative anodising	
	Sheet, strip and plate	Extruded products			Cold draw products					Forgings
		Bar / rod	Tube	Profile	Tube					
EN AW-3004	●	-	-	-	-		III/IV	A	I	I
EN AW-3005	●	-	-	-	-		III/IV	A	I	I
ENAW-3103	●	●	●	●	●		III/IV	A	I	II
EN AW-5005	●	●	●	●	●		III/IV	A	I	I
EN AW-5049	●	-	-	-	-		II/III	A	I	I/II
EN AW-5052	●	●	●x)	●x)	●		II/III	A	I	I/II
EN AW-5083	●	●	●x)	●x)	●	●	I/II	A	I	I/II
EN AW-5454	●	●	●x)	●x)	-		II/III	A	I	I/II
EN AW-5754	●	●	●x)	●x)	●	●	II/III	A	I	I/II
EN AW-6060	-	●	●	●	●		II/III	B	I	I
EN AW-6061	-	●	●	●	●		II/III	B	I	II/III
EN AW-6063	-	●	●	●	●		II/III	B	I	I/II
EN AW-6005A	-	●	●	●	-		II	B	I	II/III
EN AW-6106	-	-	-	●	-		II/III	B	I	I/II
EN AW-6082	●	●	●	●	●	●	I/II	B	I	II/III
EN AW-7020	●	●	●	●	●		I	C	I	II/III
ENAW-8011A	●	-	-	-	-	-	III/IV	B	II	III/IV

Key:

● Standardised in a range of tempers; Availability of semi products from stock to be checked for each product and dimension

- Not standardized

x) Simple, solid sections only (seamless products over mandrel)

I Excellent

II Good

III Fair

IV Poor

NOTE These indications are for guidance only and each ranking is only applicable in the column concerned and may vary with temper

^{a)}See Table 3.1a.

Таблиця С.2 Порівняння властивостей та характеристик ливарних сплавів

Ливарний сплав	Ливарна форма		Ливарна якість	Міцність	Довговічність	Декоративне анодування	Зварюваність
	Пісочна	Металева (кокіль)					
EN AC-42100		●	II	II/III	B	IV	II
EN AC-42200		●	II	II	B	IV	II
EN AC-43300	●	●	I	II	B	V	II
EN AC-43000		●	I/II	IV	B	V	II
EN AC-44200	●	●	I	IV	B	V	II
ENAC-51300	●	●	III	IV	A	I	II

Умовні позначення:

I Відмінна

IV Погана

II	Добра	V	Не рекомендується
III	Середня		
•	Вказує спосіб виливу, рекомендований для несучих конструкцій з даного сплаву.		
ПРИМІТКА 1. Ступені та рівні носять інформаційний характер і мають зміст тільки у відповідних стовпчиках.			
ПРИМІТКА 2. Властивості можуть змінюватися залежно від умов виливання.			

Table C.2 Comparison of casting characteristics and other general properties

Casting alloy	Form of casting		Castability	Strength	Durability rating	Decorative anodising	Weld-ability
	Designation	Sand					
EN AC-42100		•	II	II/III	B	IV	II
EN AC-42200		•	II	II	B	IV	II
EN AC-43300	•	•	I	II	B	V	II
EN AC-43000		•	I/II	IV	B	V	II
EN AC-44200	•	•	I	IV	B	V	II
ENAC-51300	•	•	III	IV	A	I	II

Key:
 I Excellent
 II Good
 III Fair
 IV Poor
 V Not recommended
 • Indicates the casting method recommended for load bearing parts for each alloy.
 NOTE 1. These indications are for guidance only and each ranking is only applicable in the column concerned.
 NOTE 2. The properties will vary with the condition of the casting.

C.2.1.3 Сплави EN AW-6060, EN AW-6063 та EN AW 6106

(1) Сплави EN AW-6060, EN AW-6063 та EN AW-6106 рекомендуються для застосування у будівельних конструкціях; вони виробляються тільки у вигляді пресованих та холоднотягнутих виробів. Вони використовуються у тих випадках, коли міцність не є критичною вимогою і повинна мати естетичний вигляд; у таких застосуваннях ці сплави показують значну довговічність та високу якість чистої поверхні, а також здатність до пресування у тонкостінні профілі складної форми. Зокрема, ці сплави добре підходять для анодування та аналогічних способів чистої обробки поверхні. Як і інші сплави серії 6xxx, їх можна зварювати як напівавтоматичним способом під інертним газом (MIG), так і ручним способом, неплавким електродом під інертним газом (TIG), і вони так само втрачають міцність у пришовних зонах зварних швів. Присадні метали для зварювання цих сплавів вказані у prEN 1011-4

C.2.1.4 Сплави EN AW-7020

C.2.1.3 Alloys EN AW-6060, EN AW-6063 and EN AW 6106

(1) EN AW-6060, EN AW-6063 and EN AW-6106 are recommended for structural applications and are available in extruded and cold drawn products only. They are used if strength is not of paramount importance and has to be compromised with appearance where they offer good durability and surface finish and the ability to be extruded into thin walled and intricate shapes. The alloys are particularly suited to anodising and similar finishing processes. Like other 6xxx series alloys they are readily weldable by both MIG and TIG processes and lose strength in welded joints in the HAZ. Filler metals for welding these alloys are specified in prEN 1011-4.

C.2.1.4 Alloys EN AW-7020

(1) Сплави EN AW-7020 рекомендовані до застосування у будівельних конструкціях як зварних, так і незварних. Це високоміцний сплав, з якого виробляються суцільні та порожнисті пресовані профілі, товсті і тонкі листи та труби. Цей сплав не так легко використовувати у складних пресованих профілях, як сплави серії бxxx, і він не є широко доступним. Як правило, він використовується у повністю термообробленому стані EN AW-7020 T6. У нього краща міцність після зварювання, ніж у сплавів серії бxxx завдяки властивості природного старіння. Однак цей сплав, як і інші у серії 7xxx, є чутливим до умов навколишнього середовища, і його задовільна робота у конструкціях залежить як від правильної технології виготовлення, так і від контролю хімічного складу. Через здатність до корозії шляхом відшарування матеріал у гартуванні T4 слід використовувати тільки на етапі заводського виготовлення конструкції аби надалі конструкція підлягала природному старінню. Якщо після зварювання не виконується термообробка, то слід перевірити необхідність захисту пришовних зон згідно з D.2.3. Якщо матеріал у гартуванні T6 піддається технологічним операціям, пов'язаним з холодною обробкою, наприклад, вигину, зрізанням або пробиванням отворів, це може призвести до чутливості сплаву до корозійного розтріскування під напруженням. Тому важливим є тісна співпраця проектувальників та виробників щодо розроблення способів використання та експлуатаційних вимог до конструкції.

C.2.2 Нетермооброблювані сплави, оброблені тиском

(1) У межах серії 5xxx для застосування у будівельних конструкціях рекомендуються сплави EN AW-5049, EN AW-5052, EN AW-5454 та EN AW-5754, EN AW-5083, які мають ступінь довговічності А. Інші нетермооброблювані сплави, які можна розглядати для застосування у конструкціях під меншими навантаженнями – EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW 3103 та EN AW-5005,

(1) EN AW-7020 alloys are recommended for structural applications for welded and non-welded applications. It is a high strength alloy available in solid and hollow extrusions; plate and sheet and tube. This alloy is not as easy to produce in complicated extrusions as бxxx series alloys and is not readily available. It is used normally in the fully heat treated condition EN AW-7020 T6. It has better post weld strength than the бxxx series due to its natural ageing property. This alloy and others in the 7xxx series of alloys are however sensitive to environmental conditions and its satisfactory performance is as dependent on correct methods of manufacture and fabrication as on control of composition. Due to the susceptibility of exfoliation corrosion, material in T4 temper should only be used in the fabrication stage provided the structure could be artificially aged after completion. If not heat-treated after welding, the need for protection of the HAZ should be checked according to D.2.3. If a material in the T6 condition is subjected to any operations which induce cold work such as bending, shearing or punching etc., the alloy may be made susceptible to stress corrosion cracking. It is essential therefore that there be direct collaboration between the designer and the manufacturer on the intended use and the likely service conditions.

C.2.2 Wrought non-heat treatable alloys

(1) Within the 5xxx series alloys, the alloys EN AW-5049, EN AW-5052 EN AW-5454 and EN AW-5754 and EN AW-5083 are recommended for structural applications all have durability rating A. Other non-heat treatable alloys considered for less stressed structural applications are EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW 3103 and EN AW-5005 again with durability rating A.

теж мають ступінь довговічності А.

C.2.2.1 Сплави EN AW- 5049, EN AW-5052, EN AW-5454 та EN AW-5754

(1) Сплави EN AW-5049, EN AW-5052, EN AW-5454 та EN AW-5754 підходять для виготовлення елементів конструкцій, підданих середнім навантаженням і з'єднаних механічно або шляхом зварювання. Ці сплави у відпаленому стані є достатньо пластичними, але швидко втрачають пластичність після холодного гнуття. Вони легко піддаються зварюванню як напівавтоматичним способом під інертним газом (MIG), так і ручним способом неплавким електродом під інертним газом (TIG), з використанням присадного металу, вказаного у документі prEN 1011-4. Сплави відрізняються дуже гарною антикорозійною стійкістю, особливо у морському середовищі. Вони виробляються в основному у вигляді прокату, а знижений вміст магнію дозволяє виробляти тільки прості суцільні пресовані профілі.

(2) Дані сплави у більш високих ступенях гартування легко піддаються механічній обробці. EN AW-5754 є найтвердішим сплавом з серії 5xxx, практично непіддатним міжкристалічній корозії та корозійному розтріскуванню під напруженням.

C.2.2.2 Сплав EN AW-5083

(1) Сплав EN AW-5083 – найміцніший нетермооброблюваний конструкційний сплав широкого вжитку – характеризується стійкістю до корозії та високими експлуатаційними якостями у зварних конструкціях. Він є пластичним у негартованому стані й добре піддається формуванню, але втрачає пластичність після холодного гнуття і може стати твердим з низькою пластичністю.

(2) Сплав EN AW-5083 на всіх ступенях гартування (Hx), особливо у H32 та H34, піддається міжкристалічній корозії, яка за певних обставин може перейти у корозійне розтріскування під довготривалим навантаженням. Для зменшення цього ефекту були

C.2.2.1 EN AW- 5049, EN AW-5052, EN AW-5454 and EN AW-5754

(1) EN AW-5049; EN AW-5052, EN AW-5454 and EN AW-5754 are suitable for welded or mechanically joined structural parts subjected to moderate stress. The alloys are ductile in the annealed condition, but lose ductility rapidly with cold forming. They are readily welded by MIG and TIG processes using filler metals specified in prEN 1011-4 and offer very good resistance to corrosive attack, especially in a marine atmosphere. Available principally as rolled products their reduced magnesium content also allows only simple extruded solid shapes.

(2) The alloys can be easily machined in the harder tempers. EN AW-5754 is the strongest 5xxx series alloy offering practical immunity to intergranular corrosion and stress corrosion.

C.2.2.2 EN AW-5083

(1) EN AW-5083 is the strongest non-heat treatable structural alloy in general commercial use, possessing good properties in welded components and good corrosion resistance. It is ductile in the soft condition. ЮБТЯ with good forming properties but loses ductility with cold forming, and can become hard with low ductility.

(2) EN AW-5083 may in all tempers (Hx), especially in H32 and H34 tempers, be susceptible to intergranular corrosion, which under certain circumstances, may develop into stress corrosion cracking under sustained loading. Special tempers such as H116 have

розроблені спеціальні ступені гартування на зразок H116. Однак використання цього сплаву не рекомендується у випадку, якщо матеріал підлягає подальшій важкій холодній обробці, та/або у випадку, коли очікується температура експлуатації, вища за 65°C. У таких випадках слід використовувати сплав EN AW-5754.

(3) Якщо за умовами експлуатації сплаву певного ступеня гартування існує можливість корозійного розтріскування під напруженням, то матеріал слід випробувати на корозійне розтріскування до його доставки замовнику. Умови випробувань повинні бути узгоджені між зацікавленими сторонами з урахуванням відповідних умов експлуатації та фактичних властивостей сплаву з даним ступенем гартування.

(4) Сплав EN AW-5083 придатний до зварювання як напівавтоматичним методом (MIG), так і ручним з неплавким електродом (TIG) з присадним металом згідно з prEN 1011-4. При зварюванні механічно зміцненого матеріалу його фізико-механічні властивості у пришовній зоні відповідатимуть стану відпалу. Сплав виробляється у вигляді тонких і товстих листів, простих суцільних пресованих профілів, безшовних труб, тягнутих труб та штампованих заготовок. Завдяки високому вмісту магнію його важко пресувати. Тому цей сплав важко отримати у вигляді відносно товстостінних простих суцільних профілів або безшовних порожнистих профілів з однією порожниною (труб).

(5) Сплав EN AW 5083 на всіх ступенях гартування добре піддається механічній обробці.

C.2.2.3 Сплави EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW-3103 та EN AW 5005

(1) Сплави EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW-3103 та EN AW 5005 випускаються та експлуатуються переважно у вигляді товстих та тонких листів. Ці сплави дещо міцніші та твердіші, ніж «комерційно чис-

been developed to minimise this effect. Nevertheless the use of this alloy is not recommended where the material is to be subjected to further heavy cold working and/or where the service temperature is expected to be above 65 °C. In such cases the alloy EN AW-5754 should be selected instead.

(3) If the service conditions for the alloy/temper to be used are such that there is a potential for stress corrosion cracking, the material should be checked in a stress corrosion test prior to its delivery. The conditions for the test should be agreed between the parties concerned, taking the relevant service conditions and the material properties of the actual alloy/temper into account.

(4) EN AW-5083 is fitted to be welded with the MIG and the TIG processes applying filler metals specified in prEN 1011-4. If strain hardened material is welded, the properties in the HAZ will revert to the annealed temper. The alloy is available as plate, sheet, simple solid shape extrusions, seamless tube, drawn tube and forging. Due to the high magnesium content it is difficult to extrude. Consequently it is limited to delivery in relatively thick-walled simple solid profiles and seamless hollow profiles with one hollow space (tubes).

(5) EN AW 5083 has good machining properties in all tempers.

C.2.2.3 EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW-3103 and EN AW 5005

(1) EN AW-3004, EN AW-3005, EN AW-3103 and EN AW 5005 are available and used preferably in sheet and plate forms. These alloys are slightly stronger and harder than "commercially pure" aluminium with high

тий» алюміній з високою пластичністю, доброю зварюваністю та високою антикорозійною стійкістю.

C.2.2.4 Сплав ENAW-8011A

(1) Сплав EN AW-8011A належить до групи сплавів AlFeSi. Він давно і традиційно використовується як матеріал для тари та пакування. Завдяки зручності виробництва сплав EN AW-8011A знаходить усе більше застосування у будівельній галузі, особливо для фасадів.

C.3 Ливарні вироби

C.3.1 Загальні положення

(1) Ливарні матеріали з таблиці 3.3 можна використовувати у несучих конструкціях за умови дотримання спеціальних правил розрахунку та вимог до якості з C.3.4.

(2) Для застосування у будівельних конструкціях рекомендуються шість ливарних сплавів: чотири термооброблювані EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 і EN AC-43300 та два нетермооброблювані EN AC-44200 і EN AC-51300. Ці сплави описуються нижче. Зазвичай ці сплави задовольняють вимоги до видовження зразка при розриві з C.3.4.3. Завдяки низькому вмістові міді вони також мають добру опірність корозії.

C.3.2 Термооброблювані ливарні сплави EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 та EN AC-43300

(1) Сплави EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 і EN AC-43300 належать до системи Al-Si-Mg і піддаються термообробці. Всі вони можуть виливатися у пісочних або металевих формах (кокілях), але іноді виливаються під тиском, якщо не застосовуються спеціальні методи лиття. Найбільша міцність досягається у сплаві EN AC-42200-T6, але пластичність його менша, ніж у EN AC-42100.

(2) Сплав EN AC-43300 демонструє

ductility, weldability and good corrosion resistance.

C.2.2.4 ENAW-8011A

(1) EN AW-8011A belongs to the AlFeSi group and has a long tradition used preferably as material for packaging. Due to its advantages in fabrication EN AW-8011A finds more and more application in building industry especially for facades.

C.3 Cast products

C.3.1 General

(1) The casting materials of Table 3.3 may be used for load carrying parts under the provision that special design rules and quality requirements given in C.3.4 are observed.

(2) Six foundry alloys are recommended for structural applications, four heat treatable alloys EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 and EN AC-43300 plus two non-heat treatable alloys, EN AC-44200 and EN AC-51300. These alloys are described below. The alloys will normally comply with the requirements for elongation given in C.3.4.3. Due to the low Cu content they also have good corrosion resistance.

C.3.2 Heat treatable casting alloys EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 and EN AC-43300

(1) EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 and EN AC-43300 are all alloys in the Al-Si-Mg system and are responsive to heat treatment. All are suitable for sand and chill or permanent mould castings but are not normally used for pressure die castings except by using advanced casting methods. The highest strength is achieved with EN AC-42200-T6 but with a lower ductility than EN AC-42100.

(2) EN AC-43300 exhibits the best

найкращу ливарну якість та непогану стійкість до корозії, добре зварюється та механічно обробляється. Сплави EN AC-42100 і EN AC-42200 мають високу ливарну якість, добру стійкість до корозії та добре обробляються механічно.

C.3.3 Нетермооброблювані ливарні сплави EN AC-44200 та EN AC-51300

(1) Сплави EN AC-44100 та EN AC-51300 можуть вилитися у пісочних або металевих формах, але не рекомендуються для виливання під тиском. Сплав EN AC-44200 має відмінну ливарну якість, сплав EN AC-51300 – посередню, тому він придатний тільки для простіших форм. Сплав EN AC-51300 має найвищу міцність, чудову стійкість до корозії та механічну оброблюваність. Сплав EN AC-51300 можна декоративно анодувати.

C.3.4 Спеціальні правила розрахунку для ливарних виробів

C.3.4.1 Загальні проектні положення

(1) Наведені спеціальні правила розрахунку застосовуються до відлитих деталей з такою геометрією та прикладеними навантаженнями, що втрата стійкості ними неможлива. Ливарну деталь не можна формувати вигином, зварювати або механічно обробляти з утворенням гострих внутрішніх кутів.

(2) Розрахунок несучих конструкційних ливарних виробів, які мають гартування та відлиті способами, що зазначені у таблиці 3.3, повинен виконуватися на основі лінійно-пружної моделі шляхом порівняння еквівалентного розрахункового напруження.

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed}\sigma_{y,Ed} + 3\tau_{xy,Ed}^2} \tag{C.1}$$

з розрахунковою міцністю σ_{Rd} , де σ_{Rd} – менша з величин $f_{oc} / \gamma_{Mo,c}$ та $f_{uc} / \gamma_{Mu,c}$.

ПРИМІТКА. Коефіцієнти надійності $\gamma_{Mo,c}$ та $\gamma_{Mu,c}$ можуть визначатися у Національному додатку. Для будівель та споруд рекомендуються наступні значення: $\gamma_{Mo,c} = 1,1$ та $\gamma_{Mu,c} = 2,0$.

foundry castability with fair resistance to corrosion, good machinability and weldability. Foundry castability of alloys EN AC-42100 and EN AC-42200 is good, with good resistance to corrosion and machinability.

C.3.3 Non-heat treatable casting alloys EN AC-44200 and EN AC-51300

(1) EN AC-44100 and EN AC-51300 alloys are suitable for sand and chill or permanent mould castings but not recommended for pressure die castings. Alloy EN AC-44200 possesses excellent foundry castability, but EN AC-51300 has fair castability and is only suitable for more simple shapes. EN AC-51300 has the highest strength, has excellent resistance to corrosion and is machinable. The EN AC-51300 alloy may be decoratively anodised.

C.3.4 Special design rules for castings

C.3.4.1 General design provisions

(1) The special design rules are applicable to cast parts which have geometry and applied actions where buckling cannot occur. The cast component should not be formed by bending or welded or machined with sharp internal corners.

(2) The design of load carrying parts of casts in temper and casting method as listed in Table 3.3 should be done on the basis of linear elastic analysis by comparing the equivalent design stress.

with the design strength σ_{Rd} where σ_{Rd} is the lesser of $f_{oc} / \gamma_{Mo,c}$ and $f_{uc} / \gamma_{Mu,c}$.

NOTE. Partial factors $\gamma_{Mo,c}$ and $\gamma_{Mu,c}$ may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended for buildings: $\gamma_{Mo,c} = 1,1$ and $\gamma_{Mu,c} = 2,0$

(3) Розрахункову міцність при зминанні болтів та заклепок слід приймати як менше зі значень, обчислених за наступними двома формулами, що базуються на рівнянні (8.11) таблиці 8.5:

$$F_{b,Rd} = k_1 \alpha_b f_{uc} dt / \gamma_{M2,cu}, \quad (C.2)$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \alpha_b f_{oc} dt / \gamma_{M2,co}. \quad (C.3)$$

ПРИМІТКА. Часткові коефіцієнти $\gamma_{M2,cu}$ та $\gamma_{M2,co}$ можуть визначатися у Національному додатку. Для будівель та споруд рекомендуються наступні значення:

$$\gamma_{M2,cu} = \gamma_{Mu,c} = 2,0 \text{ та } \gamma_{M2,co} = \gamma_{Mo,c} = 1,1$$

(4) Розрахункову міцність при зминанні для матеріалу листа у шпилькових з'єднаннях, $F_{b,Rd}$, слід приймати як менше значення з двох, обчислених за наступними формулами, що базуються на даних таблиці 8.7:

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{uc} dt / \gamma_{Mp,cu}, \quad (C.4)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 f_{oc} dt / \gamma_{Mp,co}. \quad (C.5)$$

ПРИМІТКА. Коефіцієнти надійності $\gamma_{Mp,co}$ та $\gamma_{Mp,cu}$ можуть визначатися у Національному додатку. Для будівель та споруд рекомендуються наступні значення:

$$\gamma_{Mp,co} = \gamma_{Mp} = 1,25 \text{ та } \gamma_{Mp,cu} = \gamma_{Mu,c} = 2,0$$

(5) Технічне завдання на ливарну деталь повинне включати наступні дані:

- області напружень розтягу з використанням більш ніж 70 % розрахункового опору (області Н);
- області напружень розтягу з використанням від 70 % до 30 % розрахункового опору (області М);
- області напружень стиску з використанням від 100 % до 30 % розрахункового опору (області М);
- області з використанням розрахункового опору менш ніж на 30 % (області Н);
- місце і напрямок, у яких слід брати зразки матеріалу для випробувань. Місце повинне бути тим самим, у якому досягається максимальне напруження, або близьким до нього. Якщо є кілька областей з високими напруженнями, вибирати зразки також треба у кількох областях;
- усі випробування, які потрібно провести,

(3) The design bearing resistance of bolts and rivets should be taken as the lesser value from the following two expressions, based on equation (8.11) of Table 8.5:

NOTE. Partial factors and may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended for $\gamma_{M2,cu}$ and $\gamma_{M2,co}$ may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended for buildings:

$$\gamma_{M2,cu} = \gamma_{Mu,c} = 2,0 \text{ and } \gamma_{M2,co} = \gamma_{Mo,c} = 1,1$$

(4) The design bearing resistance for the plate material of pin connections $F_{b,Rd}$ should be taken as the lesser value from the following two expressions, based on Table 8.7:

NOTE. Partial factors $\gamma_{Mp,co}$ and $\gamma_{Mp,cu}$ may be defined in the National Annex. The following numerical values are recommended for buildings:

$$\gamma_{Mp,co} = \gamma_{Mp} = 1,25 \text{ and } \gamma_{Mp,cu} = \gamma_{Mu,c} = 2,0$$

(5) The specification for the cast part should include the following information:

- areas with tension stresses and utilization of the design resistance of more than 70 % (areas Н);
- areas with tension stresses and utilization of the design resistance between 70 and 30 % (areas М);
- areas with compressive stresses and utilization of the design resistance between 100 and 30 % (areas М);
- areas with utilization of the design resistance of less than 30 % (areas Н);
- the location and direction where the sampling for the material test should be made. The location should be identical or close to the location with the highest stresses of the component. If there are various areas with high stresses, sampling should be executed at more than one location;
- all tests to be performed and any test

будь-які відхилення умов випробувань від документа EN 1706, методика та вимоги до кваліфікаційних випробувань;
 г) потрібні мінімальні значення міцності та видовження зразка при розриві.

C.3.4.2 Вимоги до якості, випробувань та документації з контролю якості

(1) Для аналізу механічних властивостей кожної області, вказаної як область високих напружень, з партії виробів необхідно взяти два зразки. У деяких випадках до областей, у яких необхідні випробування, зараховують також зони з умовами, важкими для виливання. Результати випробувань на межу міцності та межу текучості не повинні бути меншими за значення таблиці 3.3. На відміну від вказаного в таблиці 3.3, $A_{5,65\sqrt{A_0}}$ видовження $\left(A_{5,65\sqrt{A_0}}\right)$ не повинне бути меншим за 2 %. При використанні піщаної ливарної форми дозволяється виготовити ливарну деталь товщою у місцях найвищих напружень або там, де необхідно брати випробувальні зразки, щоб їх можна було взяти без руйнування виливка.

(2) Діють наступні вимоги до внутрішніх дефектів:

а) У ливарних деталях не повинно бути тріщин.

б) Гранично допустимі значення пористості:

у Н-областях: 4 %

у М-областях: 6 %

у N-областях: 8 %

Діаметр пор має бути меншим за 2 мм.

с) Кожна ливарна деталь підлягає капілярній дефектоскопії на наявність зовнішніх тріщин та просвічуванню на наявність внутрішніх дефектів із використанням електронно-оптичного підсилювача зображення, якщо не вказано інше. Обсяг робіт із контролю якості можна зменшити, якщо ливарні деталі при експлуатації підлягатимуть тільки напруженням стиску. Методика випробувань регламентується у наступних нормативних документах: EN 1371-1 разом із EN 571 з капілярної дефектоскопії, а також prEN 13068 (радіоізотопна дефектоскопія) або

conditions deviating from EN 1706, qualification procedures and qualification requirements;

g) the required minimum values for strength and elongation.

C.3.4.2 Quality requirements, testing and quality documentation

(1) To check the mechanical properties of each area specified as having high strain two test specimens should be taken from the batch. In some cases also areas with difficult casting conditions should be specified as areas to be tested. The test results for ultimate strength and yield strength should not be less than the values in Table 3.3. Deviating from Table 3.3, the As-elongation $\left(A_{5,65\sqrt{A_0}}\right)$ should not be less than 2 %. If sand casting is used it is allowed to thicken the cast part in the areas with the highest stresses or where the test specimens should be taken so that these can be taken without the casting being destroyed.

(2) The following requirements apply to limitation of internal defects:

a) Cracks in the cast parts are not allowed.

b) For porosity the limiting values are:

H-areas: 4 %

M-areas: 6 %

N-areas: 8 %

The diameter of pores should be less than 2 mm.

c) Each casting should be subject to penetrant testing for exterior cracks and to radiation test for interior defects using image intensifier unless otherwise specified. The amount of inspection may be reduced if the cast parts are subject to only compressive stresses. The following standards specify the test procedures: EN 1371-1 in combination with EN 571 for the penetrant testing and prEN 13068 (radiology) or prEN 12681 (radiography) in combination with EN 444 for carrying out the radiation test.

prEN 12681 (рентгенодефектоскопія) разом із EN 444 з радіаційної дефектоскопії.

(3) Методики випробувань та деталі виконання замовлення, на які розповсюджуються вимоги до якості згідно з EN 1559-1 та EN 1559-4, потрібно узгоджувати і надавати у письмовому вигляді, у формі технічного завдання на випробування. Ремонтне зварювання дозволяється тільки для ліквідації незначних дефектів лиття. Виробник повинен інформувати замовника про будь-яку потребу в такому ремонті та про його результат.

(4) Постачальник ливарних виробів повинен підтвердити відповідність властивостей матеріалу вимогам і виконання усіх випробувань, необхідних для задоволення поставлених умов, свідоцтвом про проведення технічного огляду за формою 3.1.B згідно з EN 10204.

C.4 З'єднувальні деталі

C.4.1 Алюмінієві болти

(1) За відсутності стандартів EN на алюмінієві болти, перераховані у таблиці 3.4, їх слід використовувати тільки тоді, коли виробник болтів може підтвердити випробуваннями їх відповідність стандарту EN 28839 щодо механічних властивостей, а також відповідність геометричних припусків стандартам для сталевих болтів EN 24014 або EN 24017. Якщо використання болтів із нарізною різьбою не дозволяється, це повинно вказуватися у специфікаціях та технічних завданнях. Будь-які конкретні вимоги до болтів повинні зазначатися у технічному завданні. Виробник болтів повинен підтвердити, що властивості матеріалу перевірено шляхом випробувань, свідоцтвом про проведення технічного огляду за формою 3.1.B згідно з EN 10204.

C.4.2 Алюмінієві заклепки

(1) За відсутності стандартів EN на алюмінієві заклепки суцільні алюмінієві заклепки, наведені у таблиці 3.4, слід використовувати тільки тоді, коли їх виробник може

(3) Test procedures and delivery details regarding the test and the quality requirements of EN 1559-1 and EN 1559-4 should be agreed and given in written specifications for the tests. Repair welding is only allowed to repair minor casting defects. The manufacturer should inform about any need for and the result of such repair.

(4) The supplier of cast products should confirm all required material properties and the tests executed to fulfil the specified requirements by an inspection certificate 3.1.B in accordance with EN 10204.

C.4 Connecting devices

C.4.1 Aluminium bolts

(1) In lack of EN standards for aluminium bolts, the aluminium bolts given in Table 3.4 should only be used if the bolt manufacturer certifies that the bolts are produced and tested according to EN 28839 with regard to mechanical properties and that geometrical tolerances correspond to those for steel bolts according to EN 24014 or EN 24017. If the use of bolts with threads manufactured by cutting is not allowed it should be stated in the specification. All requirements for the bolts should be given in the specification. The bolt manufacturer should confirm that the material properties and the tests executed to check this by issuing an inspection certificate 3.1.B according to EN 10204.

C.4.2 Aluminium rivets

(1) In lack of EN standards for aluminium rivets, the solid aluminium rivets listed in Table 3.4 should only be used if the manufacturer certifies that they are produced

підтвердити, що заклепки вироблені з тягнутого круглого прутка згідно з EN 754 або тягнутого круглого дроту згідно з EN 1301, і особливо, що показники міцності заклепок також відповідають даним стандартам.

(2) Слід дотримуватися наступних вимог до геометричних розмірів: висота головки $\geq 0,6d$; діаметр головки $\geq 1,6d$, радіус $\geq 0,75d$, без утоплення (d – номінальний діаметр суцільного стрижня; див. також рисунок С.1). Вказані вимоги слід включити у технічні умови на проектування, а також у всі креслення з приміткою про те, що всі заходи потрібно зробити таким же чином.

(3) Виробник заклепок повинен підтвердити відповідність властивостей матеріалу і належне виконання випробувань згідно з вимогами замовника, надавши свідоцтво про проведення технічного огляду за формою 3.1.В відповідно до EN 10204.

of drawn round bar material according to EN 754 or drawn round wire material according to EN 1301 and expressly that the strength values of the rivet also fulfil the values of these standards.

(2) The following requirements concerning the geometry should be observed: Depth of head $\geq 0,6d$; diameter of head $\geq 1,6d$, radius $\geq 0,75d$, no countersunk (d = nominal diameter of the solid shaft; see also Figure C.1). The requirements defined here should be inserted in the design specification and in all drawings with the remark that all procurement has to be done accordingly.

(3) The manufacturer of the rivets has to confirm all required material properties and tests to be executed fulfilling the specified requirement by an inspection certificate 3.1.B according to EN 10204.

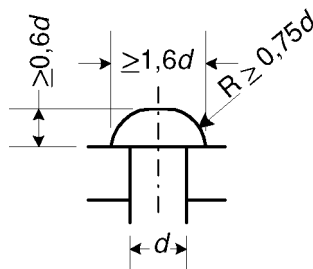


Рисунок С.1 Мінімальні розміри головки суцільних заклепок (без утоплення)
 Figure C.1 Minimum head dimensions of solid shaft rivets (no countersunk)

ДОДАТОК D [ДОВІДКОВИЙ] – КОРОЗІЯ ТА ЗАХИСТ ПОВЕРХОНЬ**D.1 Корозія алюмінію у різних умовах**

(1) У цьому додатку містяться відомості про корозійні властивості алюмінієвих сплавів, а також рекомендації щодо вибору і захисту алюмінієвих сплавів залежно від умов навколишнього середовища.

(2) Здатність алюмінієвих сплавів опиратися корозії ґрунтується на наявності захисної окисної плівки, яка з'являється на поверхні металу безпосередньо після контакту з повітрям. Зазвичай ця плівка невидима і відносно інертна. Вона з'являється природним чином при контакті з повітрям або киснем у багатьох складних середовищах, які містять кисень, тому можна вважати, що плівка самопоновлюється і самопідтримується.

(3) У неагресивних середовищах алюмінієва поверхня зберігає свій первинний вигляд довгі роки, тому більшість сплавів ніякого захисту не потребують. У помірних промислових умовах поверхня дещо темнішає та шорсткішає. По мірі того, як середовище стає агресивнішим, наприклад, сильнолужним або сильнокислотним, поверхня все більше втрачає колір і стає шорсткішою; з'являється білий порохоподібний поверхневий окис, причому сама окисна плівка може стати розчинною. Метал стає вразливим, і для його захисту стають потрібними додаткові заходи. Такі умови можуть також виникнути у щілинах, де в наявності локально високий рівень кислотності або лужності, хоча самих хімічних чинників порівняно небагато.

(4) На узбережжях і в морській воді поверхня стає грубішою, набуває сірого кам'яноподібного вигляду, і захист деяких сплавів стає необхідним. Там, де алюміній занурено у воду, можуть знадобитися спеціальні заходи безпеки.

ANNEX D [INFORMATIVE] – CORROSION AND SURFACE PROTECTION**D.1 Corrosion of aluminium under various exposure conditions**

(1) This annex gives information on corrosion tendency of aluminium alloys and recommendations for selection and protection of aluminium alloys dependant on the various exposure conditions.

(2) The corrosion resistance of aluminium alloys is attributable to the protective oxide film which forms on the surface of the metal immediately on exposure to air. This film is normally invisible, relatively inert and as it forms naturally on exposure to air or oxygen, and in many complex environments containing oxygen; the protective film is thus self sealing.

(3) In mild environments an aluminium surface will retain its original appearance for years, and no protection is needed for most alloys. In moderate industrial conditions there will be a darkening and roughening of the surface. As the atmosphere becomes more aggressive such as in certain strongly acidic or strongly alkaline environments, the surface discoloration and roughening will be worse with visible white powdery surface oxides and the oxide film may itself be soluble. The metal ceases to be fully protected and added protection is necessary. These conditions may also occur in crevices due to high local acid or alkaline conditions, but agents having this extreme effect are relatively few in number.

(4) In coastal and marine environments the surface will roughen and acquire a grey, stone-like, appearance, and protection of some alloys is necessary. Where aluminium is immersed in water special precautions may be necessary.

(5) Коли поверхня дійсно піддається корозійному впливу, процес корозії для алюмінію та алюмінієвих сплавів зазвичай має експоненційну форму; починається вона з втрати поверхнею блиску під впливом погодних умов. Після цього не відбувається практично ніяких змін протягом дуже довгого часу. На відкритому повітрі перший етап може тривати від кількох місяців до двох-трьох років. Далі відбуваються тільки незначні зміни протягом двадцяти-тридцяти або навіть вісімдесяти років. Така робота конструкцій характерна для всіх зовнішніх умов відкритого повітря, а також для умов всередині приміщення або під захисною покрівлею, окрім тих випадків, коли розвивається сильнокислотне або лужне середовище. Тропічний клімат загалом не є для алюмінієвих конструкцій більш небезпечним, ніж помірний, хоча деякі сплави серії 5xxx страждають від довготривалого знаходження у високих температурах, особливо на морському повітрі.

(6) Загалом конструкцію або споруду треба проектувати згідно з загальновідомою практикою захисту від корозії. Слід оцінити можливість гальванічної корозії та корозії у щілинах і відповідно врахувати це у проєкті. Усім частинам конструкції потрібно забезпечити дренавання та просушування.

(7) Якщо від алюмінієвої конструкції вимагається зберігати декоративний зовнішній вигляд протягом тривалого часу, доцільно обробити поверхню органічними покриттями (рідкими або порошковими) та анодним окисленням, про що у виконавчій документації мають надаватися детальні вказівки. Слід врахувати можливість зміни кольору поверхні, відповідно вивчивши і погодивши його, наприклад, на зразках матеріалу. Різниця у зовнішньому вигляді може проявлятися в результаті різних партій напівфабрикатів, різних партій матеріалу покриття, різних машин, які це покриття наносять. Обираючи належний спосіб обробки поверхні, слід враховувати відхилення у поведінці системи з точки зору зручності ремонту та очищення, а також стійкості до погодних умов. Вказівки щодо

(5) Where surface attack does occur corrosion time curves for aluminium and aluminium alloys usually follow an exponential form, with an initial loss of reflectivity after slight weathering. After this there is very little further change over very extensive periods. On atmospheric exposure, the initial stage may be a few months or two to three years, followed by little, if any, further change over periods of twenty, thirty or even eighty years. Such behaviour is consistent for all external freely exposed conditions and for all internal or shielded conditions, except where extremes of acidity or alkalinity can develop. Tropical environments are in general no more harmful to aluminium than temperate environments, although certain 5xxx-alloys are affected by long exposure to high ambient temperatures, particularly if in marine environment.

(6) Generally the structure should be designed according to known practice for avoiding corrosion. The possibility of galvanic corrosion and crevice corrosion should be evaluated and avoided due to proper design. All parts should be well drained.

(7) If a decorative appearance of aluminium is required to be kept for a long time the suitable surface treatments are organic coatings (liquid coating, powder coating) and anodic oxidation. The execution specification should define the detail requirements. Deviations of colour appearance should be taken in account and should be agreed and defined e.g. by limit samples. Differences in appearance may occur by different lots of semi-products, by different lots of coating material and by different coaters. For the selection of suitable surface treatments the different behaviours of the systems concerning reparability, weathering resistance and cleanability should be taken in account. Specifications for anodic oxidation are given in EN 12373-1.

анодного окислення наведені у EN 12373-1.

D.2 Ступені довговічності алюмінієвих сплавів

(1) Алюмінієві сплави, зазначені у таблицях 3.1a та 3.1b, підрозділяються за довговічністю на три ступеня, або рейтинга: А, В та С у порядку погіршення довговічності. Ці ступені використовуються для того, щоб визначити об'єм потреби у захисті матеріалу. У конструкціях, де застосовується декілька сплавів, у тому числі присадний метал у зварних швах, класифікацію слід виконувати за найгіршим із рейтингів складових частин.

(2) Конкретні ступені довговічності для алюмінієвих сплавів див. Додаток С.

(3) У таблиці D.1 наводяться рекомендації щодо антикорозійного захисту матеріалів, які відповідають трьом ступеням довговічності.

D.3 Антикорозійний захист

D.3.1 Загальні положення

(1) Виконавча документація проекту повинна містити опис різновиду та обсяг антикорозійної обробки. Різновид антикорозійної обробки слід підбирати, враховуючи механізм корозії: поверхнева корозія, гальванічна корозія, щілинна корозія або корозія, спричинена забрудненням іншими будівельними матеріалами. Щілинна корозія може трапитись у щілинах будь-якого різновиду, також між металом та пластиком. Особливі умови будівництва також можуть спровокувати корозію – наприклад, якщо мідний дах встановлюється на алюмінієві конструкції.

(2) Для вибору належного засобу захисту від корозії слід мати на увазі, що пошкодження на органічних покриттях до певної міри піддаються ремонту. З анодованими деталями під час перевезення та мон-

D.2 Durability ratings of aluminium alloys

(1) The aluminium alloys listed in Tables 3.1a and 3.1b are categorised into three durability ratings; A, B and C in descending order of durability. These ratings are used to determine the need and degree of protection required. In structures employing more than one alloy, including filler metals in welds, the classification should be in accordance with the lowest of their durability ratings.

(2) For advice on the durability rating of aluminium alloys see Annex C.

(3) Table D.1 gives recommendation for corrosion protection for the three classes of durability ratings.

D.3 Corrosion protection

D.3.1 General

(1) The execution specification should describe type and amount of protective treatment. The type of corrosion protection should be adapted to the corrosion mechanism as surface corrosion, galvanic induced corrosion, crevice corrosion and corrosion due to contamination by other building materials. Crevice corrosion can occur in any type of crevice, also between metal and plastic. Special building conditions may provoke corrosion e.g. if a copper roof is installed over aluminium elements.

(2) For the selection of a suitable corrosion protection the following item should be taken in account: Damages on organic coatings are to a certain degree repairable. Anodised parts have to be handled very

тажу треба поводитися особливо обережно; необхідно використовувати захисну плівку.

carefully in transport and erection. Therefore protecting foils should be used.

(3) За багатьох обставин анодне окислення і нанесення органічного покриття цілком еквівалентні. Але бувають спеціальні умови, за яких перевагу однозначно можна віддати тому чи іншому способу обробки поверхні. Це залежить від чинників корозії та навколишнього середовища, яке впливає на явища корозії. Якщо захист від корозії об'єднується з декоративною обробкою поверхні, див. D.3.2 (7). Технічна документація на анодне окислення має розроблятися на основі документа EN 12373-1.

(3) Anodic oxidation and organic coating under many circumstances are equivalent, under special conditions the one or other surface treatment is doubtless to prefer, depending on corrosive agents and the environment that influence the corrosion effects. In case of corrosion protection in combination with decorative aspects, see D.3.2 (7). Specifications for anodic oxidation should be based on the EN 12373-1.

(4) Для захисту на короткий строк або для м'яких умов експлуатації може використовуватись пасивізація.

(4) Passivation is a short-term protection or for mild conditions.

D.3.2 Повний антикорозійний захист конструкцій

D.3.2 Overall corrosion protection of structural aluminium

(1) Питання потреби у повному антикорозійному захисті конструкцій зі сплавів, наведених у таблицях 3.1a та 3.1b, при знаходженні їх у різних середовищах висвітлені у таблиці D.1. Методи антикорозійного захисту описані у документі prEN 1090-3. Щодо захисту листових конструкцій покрівлі та облицювання див. документ prEN 508-2:1996.

(1) The need to provide overall corrosion protection to structures constructed from the alloys listed in Tables 3.1a and 3.1b if exposed to various environments is given in табл. D.1. The methods of providing corrosion protection are given in prEN 1090-3. For the protection of sheet used in roofing and siding see prEN 508-2:1996.

(2) Вибираючи відповідний стовпчик із таблиці D.1 для заданого середовища, слід враховувати наявність у регіоні зон із локальним «мікрокліматом», який може суттєво відрізнятися від загальних кліматичних характеристик регіону. Наприклад, у регіоні, позначеному як «сільська місцевість», можуть існувати місця, які скоріше нагадують промислові зони через близькість до промислових підприємств або напрямки вітру від них. Аналогічно близьке до моря місце, яке знаходиться поруч із береговими спорудами, за певних напрямків вітру може мати характеристики скоріше промислового, ніж морського середовища.

(2) In selecting the appropriate column of table D.1 for a given exposure, a presence of localities within a region that have 'microclimates' significantly different from the environmental characteristics of the region as a whole should be evaluated. A region designated 'rural' may have local environments more closely resembling an industrial atmosphere at sites close to and down wind of factories. Similarly, a site near the sea but close to shore installations may, with the appropriate prevailing winds, have the characteristics of an industrial, rather than marine, atmosphere. The environment is not necessarily the same for a structure inside a building as for one outside.

Також навколишнє середовище може відрізнятися зовні та всередині будівлі або споруди.

(3) Виникнення корозії залежить не тільки від корозійної стійкості власне матеріалу та кліматичних умов у регіоні. На практиці більш важливо протягом якого часу конструкція знаходиться у контакті з вологою, накопичуючи при цьому бруд та корозійні чинники. Зони конструкцій або елементів, у яких затримується або накопичується бруд, більш небезпечні, ніж зони, у яких дощ або занесена вітром вода обмиває конструкцію, яка потім швидко висихає. Це означає, що слід уникати утворення полиць або виступів, захищених покрівлею, а місця, у яких може затримуватися вода, слід або ліквідувати зовсім, або забезпечити у них ефективне дренавання.

(4) Аналізуючи потребу у антикорозійному захисті та його належний рівень, слід брати до уваги запланований строк експлуатації конструкції. Для конструкцій з невеликим очікуваним строком експлуатації може виявитись доцільним вжити лише мінімальних запобіжних заходів або й зовсім ніяких. Якщо очікується, що під час планових оглядів та технічного обслуговування буде можливість виявити появу корозії на ранніх стадіях з ужиттям відповідних заходів, то первинні вимоги та заходи з попередження корозії можна пом'якшити. У той же час, якщо регулярний огляд неможливий чи недоцільний, а можливе виникнення корозії важко буде виявити, первинні заходи з її попередження можуть бути суворішими. Тому заходи з антикорозійного захисту у випадках, позначених літерою (P) у таблиці D.1, слід планувати разом із проектувальником, виробником та, за необхідності, спеціалістом з корозії.

(5) Завдяки цим факторам можуть виникнути локальні зони підвищеної корозійної небезпеки. Тому доцільно вивчити умови роботи конструкції у реальному середовищі якомога точніше перед тим, як вибрати відповідний стовпчик у таблиці

(3) The occurrence of corrosion depends not only on the susceptibility of the material and the global conditions, but in practice more on the period of time during which moisture may be present in conjunction with entrapped dirt and corrosive agents. Areas of members, or structural details, where dirt is trapped or retained are more critical than areas where rain, and wind driven rain, cleans the surface and drying occurs quickly. This means that sheltered ledges should be avoided and that pockets in which water can remain should be eliminated or provided with effective draining devices.

(4) In assessing the need and level of protection required the design life history of the structure should be considered. For short life structures less stringent measures or no protection may be acceptable. Where planned inspection and maintenance will reveal the onset of corrosion at an early stage, so allowing remedial action to be taken, the initial level of protection provided may be permitted to be relaxed. Whereas, where inspection is impractical and evidence of corrosion attack will not be revealed, the initial level of protection must be higher. Therefore the need for protection in those cases marked (P) on table D.1 should be established in conjunction with the engineer, manufacturer and if necessary a corrosion specialist.

(5) Because of these factors, localised conditions of increased severity may result. It is advisable to study the precise conditions prevailing at the actual site before deciding on the appropriate environment column of table D.1.

D.1.

Таблиця D.1 Рекомендації щодо антикорозійного захисту у різних середовищах та за різної довговічності конструкцій

Ступінь довговічності сплаву	Товщина матеріалу, мм	Умови навколишнього середовища							
		Атмосферні						Підводні	
		Сільська місцевість	Промислова/міська місцевість		Морське середовище			Прісна вода	Морська вода
			Помірні	Суворі	Непромислові	Помірні	Суворі		
A	All	0	0	(Pr)	0	0	(Pr)	0	(Pr)
B	<3	0	0	(Pr)	(Pr)	(Pr)	(Pr)	Pr	Pr
	≥ 3	0	0	0	0	0	(Pr)	(Pr)	Pr
C	All	0	0 ²⁾	(Pr) ²⁾	0 ²⁾	0 ²⁾	(Pr) ²⁾	(Pr) ¹⁾	NR

0 Зазвичай не потрібно ніякого захисту.
Pr Захист потрібен, окрім особливих випадків, див. розділ D.3.2.
(Pr) Потреба у захисті визначається наявністю особливих умов роботи конструкції, див.D.3.2. Якщо така потреба є, це потрібно вказувати у технічному завданні.
N Не рекомендується занурення у морську воду.
R Для сплаву 7020 захист потрібен тільки у пришовних зонах, якщо після зварювання не виконувалась термообробка.
¹⁾ Якщо після зварювання сплаву 7020 не виконувалась термообробка, то слід перевірити, чи є необхідність захисту пришовних зон у даних умовах, див. розділ D.3.2.
²⁾ даних умовах, див. розділ D.3.2.

ПРИМІТКА. Про захист листового матеріалу покрівель та облицювання див. prEN 508-2:1996.

Table D.1 Recommendations for corrosion protection for various exposure conditions and durability ratings

Alloy durability rating	Material thickness mm	Protection according to the exposure							
		Atmospheric						Immersed	
		Rural	Industrial/urban		Marine			Fresh-water	Sea water
			Moderate	Severe	Non-industrial	Moderate	Severe		
A	All	0	0	(Pr)	0	0	(Pr)	0	(Pr)
B	<3	0	0	(Pr)	(Pr)	(Pr)	(Pr)	Pr	Pr
	≥ 3	0	0	0	0	0	(Pr)	(Pr)	Pr
C	All	0	0 ²⁾	(Pr) ²⁾	0 ²⁾	0 ²⁾	(Pr) ²⁾	(Pr) ¹⁾	NR

0 Normally no protection necessary
Pr Protection normally required except in special cases, see D.3.2
(Pr) The need for protection depends on if there are special conditions for the structure, see D.3.2. In case there is a need it should be stated in the specification for the structure
N Immersion in sea water is not recommended
R For 7020, protection only required in Heat Affected Zone (HAZ) if heat treatment not applied after welding
¹⁾ If heat treatment of 7020 after welding is not applied, the need to protect the HAZ should be checked with respect to conditions, see D.3.2.
²⁾ D.3.2.

NOTE. For the protection of sheet used in roofing and siding see prEN 508-2:1996.

(6) У випадку застосування порожнистих профілів необхідно розглянути можливість виникнення корозії зсередини і відповідного захисту від неї. Оскільки фарбування таких профілів є утрудненим, доцільно наносити покриття методом хімічної обробки. Якщо порожнини у профілі надійно ізольовані або якщо вода не може потрапити всередину, то внутрішній захист не є необхідним.

D.3.3 Контакт алюмінію з алюмінієм та іншими металами

(1) Необхідно приділяти увагу контактуючим поверхням у щілинах, а також контактні з деякими металами або тонкими плівками металів, які можуть викликати електрохімічну небезпеку для алюмінію. Такі умови можуть виникнути у вузлових з'єднаннях конструкцій. Контактні поверхні та з'єднання між алюмінієвими деталями або деталями з інших металів, а також контактні поверхні у болтових, заклепкових, зварних з'єднаннях та з'єднаннях на високоміцних болтах із затягуванням слід захищати додатковими заходами до зазначених у таблиці D.1. Подробиці методик антикорозійного захисту наведені у prEN 1090-3. Питання захисту контактних поверхонь між металами, включаючи вузлові з'єднання, у листових матеріалах покрівлі та облицювання висвітлюються у prEN 508-2:1996.

(2) Під час монтажу фарбованих або захищених покриттям елементів конструкцій будь-яку необхідну додаткову ізоляцію поверхонь контакту слід вказувати у технічному завданні, включаючи її вид та технологію ізолювання. Вимоги до ізоляції повинні базуватися на очікуваному строку експлуатації конструкцій, умовах навколишнього середовища та якості вже існуючого на поверхнях захисту.

D.3.4 Поверхні контакту між алюмінієм та неметалевими матеріалами

D.3.4.1 Контакт з бетоном, цеглою або

(6) Where hollow sections are employed consideration should be given to the need to protect the internal void to prevent corrosion arising from the ingress of corrosive agents. Because of the difficulty of painting such sections, chemical conversion coatings may be of benefit. Where the internal void is sealed effectively or if no water can congregate inside the section, internal protection is not necessary.

D.3.3 Aluminium in contact with aluminium and other metals

(1) Consideration should be given to contacting surfaces in crevices and contact with certain metals or washings from certain metals which may cause electrochemical attack of aluminium. Such conditions can occur within a structure at joints. Contact surfaces and joints of aluminium to aluminium or to other metals and contact surfaces in bolted, riveted, welded and high strength friction grip bolted joints should be given additional protection to that required by table D.1 as defined in table D.1. Details of the corrosion protection procedure required are given in prEN 1090-3. For the protection of metal to metal contacts including joints for sheet used in roofing and siding see prEN 508-2:1996.

(2) Where pre-painted or protected components are assembled, an additional sealing of the contact surfaces should be defined in the execution specification including type and procedure of the sealing. Requirements should consider expected life of the structure, the exposure and the protection quality of the pre-protected components.

D.3.4 Aluminium surfaces in contact with non-metallic materials

D.3.4.1 Contact with concrete, masonry or

штукатуркою

(1) Алюмінієві поверхні, які знаходяться у контакті з щільним важким бетоном, цеглою або штукатуркою, у сухому незабрудненому середовищі або помірному кліматі, слід укривати шаром бітумної фарби або іншим покриттям, яке б забезпечувало такий самий захист. У промисловому або морському середовищі поверхні контакту алюмінію з іншими матеріалами слід покривати не менш ніж двома шарами бітумної фарби покращеної стійкості; поверхню матеріалу, з яким контактує алюміній, також доцільно пофарбувати такою самою фарбою. Підводний контакт між алюмінієм і такими матеріалами не рекомендується. Але якщо цього не уникнути, рекомендується відділити цей матеріал, використовуючи відповідну мастику або стійкий гідроізоляційний матеріал.

(2) Легкий бетон та аналогічні матеріали потребують особливого розгляду, якщо вода або підвищена вологість може викликати вихід агресивних лугів із цементу, що може негативно вплинути на інші алюмінієві поверхні, відмінні від контактних.

D.3.4.2 Закладка у бетон

(1) Такі алюмінієві поверхні слід захищати не менше ніж двома шарами бітумної фарби або гарячого бітуму, і покриття має простягатися не менше ніж на 75 мм над поверхнею бетону.

(2) Якщо бетон містить хлориди (наприклад, домішки, або якщо заповнювач для бетону був добутий з морського дна), то слід нанести не менше двох шарів пластифікованої кам'яновугільної смоли згідно з вказівками виробника, а після закінчення монтажу та повного застигання бетону пофарбувати у відповідних місцях тим самим матеріалом для ізоляції поверхні. Особливу увагу слід приділити контакту закладених алюмінієвих деталей із сталевією арматурою.

D.3.4.3 Контакт з деревиною**plaster**

(1) Aluminium in contact with dense compact concrete, masonry or plaster in a dry unpolluted or mild environment should be coated in the contacting surface with a coat of bituminous paint, or a coating providing the same protection. In an industrial or marine environment the contacting surface of the aluminium should be coated with at least two coats of heavy-duty bituminous paint; the surface of the contacting material should preferably be similarly painted. Submerged contact between aluminium and such materials is not recommended, but if unavoidable, separation of the materials is recommended by the use of suitable mastic or a heavy duty damp course layer.

(2) Lightweight concrete and similar products require additional consideration if water or rising damp can extract a steady supply of aggressive alkali from the cement. The alkali water can then attack aluminium surfaces other than the direct contact surfaces.

D.3.4.2 Embedment in concrete

(1) The aluminium surfaces should be protected with at least two coats of bituminous paint or hot bitumen, and the coats should extend at least 75 mm above the concrete surface.

(2) Where the concrete contains chlorides (e.g. as additives or due to the use of sea-dredged aggregate), at least two coats of plasticised coal-tar pitch should be applied in accordance with the manufacturer's instructions and the finished assembly should be over-painted locally with the same material, after the concrete has fully set, to seal the surface. Care should be taken where metallic contact occurs between the embedded aluminium parts and any steel reinforcement.

D.3.4.3 Contact with timber

(1) У промисловому, вологому або морському середовищі деревину слід прогрунтувати та пофарбувати.

(2) Деякі засоби захисту деревини можуть бути шкідливими для алюмінію. Безпечними є наступні, які можуть застосовуватися без спеціальних попереджувальних заходів:

- креозот;
- нафтенати та карбоксилати цинку;
- речовини, які містять неіоногенні органічні біоциди, наприклад, пропіконазол, карбендазім, а також розчини, у яких містяться ці засоби.

(3) Наступні засоби захисту слід використовувати тільки у сухих місцях і тільки якщо алюмінієва поверхня контакту з обробленим деревом має значне ізоляційне покриття:

- нафтенат міді;
- фіксуючі засоби зберігання дерева на основі цитрату амміачної міді, хромованого арсената міді та з'єднання «мідь-хром-бор»;
- речовини, які містять з'єднання бору, або чвертичні амонієві сполуки.

(4) Засоби зберігання деревини, які не слід використовувати при контакті з алюмінієм:

- нефіксуєчі неорганічні речовини, які містять водорозчинні сполуки міді або цинку, а також речовини, які містять кислотні й лужні компоненти ($\text{pH} < 5$ та $\text{pH} > 8$).

(5) Дуб, каштан, туя, якщо вони недостатньо витримані, можуть спричинити шкоду алюмінію, особливо якщо вони контактують із кріпленнями.

D.3.4.4 Контакт з ґрунтом

(1) Поверхню металу слід вкрити не менше ніж двома шарами бітумної фарби, гарячого бітуму або пластифікованої кам'яновугільної смоли. Щоб попередити механічне пошкодження покриття, можна використати додаткове обмотування стрічкою.

(1) In an industrial, damp or marine environment the timber should be primed and painted.

(2) Some wood preservatives may be harmful to aluminium. The following preservatives are generally accepted as safe for use with aluminium without special precautions:

- creosote;
- zinc naphthenates and zinc-carboxylates;
- formulations containing nonionic organic biocides, e.g. propiconazole, carbendazim also solvent born preservatives.

(3) The following preservatives should only be used in dry situations and where the aluminium surface in contact with the treated timber has a substantial application of sealant:

- copper naphthenate;
- fixated CC-, CCA- and CCB-preservatives;
- formulations containing boron compounds or quaternary ammonium compounds.

(4) The following preservatives should not be used in association with aluminium:

- non fixing inorganic formulations containing water-soluble copper- or zinc-compounds, also formulations containing acid and alkaline ingredients ($\text{pH} < 5$ and $\text{pH} > 8$).

(5) Oak, chestnut and western red cedar, unless well seasoned, are likely to be harmful to aluminium, particularly where these are through fastenings.

D.3.4.4 Contact with soils

(1) The surface of the metal should be protected with at least two coats of bituminous paint, hot bitumen, or plasticised coal tar pitch. Additional wrapping-tapes may be used to prevent mechanical damage to the coating.

D.3.4.5 Занурення у воду

(1) Там, де алюмінієві деталі занурені у прісну або морську воду, в тому числі забруднену, бажано використовувати алюміній ступеня довговічності А, з кріпильними деталями з алюмінію або неіржавіючої сталі, або ж з'єднані зварюванням. У таблицях D.1 та D.2 наведені вимоги до заходів захисту при зануренні у прісну та морську воду.

(2) Необхідно отримати дані щодо вмісту кисню, показника рН, вмісту хімічних елементів та металів, особливо міді, а також інтенсивності руху води, оскільки усі ці чинники можуть впливати на необхідний ступінь захисту від корозії.

D.3.4.6 Контакт з хімічними речовинами, які використовуються у будівництві

(1) Засоби для захисту від грибків та плісняви можуть містити сполуки таких металів, як мідь, ртуть, олово та свинець. За умов підвищеної вологості вони можуть викликати корозію алюмінію. Боротися з подібними явищами можна шляхом захисту поверхонь контакту, на які можуть потрапляти такі хімікати.

(2) Деякі засоби для миття і чищення ($\text{pH} < 5$ та $\text{pH} > 8$) можуть впливати на поверхню алюмінію. Якщо такі хімікати використовуються для чищення алюмінію або інших матеріалів споруди, слід вживати заходів для захисту алюмінію. Зазвичай достатнім буває своєчасного промивання водою, тоді як у інших ситуаціях можуть знадобитися тимчасові заходи з захисту алюмінію від контакту з миючими засобами.

D.3.4.7 Контакт з ізоляційними матеріалами, які використовуються у будівництві

Такі матеріали, як скловолокно, поліуретан та різні ізоляційні матеріали можуть містити корозійні чинники, які виділяються

D.3.4.5 Immersion in water

(1) Where aluminium parts are immersed in fresh or sea water including contaminated water, the aluminium should preferably be of durability rating A, with fastenings of aluminium or corrosion-resisting steel or fastened by welding. table D.1 and табл. D.2 give the protection requirements for fresh water and sea water immersion.

(2) Data on the oxygen content, pH number, chemical or metallic, particularly copper content and the amount of movement of the water should be obtained as these factors may affect the degree of protection required.

D.3.4.6 Contact with chemicals used in the building industry

(1) Fungicides and mould repellents may contain metal compounds based on copper, mercury, tin and lead which, under wet or damp conditions could cause corrosion of the aluminium. The harmful effects may be countered by protecting the contacting surfaces which may be subject to washing or seepage from the chemicals.

(2) Some cleaning materials can affect ($\text{pH} < 5$ and $\text{pH} > 8$) the surface of the aluminium. Where such chemicals are used to clean aluminium or other materials in the structure, care should be taken to ensure that the effects will not be detrimental to the aluminium. Often quick and adequate water rinsing will suffice, while in other situations temporary measures may be necessary to protect the aluminium from contact with the cleaners.

D.3.4.7 Contact with insulating materials used in the building industry

Products such as glass fibre, polyurethane and various insulation products may contain corrosive agents which can be extracted under

за підвищеної вологості та спричиняють шкоду алюмінієвим конструкціям. Ізоляційні матеріали слід випробувати на сумісність з алюмінієм в умовах підвищеної вологості та солоності. Якщо виникають сумніви, слід ізолювати поверхню алюмінію за допомогою відповідного покриття.

moist conditions to the detriment of the aluminium. Insulating materials should be tested for compatibility with aluminium under damp and saline conditions. Where there is doubt a sealant should be applied to the associated aluminium surfaces.

Таблиця D.2 Додаткові заходи для захисту поверхонь контакту між металами для попередження щілинної та гальванічної корозії

Метал, з'єднаний з алюмінієм	Матеріал болтів або заклепок	Заходи безпеки відповідно до середовища																	
		Атмосферне								Морське						Підводне			
		Сільська місцевість				Промислово-міське				Непромислове		Промислове				Прісна вода		Морська вода	
		Сухе, не- забруднене		М'яке		Помірне		Суворе				Помірне		Суворе					
(M)	(B/R)	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R
Алюміній	Алюміній	0	0	0	0	0/X	0	X _a	1	0/X	(1)	0/X _a	(1)	X _a z	1	X	1	X	1
	Неїржавіюча сталь		0		0		0		1		(1)		1		1		1		1 2
	Оцинкована сталь		0		(2)		(1) (2)		1(2)		(1) (2)		(1) (2)		1(2)		1 2		1 2
Оцинкована сталь Фарбована сталь	Алюміній	0	0	0	0	0/X _a	0	X _a z	1	0/X _a	(1)	0/X _a	(1)	X _a z	1	X _z	1	Y (Z) z	1 2
	Неїржавіюча сталь		0		0		0		1		0		(1)		1		1(2)		1 2
	Оцинкована сталь		0		(2)		(2)		1(2)		(1) (2)		1(2)		1(2)		1 2		1 2
Неїржавіюча сталь	Алюміній	0	0	0	0	0/X _a	0	X _a z	1	0/X _a	(1)	0/X _a	(1)	X _a	1	Y (X) (Z)	1 2	Y (Z)	1 2
	Неїржавіюча сталь		0		0		0		1		0		(1)		1		1		1 2
	Оцинкована сталь		0		(2)		(2)		1 (2)		(1) (2)		(1) (2)		1 (2)		1 2		1 2

ПРИМІТКА 1. Основний захист алюмінієвих конструкцій слід підбирати за таблицею D.1.

ПРИМІТКА 2. Дужки () означають, що відповідні показники треба аналізувати з урахуванням розділу D.3.2.

ПРИМІТКА 3. Щодо захисту листового матеріалу покрівель та облицювання див. prEN 508-2:1996.

ПРИМІТКА 4. Щодо неїржавіючої сталі див. також EN 1993-1-4.

Позначення:

Види обробки поверхонь контакту будівельних конструкцій

Процедура 0

Обробка у даних умовах зазвичай не потрібна.

Процедура 0/X

Обробка залежить від умов будівництва. Невеликі області контакту і області, які швидко висихають, можна монтувати без обробки (див. процедуру X).

Процедура X

Обидві контактуючі поверхні слід монтувати так, щоб між ними не було щілин для проникнення води. Поверхні контакту, включаючи отвори для болтів та заклепок, слід перед монтажем зачистити, підготувати і нанести один шар ґрунтування, див. prEN 1090-3, або ізоляційного матеріалу, на площі, більшій за область контакту. Поверхні слід притиснути одна до одної, поки ґрунтування не висохне. При монтажу

пофарбованих або вкритих захисним шаром деталей ізоляція контактуючих поверхонь може виявитися непотрібною. Це залежить від хімічного складу фарби або захисного покриття, навколишнього середовища та планового строку експлуатації конструкцій.

Процедура Y
Для уникнення металевих контактів між матеріалами необхідно забезпечити повну електричну ізоляцію між двома металами та всіма кріпильними деталями, помістивши між ними неводопоглинальні та неелектропровідні стрічки, шайби та прокладки. Може виявитися необхідним застосування додаткових покриттів або герметиків.

Процедура Z
Якщо ситуація вимагає процедури Y і водночас передача зусиль через місце контакту заважає застосуванню ізоляційного матеріалу, вузлове з'єднання слід змонтувати без використання ізоляційного матеріалу, а потім у зібраному вигляді повністю заізолювати зовні, щоб унеможливити проникнення вологи до елементів з'єднання. Процедура ізоляції повинна бути узгоджена між зацікавленими сторонами.

Обробка болтів та заклепок
Процедура 0
Обробка у даних умовах зазвичай не потрібна.

Процедура 1
Для ізоляції з'єднання і недопущення вологи між елементами та кріпильними деталями слід застосовувати шайби з інертного матеріалу або мастику-герметик для ущільнення швів; вони застосовуються між головками болтів, гайками, шайбами та з'єднуваними матеріалами. Необхідно прослідкувати, щоб наявність шайб або герметиків не впливала негативно на передачу зусиль через з'єднання.

Процедура 2
(1) Якщо з'єднання не пофарбоване чи не вкрито захисним покриттям згідно з іншими вимогами, то слід захистити принаймні одним шаром ґрунтування головки болтів, гайки та заклепки, а також навколишні зони матеріалу, як вказано нижче (див prEN 1090-3); з особливою увагою ізолюючи всі щілини.
(2) При використанні оцинкованих болтів захищати алюмінієву частину з'єднання не обов'язково.
(3) При використанні алюмінієвих болтів або заклепок захищати алюмінієву частину з'єднання не обов'язково.
(4) Якщо використовуються болти з неіржавіючої сталі у сполученні з алюмінієвими та оцинкованими сталевими деталями, то навколишня оцинкована зона з'єднання повинна бути захищена аналогічним чином.

Подальша обробка
Процедура a
При відсутності фарбування згідно з іншими вимогами, може виявитися необхідним захистити навколишні металеві поверхні біля зони контакту належним шаром фарби, якщо є загроза накопичення бруду або затримання води.

Процедура z
Може виявитися необхідним додатковий захист оцинкованих конструкційних елементів у цілому.

Table D.2 Additional protection at metal-to-metal contacts to take precautions against crevice and galvanic effects

Metal to be joined to aluminium	Bolt or rivet material	Protection according to exposure																		
		Atmospheric								Marine						Immersed				
		Rural				Industrial urban				Non industrial		Industrial				Fresh water		Sea water		
		Dry, unpolluted		Mild		Moderate		Severe				Moderate		Severe						
(M)	(B/R)	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R	M	B/R			
Aluminium	Aluminium	0	0	0	0	0/X	0	X _a	1	0/X	(1)	0/X _a	(1)	X _a	1	X	1	X	1	
	Stainless steel		0		0		0		0		1		(1)		1		1		1	2
	Zinc-coated steel		0		0		(2)		(1) (2)		1(2)		(1) (2)		(1) (2)		1(2)		1 2	1 2
Zinc-coated steel Painted steel	Aluminium	0	0	0	0	0/X _a	0	X _a	1	0/X _a	(1)	0/X _a	(1)	X _a	1	X _z	1	Y	1 2	
	Stainless steel		0		0		0		0		1		0		(1)		1		1(2)	1 2
	Zinc-coated steel		0		0		(2)		(2)		1(2)		(1) (2)		1(2)		1(2)		1 2	z
Stainless steel	Aluminium	0	0	0	0	0/X _a	0	X _a	1	0/X _a	(1)	0/X _a	(1)	X _a	1	Y	1 2	Y	1 2	
	Stainless steel		0		0		0		0		1		0		(1)		1		(X)	1

	Zinc-coated steel		0	(2)	(2)	z	1 (2)	(1) (2)	(1) (2)	1 (2)	(Z)	1 2	1 2
<p>NOTE 1. The overall protection of aluminium parts should be decided acc. to Table D.1.</p> <p>NOTE 2. Items in () should have a evaluation taking D.3.2 into account.</p> <p>NOTE 3. For the protection of sheet used in roofing or siding see prEN 508-2:1996.</p> <p>NOTE 4. For stainless steels see also EN 1993-1-4.</p> <p>Legend:</p> <p>Treatments applied to the contact areas of structural members</p> <p>Procedure 0 A treatment is usually unnecessary for causes of corrosion</p> <p>Procedure 0/X Treatment depends on structural conditions. Small contact areas and areas which dry quickly may be assembled without sealing (see procedure X)</p> <p>Procedure X Both contact surfaces should be assembled so that no crevices exist where water can penetrate. Both contact surfaces, including bolt and rivet holes should, before assembly, be cleaned, pre-treated and receive one priming coat, see prEN 1090-3, or sealing compound, extending beyond the contact area. The surfaces should be brought together while priming coat is still wet. Where assembling pre-painted or protected components sealing of the contact surfaces might be unnecessary, dependant on the composition of the paint or protection system employed, the expected life and the environment.</p> <p>Procedure Y Full electrical insulation between the two metals and all fixings should be ensured by insertion of non-absorbent, non-conducting tapes, gaskets and washers to prevent metallic contact between the materials. The use of additional coating or sealants may be necessary.</p> <p>Procedure Z Where procedure Y is required and the load transfer through the point precludes the use of insulating materials, the joint should be assembled without the use of insulating materials, with the whole joint assembly completely sealed externally to prevent moisture ingress to elements of the joint. Procedures should be established by agreement between the parties involved.</p> <p>Treatment applied to bolts and rivets</p> <p>Procedure 0 No additional treatment is usually necessary.</p> <p>Procedure 1 Inert washers or jointing compound should be applied between the bolt heads, nuts, washers and connected materials to seal the joint and to prevent moisture entering the interface between components and fixings. Care should be employed to ensure that load transfer through the joint is not adversely affected by the washers or jointing compounds.</p> <p>Procedure 2 (1) Where the joint is not painted or coated for other reasons, the heads of bolts, nuts and rivets and the surrounding areas as noted below, should be protected with at least one priming coat (see prEN 1090-3;), care being taken to seal all crevices. (2) Where zinc-coated bolts are used, the protection on the aluminium side of the joint is not necessary. (3) Where aluminium bolts or rivets are used, the protection on the aluminium side of the joint is not necessary. (4) Where stainless steel bolts are used in combination with aluminium and zinc-coated steel parts, the surrounding zinc-coated area of the joint should be similarly protected</p> <p>Further treatments</p> <p>Procedure a If not painted for other reasons it may be necessary to protect the adjacent metallic parts of the contact area by a suitable paint coating in cases where dirt may be entrapped or where moisture retained.</p> <p>Procedure z Additional protection of zinc-coated structural parts as a whole may be necessary</p>													

ДОДАТОК Е [ДОВІДКОВИЙ] – АНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ ЗАЛЕЖНОСТІ НАПРУЖЕННЯ – ДЕФОРМАЦІЯ

ANNEX E [INFORMATIVE] – ANALYTICAL MODELS FOR STRESS STRAIN RELATIONSHIP

Е.1 Галузь застосування

(1) У цьому Додатку наведені ідеалізовані фізико-математичні моделі співвідношень між напруженнями та деформаціями у алюмінієвих сплавах. Ці моделі розроблені з метою врахування реальної роботи таких матеріалів у пружній області зі зміцненням.

(2) Запропоновані моделі мають різний рівень складності у залежності від необхідної точності розрахунків.

ПРИМІТКА. Позначення Додатку Е відносяться до конкретних моделей і не обов'язково узгоджуються з позначеннями 1.6.

Е.1 Scope

(1) This Annex provides the models for the idealization of the stress-strain relationship of aluminium alloys. These models are conceived in order to account for the actual elastic-hardening behaviour of such materials.

(2) The proposed models have different levels of complexity according to the accuracy required for calculation.

NOTE. The notations in this Annex E are specific to the different models and do not necessarily comply with those in 1.6.

Е.2 Аналітичні моделі

(1) Аналітичний опис співвідношення між напруженнями (σ) та деформаціями (ε) у тому чи іншому алюмінієвому сплаві забезпечує одна з наступних двох типів моделей:

- кусково-лінійна модель;
- гладка модель.

(2) Числові параметри, які описують кожну модель, слід калібрувати за фактичними механічними властивостями матеріалу. Останні можна отримати шляхом відповідного випробування на розтяг або взяти для них номінальні значення, наведені для кожного сплаву у розділі 3.

Е.2 Analytical models

(1) The analytical characterization of the stress (σ) - strain (ε) relationship of an aluminium alloy can be done by means of one of the following models:

- Piecewise models
- Continuous models

(2) The numerical parameters, which define each model, should be calibrated on the basis of the actual mechanical properties of the material. These should be obtained through appropriate tensile test or, as an alternative, on the bases of the nominal values given, for each alloy, in Section 3.

Е.2.1 Кусково-лінійні моделі

(1) Ці моделі ґрунтуються на припущенні, що закон σ - ε для матеріалу описується ламаною лінією, окремі сегменти якої представляють пружну, непружну і пластичну роботу зі зміцненням або без нього.

(2) Згідно з цим припущенням характеризувати діаграму напружень-деформацій можна такими моделями:

- дволанковою моделлю зі зміцненням або без нього (рисунок Е.1)

Е.2.1 Piecewise linear models

(1) These models are based on the assumption that material σ - ε law is described by means of a multi linear curve, each branch of it representing the elastic, inelastic and plastic, with or without hardening, region respectively.

(2) According to this assumption, the characterization of the stress-strain relationship may generally be performed using either:

- bi-linear model with and without hardening (figure E.1)

– триланковою моделлю зі зміцненням або без нього (рисунок E.2)

– three-linear model with and without hardening (figure E.2)

E.2.1.1 Дволанкова модель

E.2.1.1 Bi-linear model

(1) Якщо використовується дволанкова модель зі зміцненням (рисунок E.1 а), то приймаються наступні співвідношення:

(1) If a bi-linear model with hardening is used (figure E.1a), the following relationships may be assumed:

$$\sigma = E\varepsilon \text{ при (for) } 0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p; \tag{E.1}$$

$$\sigma = f_p + E_1(\varepsilon - \varepsilon_p) \text{ при (for) } \varepsilon_p < \varepsilon \leq \varepsilon_{\max}, \tag{E.2}$$

де:

where:

f_p – умовна пружна межа пропорційності;

f_p – conventional elastic limit of proportionality;

ε_p – деформація, яка відповідає напруженню f_p ;

ε_p – strain corresponding to the stress f_p ;

ε_{\max} – деформація, яка відповідає напруженню f_{\max} ;

ε_{\max} – strain corresponding to the stress f_{\max} ;

E – модуль пружності;

E – elastic modulus;

E_1 – модуль зміцнення.

E_1 – hardening modulus.

(2) Якщо вибирається ідеальна пружно-пластична модель (рисунок E.1 b), то матеріал залишається ідеально пружним до досягнення граничного пружного напруження f_p . Пластичні деформації без зміцнення ($E_1 = 0$) слід розглядати до значення ε_{\max} .

(2) In case the "Elastic-Perfectly plastic" model is assumed (figure E.1b), the material remains perfectly elastic until the elastic limit stress f_p . Plastic deformations without hardening ($E_1 = 0$) should be considered up to ε_{\max} .

(3) За відсутності більш точних значень вищезгаданих параметрів у обох моделях на рисунку E.1a та E.1b можна приймати наступні значення:

(3) In the absence of more accurate evaluation of the above parameters the following values may be assumed for both models of figure. E.a) and b):

f_p – номінальне значення f_o (див. розділ 3);

f_p – nominal value of f_o (see Section 3);

f_{\max} – номінальне значення f_u (див. розділ 3);

f_{\max} – nominal value of f_u (see Section 3);

$\varepsilon_{\max} = 0,5\varepsilon_u$;

$\varepsilon_{\max} = 0,5\varepsilon_u$;

ε_u – номінальне значення гранично допустимої деформації (див. розділ 3);

ε_u – nominal value of ultimate strain (see Section 3);

$\varepsilon_p = f_o / E$;

$\varepsilon_p = f_o / E$;

$E_1 = (f_u - f_o)(0,5\varepsilon_u - \varepsilon_p)$

$E_1 = (f_u - f_o)(0,5\varepsilon_u - \varepsilon_p)$

E.2.1.2 Триланкова модель

E.2.1.2 Three-linear model

(1) Якщо використовується триланкова модель зі зміцненням (рисунок E.2a), приймаються наступні співвідношення:

(1) If three-linear model with hardening is used (figure E.2a), the following relationships may be assumed:

$$\sigma = E\varepsilon \text{ при (for) } 0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p; \tag{E.3}$$

$$\sigma = f_p + E_1(\varepsilon - \varepsilon_p) \text{ при (for) } \varepsilon_p < \varepsilon \leq \varepsilon_e; \tag{E.4}$$

$$\sigma = f_e + E_2 (\varepsilon - \varepsilon_e) \quad \text{при (for) } \varepsilon_e < \varepsilon \leq \varepsilon_{\max}, \quad (\text{E.5})$$

де:

- f_p – межа пропорційності ($=R_{p,0,001}$);
- f_e – межа пружності ($=R_{p,0,2}$);
- ε_p – деформація, яка відповідає напруженню f_p ;
- ε_e – деформація, яка відповідає напруженню f_e ;
- ε_{\max} – деформація, яка відповідає напруженню f_{\max} ;
- E – модуль пружності;
- E_1 – перший модуль зміцнення;
- E_2 – другий модуль зміцнення.

where:

- f_p – limit of proportionality ($=R_{p,0,001}$);
- f_e – limit of elasticity ($=R_{p,0,2}$);
- ε_p – strain corresponding to the stress f_p ;
- ε_e – strain corresponding to the stress f_e ;
- ε_{\max} – strain corresponding to the stress f_{\max} ;
- E – elastic modulus;
- E_1 – first hardening modulus;
- E_2 – second hardening modulus.

(2) Якщо використовується ідеально пластична модель (рисунок E.2b), слід розглядати пластичну деформацію без зміцнення ($E_2=0$) у діапазоні значень з ε_e до ε_{\max} .

(2) In case the "Perfectly plastic" model is assumed (figure E.2b), plastic deformations without hardening ($E_2=0$) should be considered for strain ranges from ε_e to ε_{\max} .

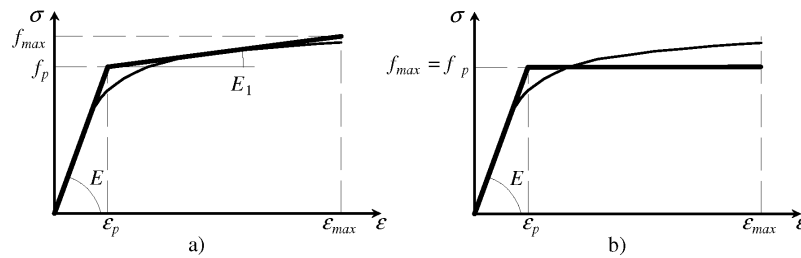


Рисунок E.1 Дволанкові моделі
Figure E.1 Bi-linear models

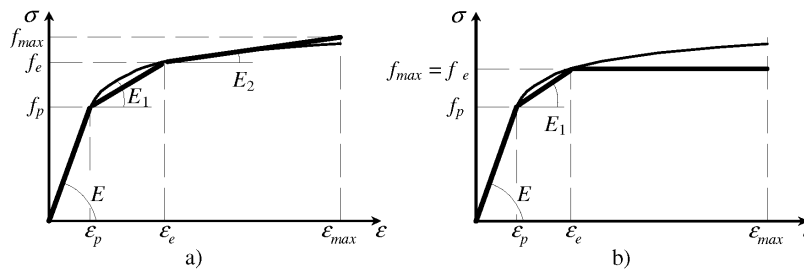


Рисунок E.2 Триланкові моделі
Figure E.2 Three-linear models

E.2.2 Гладкі моделі

E.2.2 Continuous models

(1) Ці моделі ґрунтуються на припущенні, що закон σ - ε описується гладким співвідношенням, яке зображає пружну, непружну та пластичну роботу матеріалу зі зміцненням або без нього.

(1) These models are based on the assumption that the material σ - ε law is described by means of a continuous relationship representing the elastic, inelastic and plastic, with or without hardening, region respectively.

(2) Згідно з цим припущенням, характеризувати співвідношення «напруження-деформація» можна за допомогою таких моделей:

(2) According to this assumption, the characterization of the stress-strain relationship may generally be performed using either:

гладких моделей у формі $\sigma = \sigma(\varepsilon)$

Continuous models in the form $\sigma = \sigma(\varepsilon)$

гладких моделей у формі $\varepsilon = \varepsilon(\sigma)$

Continuous models in the form $\varepsilon = \varepsilon(\sigma)$

E.2.2.1 Гладкі моделі у формі $\sigma = \sigma(\varepsilon)$

E.2.2.1 Continuous models in the form $\sigma = \sigma(\varepsilon)$

(1) Якщо приймається закон у формі $\sigma = \sigma(\varepsilon)$, то зручно виділити на графіку три окремі ділянки, які визначаються наступним чином (див. рисунок E.3a):

- ділянка 1 пружна робота;
- ділянка 2 непружна робота;
- ділянка 3 деформаційне зміцнення.

(1) If a $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ law is assumed, it is convenient to identify three separate regions which can be defined in the following way (see figure E.3a):

- Region 1 elastic behavior;
- Region 2 inelastic behavior;
- Region 3 strain-hardening behavior.

(2) На кожній ділянці робота матеріалу описується своїм співвідношенням «напруження-деформація», які слід зшивати на кінцях ділянок. Згідно з цим припущенням такі співвідношення можна виразити у вигляді (рисунок E.3b):

(2) In each region the behavior of the material is represented by means of different stress versus strain relationships, which have to ensure continuity at their limit points. According to this assumption, the characterization of the stress-strain relationship may be expressed as follows (figure E.3b):

Ділянка 1 при $0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p$ де $\varepsilon_p = 0,5\varepsilon_e$ та $\varepsilon_e = f_e / E$

Region 1 for $0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p$ with $\varepsilon_p = 0,5\varepsilon_e$ and $\varepsilon_e = f_e / E$

$$\sigma = E\varepsilon \tag{E.6}$$

Ділянка 2 при $\varepsilon_p < \varepsilon \leq 1,5\varepsilon_e$ де $\varepsilon_p = 0,5\varepsilon_e$ та $\varepsilon_e = f_e / E$

Region 2 for $\varepsilon_p < \varepsilon \leq 1,5\varepsilon_e$ with $\varepsilon_p = 0,5\varepsilon_e$ and $\varepsilon_e = f_e / E$

$$\sigma = f_e \left[-0,2 + 1,85 \frac{\varepsilon}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_e} \right)^2 + 0,2 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_e} \right)^3 \right]. \tag{E.7}$$

Ділянка 3 при $1,5\varepsilon_e < \varepsilon \leq \varepsilon_{\max}$

Region 3 for $1,5\varepsilon_e < \varepsilon \leq \varepsilon_{\max}$

$$\sigma = f_e \left[\frac{f_{\max}}{f_e} - 1,5 \left(\frac{f_{\max}}{f_e} - 1 \right) \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon} \right], \tag{E.8}$$

- де:
- f_e – умовна межа пружності;
 - f_{\max} – зусилля розтягу у верхній точці кривої;
 - ε_e – деформація, яка відповідає напруженню f_e ($\varepsilon_e = 0,5\varepsilon_e$);
 - ε_{\max} – деформація, яка відповідає напруженню f_{\max} ;
 - E – модуль пружності.

- where:
- f_e – conventional elastic limit
 - f_{\max} - tensile strength at the top point of curve
 - ε_e – strain corresponding to the stress f_e ($\varepsilon_e = 0,5\varepsilon_e$)
 - ε_{\max} – strain corresponding to the stress f_{\max}
 - E – elastic modulus

(3) За відсутності більш точних даних про перераховані вище параметри можна приймати їх у такому вигляді:

(3) In the absence of more accurate evaluation of the above parameters the following values may be assumed:

f_e – номінальне значення f_o (див. розділ 3);
 f_{max} – номінальне значення f_u (див. розділ 3);
 $\epsilon_{max} = 0,5\epsilon_u$;
 ϵ_u – номінальне значення граничної деформації (див. розділ 3);
 E – номінальне значення модуля пружності (див. розділ 3).

f_e – nominal value of f_o (see Section 3)
 f_{max} – nominal value of f_u (see Section 3)
 $\epsilon_{max} = 0,5\epsilon_u$;
 ϵ_u – nominal value of ultimate strain (see Section 3)
 E – nominal value of elastic modulus (see Section 3)

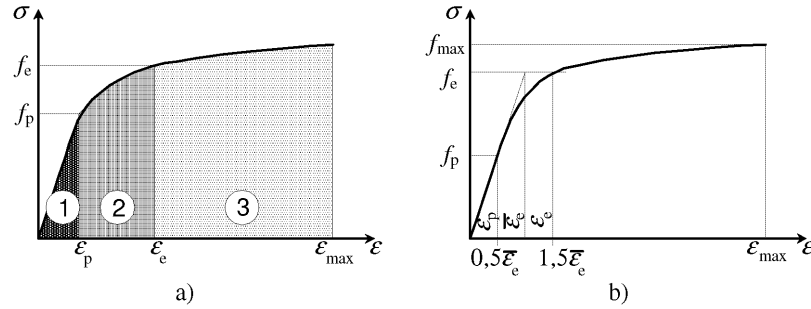


Рисунок E.3 Гладкі моделі у формі $\sigma = \alpha(\epsilon)$
Figure E.3 Continuous models in the form $\sigma = \alpha(\epsilon)$

E.2.2.2 Гладкі моделі у формі $\epsilon = \alpha(\sigma)$

E.2.2.2 Continuous models in the form $\epsilon = \alpha(\sigma)$

(1) Для матеріалів із дещо незвичайною механічною поведінкою, до яких відносяться алюмінієві сплави, можна застосувати модель Рамберга-Осгуда, яка описує діаграму напружень-деформацій у формі $\epsilon = \alpha(\sigma)$. Таку модель можна представити у загальному вигляді наступним чином (див. рисунок E.4a):

(1) For materials of round-house type, as aluminium alloys, the Ramberg-Osgood model may be applied to describe the stress versus strain relationship in the form $\epsilon = \alpha(\sigma)$. Such model may be given in a general form as follows (see figure. E.4a):

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} + \epsilon_{o,e} \left(\frac{\sigma}{f_e} \right)^n, \tag{E.10}$$

де:
 f_e – умовна межа пружності;
 $\epsilon_{o,e}$ – залишкова деформація, яка відповідає напруженню f_e ;
 n – показник ступеня, який характеризує зміцнення на кривій.

where:
 f_e – conventional elastic limit;
 $\epsilon_{o,e}$ – residual strain corresponding to the stress f_e ;
 n – exponent characterizing the degree of hardening of the curve.

(2) Для обчислення показника ступеня n необхідно вибрати будь-яке друге характерне напруження f_x на додаток до умовної межі пружності f_e . Приймаємо (рис. E.4b):

(2) In order to evaluate the n exponent, the choice of a second reference stress f_x , in addition to the conventional limit of elasticity f_e is required. Assuming (fig. E.4b):

f_x – друге характерне напруження;
 $\epsilon_{o,x}$ – залишкова деформація, яка відповідає напруженню f_x .
 Тоді показник n дається виразом:

f_x – second reference stress;
 $\epsilon_{o,x}$ – residual strain corresponding to the stress f_x .
 The exponent n is expressed by:

$$n = \frac{\ln(\varepsilon_{0,e} / \varepsilon_{0,x})}{\ln(f_e / f_x)} \tag{E.11}$$

(3) У якості умовної межі пружності можна взяти умовну межу текучості, або технічну межу міцності, f_o , яка відповідає залишковій деформації 0,2 %, тобто:

$$f_e = f_o ;$$

$$\varepsilon_{0,e} = 0,002 .$$

Тоді рівняння моделі матиме вигляд:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0,002 \left(\frac{\sigma}{f_o} \right)^n \text{ і (and) } n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{0,x})}{\ln(f_o / f_x)} \tag{E.12}$$

(3) As conventional elastic limit, the proof stress f_o evaluated by means of 0,2 % offset method may be assumed, i.e.:

$$f_e = f_o ;$$

$$\varepsilon_{0,e} = 0,002$$

and the model equation become:

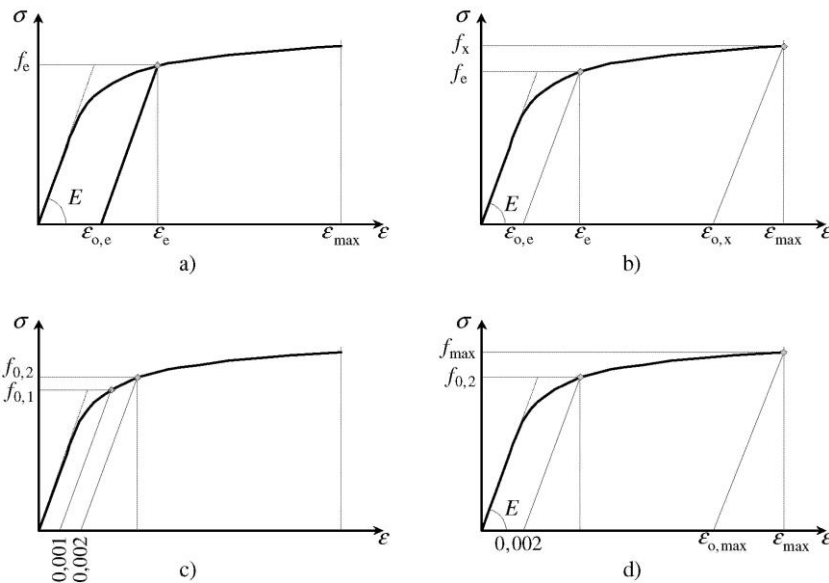


Рисунок E.4 Гладкі моделі у формі $\varepsilon = \varepsilon(\sigma)$

Figure E.4 Continuous models in the form $\varepsilon = \varepsilon(\sigma)$

(4) Вибір другої характерної точки ($f_x - \varepsilon_{0,x}$) залежить від діапазону деформацій, який вивчається. Можна розглянути наступні граничні випадки:

а) якщо розрахунок стосується діапазону пружних деформацій, другу характерну точку можна взяти у вигляді умовної межі текучості з залишковим видовженням 0,1 % (див. рисунок E.4c), поклавши:

$$f_x = f_{0,1} ;$$

$$\varepsilon_{0,x} = 0,001$$

і тоді

(4) The choice of the second reference point ($f_x - \varepsilon_{0,x}$) should be based on the strain range corresponding to the phenomenon under investigation. The following limit cases may be considered:

а) if the analysis concerns the range of elastic deformations, the proof stress evaluated by means of 0,1 % offset method may be assumed as the second reference point (see figure. E.4c), giving:

$$f_x = f_{0,1}$$

$$\varepsilon_{0,x} = 0,001$$

and, therefore,

$$n = \frac{\ln 2}{\ln(f_o / f_{0,1})} ; \tag{E.13}$$

b) якщо розрахунок обіймає діапазон пластичних деформацій, другу характерну точку можна взяти у вигляді напруження розтягу у верхній точці кривої (див. рисунок E.4d), поклавши:

$$f_x = f_{\max}$$

$\varepsilon_{o,x} = \varepsilon_{o,\max}$ – залишкова деформація, що відповідає напруженню f_{\max} , і тому

$$n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{o,\max})}{\ln(f_o / f_{\max})}. \quad (E.14)$$

(5) На основі достанього обсягу випробувань можна прийняти наступні значення:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + 0,002 \left(\frac{\sigma}{f_o} \right)^n, \quad (E.15)$$

де:

a) пружний діапазон $f_x = f_p$, $\varepsilon_p = 0,000001$

b) if the analysis concerns the range of plastic deformations, the tensile stress at the top point of the as curve may be assumed as the second reference point (see figure E.4d), giving:

$$f_x = f_{\max}$$

$\varepsilon_{o,x} = \varepsilon_{o,\max}$ – residual strain corresponding to the stress f_{\max} and, therefore,

(5) Based on extensive tests, the following values may be assumed:

where:

a) elastic range $f_x = f_p$, $\varepsilon_p = 0,000001$

$$n = \frac{\ln(0,000001 / 0,002)}{\ln(f_p / f_o)}. \quad (E.16)$$

Тут межа пропорційності f_p залежить від значення напруження текучості f_o :

$$f_p = f_{0,2} - 2\sqrt{10f_{0,2}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ при (if) } f_{0,2} > 160 \text{ N/mm}^2; \quad (E.17)$$

$$f_p = f_{0,2} / 2 \text{ при (if) } f_{0,2} \leq 160 \text{ N/mm}^2; \quad (E.18)$$

b) пластичний діапазон ($f_x = f_u$)

where the proportional limit f_p only depends on the value of the f_o yield stress:

b) plastic range ($f_x = f_u$)

$$n = n_p = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_u)}{\ln(f_o / f_u)}. \quad (E.19)$$

E.3 Наближене обчислення ε_u

E.3 Approximate evaluation of ε_u

Згідно з експериментальними даними значення ε_u для деяких сплавів можна обчислити за аналітичним виразом, отриманим інтерполяцією відомих результатів. Цей вираз, який дає верхню границю видовження при розриві, має наступний вигляд:

According to experimental data the values of ε_u for the several alloys could be calculated using an analytical expression obtained by means of interpolation of available results. This expression, which provides an upper bound limit for the elongation at rupture, can be synthesised by the following expressions:

$$\varepsilon_u = 0,30 - 0,22 \frac{f_o \text{ N/mm}^2}{400} \text{ при (if) } f_o < 400 \text{ N/mm}^2; \quad (E.20)$$

$$\varepsilon_u = 0,08 \text{ при (if) } f_o \geq 400 \text{ N/mm}^2. \quad (E.21)$$

ПРИМІТКА. Цю модель можна використати для аналітичного продовження діаграми напружень–деформацій за межу пружності для потреб розрахунку з урахуванням пластичності, але вона непридатна щодо виявлення реальної пластичності матеріалу.

NOTE. This formulation can be used to quantify the stress-strain model beyond the elastic limit for plastic analysis purposes but it is not relevant for material ductility judgement.

ДОДАТОК F [ДОВІДКОВИЙ] - РОБОТА ПЕРЕРІЗІВ ЗА МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ

F.1 Загальні положення

(1) У цьому Додатку містяться вказівки щодо аналізу роботи поперечних перерізів за межею пружності згідно з механічними властивостями матеріалу і геометричними характеристиками перерізу.

(2) Фактичну роботу перерізів за межею пружності потрібно розглядати у будь-якому різновиді непружного розрахунку, включаючи випадок простого пружного аналізу з урахуванням перерозподілу зусиль (див. 5.4). Крім того, певні обмеження на міцність у пружній області слід враховувати також і у пружному аналізі, якщо розраховуються тонкостінні перерізи.

(3) Вибір узагальнених співвідношень «зусилля-переміщення» для поперечних перерізів повинен узгоджуватися з припущеннями про закон роботи матеріалу і геометричними властивостями самого перерізу (див. F.3).

(4) Коректність припущень про роботу перерізів можна перевірити шляхом експериментальних випробувань.

F.2 Визначення граничних станів поперечних перерізів

(1) Модель механічної поведінки перерізів, призначена для використання у розрахунках конструкцій, повинна бути здатною до досягнення перерахованих нижче граничних станів, кожен із яких відповідає певному припущенню про напружений стан у перерізі.

(2) З точки зору глобальної роботи перерізу, незалежно від конкретних видів прикладених зусиль (осьове навантаження, згинальний момент або перерізувальна сила), можна визначити такі граничні стани:

- граничний стан за пружною втратою стійкості;
- пружний граничний стан;

ANNEX F [INFORMATIVE] – BEHAVIOUR OF CROSS-SECTIONS BEYOND THE ELASTIC LIMIT

F.1 General

(1) This Annex provides the specifications for estimating the post-elastic behaviour of cross-sections according to the mechanical properties of the material and the geometrical features of the section.

(2) The actual behaviour of cross-sections beyond elastic limit should be considered in whichever type of inelastic analysis, including the simple elastic analysis if redistributions of internal actions are allowed for (see 5.4). In addition, suitable limitation to the elastic strength should be considered also in elastic analysis if slender sections are used.

(3) The choice of the generalized force-displacement relationship for the cross-sections should be consistent with the assumptions for the material law and with the geometrical features of the section itself (see F.3).

(4) The reliability of the assumptions on behaviour of cross-sections can be checked on the basis of tests.

F.2 Definition of cross-section limit states

(1) The behaviour of cross-sections and the corresponding idealization to be used in structural analysis should be related to the capability to reach the limit states listed below, each of them corresponding to a particular assumption on the state of stress acting on the section.

(2) Referring to the global behaviour of a cross-section, regardless of the internal action considered (axial load, bending moment or shear), the following limit states can be defined:

- elastic buckling limit state;
- elastic limit state;

– пластичний граничний стан;
– граничний стан за руйнуючими навантаженнями.

(3) Граничний стан за пружною втратою стійкості відповідає виникненню явища локальної втрати стійкості у стиснутих частинах перерізу.

(4) Пружний граничний стан відповідає досягненню умовної межі пружності f_o у матеріалі найбільш напружених частин перерізу.

(5) Пластичний граничний стан відповідає припущенню про ідеально пластичну поведінку матеріалу; перехід у нього відбувається за граничного значення, рівного умовній межі пружності f_o , без урахування ефекту зміцнення.

(6) Граничний стан за руйнуючими навантаженнями відповідає руйнуванню перерізу при досягненні теоретичної межі міцності; розподіл внутрішніх зусиль при цьому отримується з урахуванням зміцнення матеріалу. Оскільки при такому припущенні узагальнена діаграма «сила–переміщення» зазвичай має зростаючий характер, міцність за руйнуючими навантаженнями відповідає заданому максимальному узагальненому переміщенню (див. F.5).

F.3 Класифікація перерізів за граничними станами

(1) Поперечні перерізи можна класифікувати, виходячи з їхньої здатності досягати одного з вищезгаданих граничних станів. Така класифікація є додатковою до класифікації з 6.1.4 і може застосовуватись тоді, коли треба уточнити здатність перерізу переходити у пластичний стан. У такому розумінні, з залученням узагальненого співвідношення між силою F та переміщенням D , перерізи можна класифікувати наступним чином (див. рисунок F.1):

- пластичні перерізи (клас 1);
- компактні перерізи (клас 2);
- напівкомпактні перерізи (клас 3);
- тонкостінні перерізи (клас 4).

– plastic limit state;
– collapse limit state.

(3) Elastic buckling limit state is related to the strength corresponding to the onset of local elastic instability phenomena in the compressed parts of the section.

(4) Elastic limit state is related to the strength corresponding to the attainment of the conventional elastic limit f_o of material in the most stressed parts of the section.

(5) Plastic limit state is related to the strength of the section, evaluated by assuming a perfectly plastic behaviour for material with a limit value equal to the conventional elastic limit f_o , without considering the effect of hardening.

(6) Collapse limit state is related to the actual ultimate strength of the section, evaluated by assuming a distribution of internal stresses accounting for the actual hardening behaviour of material. Since, under this hypothesis, the generalized force-displacement curve is generally increasing, the collapse strength refers to a given limit of the generalized displacement (see F.5).

F.3 Classification of cross-sections according to limit states

(1) Cross-sections can be classified according to their capability to reach the above defined limit states. Such a classification is complementary to that presented at 6.1.4 and may be adopted if the section capabilities for getting into the plastic range need to be specified. In such a sense, referring to a generalized force F versus displacement D relationship, cross-sections can be divided as follows (see figure F.1):

- ductile sections (Class 1);
- compact sections (Class 2);
- semi-compact sections (Class 3);
- slender sections (Class 4).

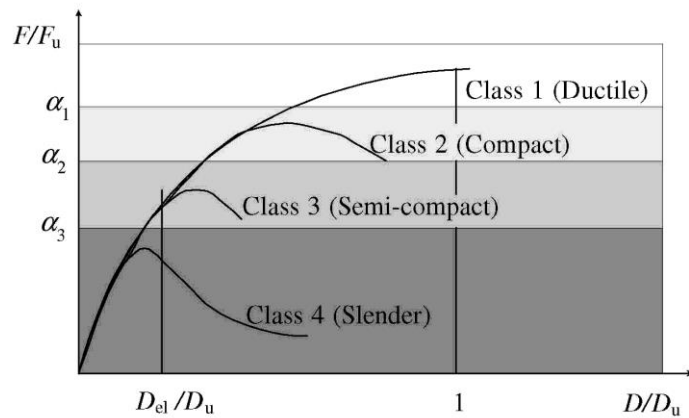


Рисунок F.1 Класифікація перерізів
Figure F.1 Classification of cross-sections

(2) Пластичні перерізи (клас 1) опираються руйнуванню згідно з F.2(6), без локальної втрати стійкості у перерізі. Доки не буде досягнуто граничного значення деформації, відбувається повне вичерпання здатності матеріалу до зміцнення за межею пружності.

(3) Компактні перерізи (клас 2) здатні розвинути опір до досягнення межі текучості згідно з F.2(5). Повного вичерпання здатності до зміцнення за межею пружності не досягається, бо раніше за нього настає пластична втрата стійкості.

(4) Напівкомпактні перерізи (клас 3) здатні розвинути опір тільки у межах пружної роботи згідно з F.2(4), не переходячи у пластичний стан через втрату стійкості. У перерізі розвиваються тільки незначні пластичні деформації, тоді як загальний характер роботи перерізу залишається в цілому крихким.

(5) У тонкостінних перерізах (клас 4) як придатність до експлуатації, так і міцність визначаються явищами локальної втрати стійкості. Межа міцності такого перерізу визначається граничним станом за пружною втратою стійкості згідно з F.2(3). У перерізі не розвиваються пластичні деформації, загальний характер роботи залишається крихким.

(2) Ductile sections (Class 1) develop the collapse resistance as defined in F.2(6) without having local instability in the section. The full exploitation of the hardening properties of material is allowed until the ultimate value of deformation, depending on the type of alloy, is reached.

(3) Compact sections (Class 2) are capable of developing the plastic limit resistance as defined in F.2(5). The full exploitation of the hardening properties of material is prevented by the onset of plastic instability phenomena.

(4) Semi-compact sections (Class 3) are capable of developing the elastic limit resistance only, as defined in F.2(4), without getting into inelastic range owing to instability phenomena. Only small plastic deformations occur within the section, whose behaviour remains substantially brittle.

(5) Both serviceability and ultimate behaviour of slender sections (Class 4) are governed by the occurring of local buckling phenomena, which cause the ultimate strength of the cross-section to be determined by the elastic buckling limit state, as defined in F.2(3). No plastic deformations are allowed within the section, whose behaviour is remarkably brittle.

F.4 Обчислення гранично допустимого осьового навантаження

(1) Несучу здатність перерізу під осьовим стискальним навантаженням можна розрахувати на основі перерахованих вище граничних станів за наступними практичними рекомендаціями.

(2) Значення осьового навантаження для заданого граничного стану можна виразити наступною узагальненою формулою:

$$N_{Ed} = \alpha_{N,j} A f_d, \quad (F.1)$$

де:

$f_d = f_o / \gamma_{M1}$ – розрахункове значення на рівні 0,2% від умовної межі текучості, див. 6.1.2;

A – площа перерізу нетто;

$\alpha_{N,j}$ – поправковий коефіцієнт з таблиці F.1, який залежить від граничного стану.

F.4 Evaluation of ultimate axial load

(1) The load-bearing resistance of cross-sections under axial compression may be evaluated with reference to the above mentioned limit states, by means of the following practical rules.

(2) The value of axial load for a given limit state can be expressed by the generalized formula:

where:

$f_d = f_o / \gamma_{M1}$ – the design value of 0,2% proof strength, see 6.1.2

A – the net cross sectional area

$\alpha_{N,j}$ – a correction factor, given in table F.1, depending on the assumed limit state.

Таблиця F.1 Граничне осьове навантаження
Table F.1 Ultimate Axial Load

Осьове навантаження Axial load	Граничний стан Limit State	Клас перерізу Section class	Поправковий коефіцієнт Correction factor
N_u	Руйнування Collapse	Клас 1 Class 1	$\alpha_{N,1} = f_t / f_d$
N_{pl}	Пластичний Plastic	Клас 2 Class 2	$\alpha_{N,2} = 1$
N_{el}	Пружний Elastic	Клас 3 Class 3	$\alpha_{N,3} = 1$
N_{red}	За втратою стійкості Elastic buckling	Клас 4 Class 4	$\alpha_{N,4} = A_{eff} / A$

де:

A_{eff} – розрахункова площа перерізу, обчислена з урахуванням явища локальної втрати стійкості (див. 6.2.4).

$f_t = f_u / \gamma_{M2}$ – розрахункове значення межі міцності, див. 6.1.2.

(3) Межа міцності на зминання перерізу під осьовим навантаженням, обчислена за вищенаведеною методикою, не враховує явище загальної втрати стійкості, яке треба аналізувати згідно з 6.3.1.

(4) При розгляді зварних перерізів слід використовувати приведені значення A_{red} площі перерізу нетто, яке має розраховуватися згідно з 6.3.1.

where:

A_{eff} – is the effective cross sectional area, evaluated accounting for local buckling phenomena (see 6.2.4).

$f_t = f_u / \gamma_{M2}$ – the design value of ultimate strength, see 6.1.2

(3) The ultimate load bearing resistance of a section under axial load, evaluated according to the above procedure, does not include the overall buckling phenomena, which should be evaluated according to 6.3.1.

(4) If welded sections are involved, a reduced value A_{red} of the net cross sectional area should be used, which should be evaluated according to 6.3.1.

F.5 Обчислення гранично допустимого згинального моменту

(1) Несучу здатність перерізу під дією згинального моменту можна розрахувати на основі перерахованих вище граничних станів за наступними рекомендаціями.

(2) Значення згинального моменту для заданого граничного стану можна виразити наступною узагальненою формулою:

$$M_{Rd} = \alpha_{M,j} W_{el} f_d, \tag{F.2}$$

де:

$f_d = f_o / \gamma_{M1}$ – розрахункове значення умовної межі текучості, див. 6.1.2;

W_{el} – пружний момент опору перерізу;

$\alpha_{M,j}$ – поправковий коефіцієнт з таблиці F.2, який залежить від граничного стану.

F.5 Evaluation of ultimate bending moment

(1) The load-bearing resistance of cross-sections under bending moment can be evaluated with reference to the above mentioned limit states, by means of the following rules.

(2) The value of bending moment for a given limit state can be expressed by the generalized formula:

where:

$f_d = f_o / \gamma_{M1}$ – the design value of 0,2 % proof strength, see 6.1.2

W_{el} – the elastic section modulus

$\alpha_{M,j}$ – a correction factor, given in табл. F.2, depending on the assumed limit state.

Таблиця F.2 Граничний згинальний момент
Table F.2 Ultimate Bending Moment

Згинальний момент Bending moment	Граничний стан Limit state	Клас перерізу Section class	Поправковий коефіцієнт Correction factor
M_u	Руйнування Collapse	Клас 1 Class 1	$\alpha_{M,1} = \alpha_5 = 5 - (3,89 + 0,00190n) \alpha_0^{(0,270+0,0014n)}$ $\alpha_{M,1} = \alpha_{10} = \alpha_0^{[0,21 \log(1000n)]} 10^{[7,96 \cdot 10^{-2} - 8,09 \cdot 10^{-2} \log(n/10)]}$ (у залежності від сплаву – див. Додаток G) (depending on the alloy - see Annex G)
M_{pl}	Пластичний Plastic	Клас 2 Class 2	$\alpha_{M,2} = \alpha_0 = W_{pl} / W_{el}$
M_{el}	Пружний Elastic	Клас 3 Class 3	$\alpha_{M,3} = 1$
M_{red}	За втратою стійкості Elastic buckling	Клас 4 Class 4	$\alpha_{M,4} = W_{eff} / W_{el}$ (див. розділ 6.2.5) (see 6.2.5)

де:

$n = n_p$ – показник ступеня у законі Рамберга-Осгуда, який характеризує роботу матеріалу в пластичній області (див. Додаток E);

α_5 та α_{10} – узагальнені коефіцієнти форми перерізу, які відповідають значенням граничної кривини $\chi_u = 5\chi_{el}$ і $10\chi_{el}$, де χ_{el} – кривина на межі пружності (див. Додаток G);

α_0 – геометричний коефіцієнт форми;

W_{pl} – пластичний момент опору перерізу;

W_{eff} – розрахунковий момент опору перерізу, обчислений з урахуванням явища міс-

where:

$n = n_p$ – is the exponent of Ramberg-Osgood law representing the material behaviour in plastic range (see Annex E);

α_5 and α_{10} , are the section generalized shape factors corresponding respectively to ultimate curvature; values $\chi_u = 5\chi_{el}$ and $10\chi_{el}$, χ_{el} – being the elastic limit curvature (See Annex G);

α_0 is the geometrical shape factor

W_{pl} is the section plastic modulus;

W_{eff} is the effective section resistance modulus evaluated accounting for local

цевої втрати стійкості (див. 6.2.5).

(3) У випадку зварних перерізів слід використовувати приведені значення опору перерізу та пластичного моменту $W_{\text{eff,haz}}$ та $W_{\text{pl,haz}}$, у яких враховується вплив пришовних зон (див. 6.2.5).

(4) Обчислення поправкового коефіцієнта $\alpha_{M,j}$ для зварного перерізу класу 1 може виконуватись за наступною формулою:

$$\alpha_{M,\text{red}} = \psi \left(\frac{W_{\text{pl,haz}}}{W_{\text{el}}} \right), \quad (\text{F.1})$$

де:

$\psi = \alpha_{M,1} / \alpha_{M,2}$, а $\alpha_{M,1}$ та $\alpha_{M,2}$ – поправкові коефіцієнти для незварних перерізів відповідно класу 1 та 2.

buckling phenomena (see 6.2.5).

(3) If welded sections are involved, reduced values $W_{\text{eff,haz}}$ and $W_{\text{pl,haz}}$ of section resistance and plastic modulus should be used, evaluated by accounting for HAZ (See 6.2.5).

(4) The evaluation of the correction factor $\alpha_{M,j}$ for a welded section of class 1 may be done by means of the following formula:

where:

$\psi = \alpha_{M,1} / \alpha_{M,2}$, $\alpha_{M,1}$ and $\alpha_{M,2}$ – being the correction factors for unwelded sections of class 1 and 2, respectively.

ДОДАТОК G [ДОВІДКОВИЙ] – ГРАНИЧНИЙ КУТ ПОВОРОТУ ПЕРЕРІЗУ

(1) Положення Додатка G відносяться до поперечних перерізів класу 1; їх мета – визначення номінальної межі міцності перерізів. Ці ж положення можна також використувати для обчислення межі міцності перерізів класів 2 і 3, якщо доведено, що граничний кут повороту перерізу досягається без локальної втрати стійкості у перерізі.

(2) Якщо властивості пластичності відомі частково, або якщо матеріали не можна піддати потрібним випробуванням, то граничні значення M_u слід отримувати на основі умовної граничної кривини при згині, яка дається формулою:

$$\chi_u = \xi \chi_{el}, \quad (G.1)$$

де:

ξ – коефіцієнт пластичності, який залежить від типу сплаву;

χ_{el} – величина, яка умовно приймається рівною пружній кривині при згині $\chi_{0,2}$ і відповідає досягненню умовної межі текучості f_o у найбільш напружених волокнах.

(3) З точки зору пластичних властивостей найбільш поширені сплави можна розділити на дві групи (також див. Додаток H):
– крихкі сплави, для яких $4\% \leq \varepsilon_u \leq 8\%$ і можна прийняти $\xi = 5$;
– пластичні сплави, для яких $\varepsilon_u \geq 8\%$ і можна прийняти $\xi = 10$.

(4) Розглядати пружну та позапружну роботу перерізу можна на основі співвідношення «момент-кривина», наведеному у формулі Рамберга-Осгуда:

$$\frac{\chi}{\chi_{0,2}} = \frac{M}{M_{0,2}} + k \left[\frac{M}{M_{0,2}} \right]^m, \quad (G.2)$$

де:

$M_{0,2}$ і $\chi_{0,2}$ – умовні граничні пружні значення, які відповідають досягненню умовної межі текучості f_o ;

m і k – числові параметри, які для перерізу у стані чистого згину даються наступними формулами:

ANNEX G [INFORMATIVE] – ROTATION CAPACITY

(1) The provisions given in this Annex G apply to class 1 cross-sections in order to define their nominal ultimate resistance. The provisions may also be used for the evaluation of the ultimate resistance of class 2 and class 3 sections, provided it is demonstrated that the rotation capacity is reached without local buckling of the sections

(2) If no reliance can be placed on the ductility properties or if no specific test can be performed on the material, the ultimate values of M_u should be referred to a conventional ultimate bending curvature given by:

where:

ξ is a ductility factor depending on the type of alloy;

χ_{el} is conventionally assumed equal to the elastic bending curvature $\chi_{0,2}$, which corresponds to the attainment of the proof stress f_o in the most stressed fibres.

(3) From the ductility point of view the common alloys can be subdivided into two groups (see also Annex H):
– brittle alloys, having $4\% \leq \varepsilon_u \leq 8\%$, for which it can be assumed $\xi=5$;
– ductile alloys, having $\varepsilon_u \geq 8\%$, for which it can be assumed $\xi=10$.

(4) The evaluation of elastic and post-elastic behaviour of the cross-section may be done through the moment-curvature relationship, written in the Ramberg-Osgood form:

where:

$M_{0,2}$ and $\chi_{0,2}$ are the conventional elastic limit values corresponding to the attainment of the proof stress f_o

m and k are numerical parameters which for sections in pure bending are given by:

$$m = \frac{\ln[(10 - \alpha_{10})(5 - \alpha_5)]}{\ln(\alpha_{10} / \alpha_5)}; \tag{G.3}$$

$$k = \frac{5 - \alpha_5}{\alpha_5 m} = \frac{10 - \alpha_{10}}{\alpha_{10} m} \tag{G.4}$$

α_5 і α_{10} – узагальнені коефіцієнти форми, які відповідають значенням кривини, відповідно у 5 та у 10 разів більшим, ніж пружна кривина.

α_5 and α_{10} being the generalized shape factors corresponding to curvature values equal to 5 and 10 times the elastic curvature, respectively.

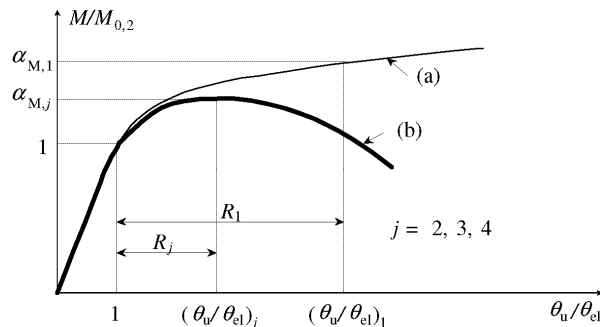
(5) Стабільна частина граничного кута повороту перерізу R обчислюється як відношення між пластичним кутом повороту у граничному стані за руйнуванням, $\theta_p = \theta_u - \theta_{el}$, і граничним пружним кутом повороту θ_{el} (рисунок G.1):

(5) The stable part of the rotation capacity R is defined as the ratio between the plastic rotation at the collapse limit state $\theta_p = \theta_u - \theta_{el}$ to the limit elastic rotation θ_{el} (Figure G.1):

$$R = \frac{\theta_p}{\theta_{el}} = \frac{\theta_u - \theta_{el}}{\theta_{el}} = \frac{\theta_u}{\theta_{el}} - 1, \tag{G.5}$$

де:
 θ_u – максимальний пластичний кут повороту, який відповідає граничній кривині χ_u .

where:
 θ_u – is the maximum plastic rotation corresponding to the ultimate curvature χ_u .



(a) перерізи класу 1; (b) перерізи класів 2, 3 і 4

(a) Class 1 sections; (b) class 2, 3 and 4 sections

Рисунок G.1 Визначення граничного кута повороту перерізу
Figure G.1 Definition of rotation capacity

(6) Граничний кут повороту перерізу R можна обчислити за такою наближеною формулою:

(6) The rotation capacity R may be calculated through the approximate formula:

$$R = \alpha_{M,j} \left(1 + 2 \frac{k \alpha_{M,j}^{m-1}}{m+1} \right) - 1, \tag{G.6}$$

де m і k визначені раніше.
 Значення $\alpha_{M,j}$ даються у таблиці F.2 для різних класів роботи систем.

with m and k defined before.
 The value of $\alpha_{M,j}$ is given in table. F.2 for the different behavioural classes.

(7) Якщо відомий показник ступеня для матеріалу n (див. Додаток Н), то наближене обчислення α_5 та α_{10} можна виконувати за формулами:

(7) If the material exponent n is known (see Annex H), an approximate evaluation of α_5 and α_{10} can be done through the formulas:

$$\alpha_5 = 5 - (3,89 + 0,00190n) / \alpha_0^{(0,270+0,0014n)}; \quad (G.7)$$

$$\alpha_{10} = \alpha_0^{[0,211 \log(1000n)]} 10^{[7,96 \cdot 10^{-2} - 8,09 \cdot 10^{-2} \log(n/10)]}, \quad (G.8)$$

де $\alpha_0 = W_{pl} / W$ – геометричний коефіцієнт форми.

За відсутності більш точних розрахунків слід приймати значення $n = n_p$ (Додаток Н).

$\alpha_0 = W_{pl} / W$ – being the geometrical shape factor.

In the absence of more refined evaluations, the value $n = n_p$ should be assumed (Annex H).

ДОДАТОК Н [ДОВІДКОВИЙ] – МЕТОД ПЛАСТИЧНИХ ШАРНІРІВ ДЛЯ НЕРОЗРІЗНИХ БАЛОК

(1) Положення Додатка Н відносяться до перерізів класу 1 у конструкціях, де руйнування визначається досягненням граничної деформації у декількох перерізах. Ці положення можуть також використовуватися до конструкцій з перерізами класів 2 або 3 за умови врахування локальної втрати стійкості перерізу з метою визначення несучої здатності та пластичності елемента. Див. також Додаток G.

(2) Метод глобального аналізу, в якому використовується модель зосередженої пластичності й який відомий під назвою «метод пластичних шарнірів», широко застосовується для розрахунку сталевих конструкцій і може бути придатним також для розрахунку алюмінієвих конструкцій за умови, що пластична піддатливість конструкції достатня для розвитку механізмів повної пластичності. Див. (3), (4) і (5).

(3) Метод пластичних шарнірів не слід використовувати для елементів конструкцій з поперечними зварними швами на розтягнутому боці елемента у місці розташування пластичного шарніру.

(4) Поруч із пластичними шарнірами отвори для кріпильних деталей у розтягнутих полицях повинні задовольняти умову

$$A_{f,net} 0,9 f_u / \gamma_{M2} \geq A_f f_o / \gamma_{M1} \quad (H.1)$$

при відстані у обидва боки уздовж елемента від місця розташування пластичного шарніру не меншої, ніж більше з двох значень:

- $2h_w$, де h_w – висота стінки між полицями у місці розташування пластичного шарніру;
- A_f – відстань до найближчої точки, у якій момент в елементі падає до 0,8 від граничного допустимого значення моменту (опору) у точці розгляду;
- A_f – площа розтягнутої полиці, а $A_{f,net}$ – площа нетто у перерізі з отворами для кріпильних деталей.

ANNEX H [INFORMATIVE] – PLASTIC HINGE METHOD FOR CONTINUOUS BEAMS

(1) The provisions given in this Annex H apply to cross-sections of class 1 in structures where collapse is defined by a number of cross-sections that are reaching an ultimate strain. The provisions may be used also for structures with cross-sections of class 2 and class 3 provided that the effect of local buckling of the sections is taken into account for determination of the load bearing capacity and the available ductility of the component. See also Annex G.

(2) The concentrated plasticity method of global analysis, hereafter referred to as "plastic hinge method", commonly adopted for steel structures, may be applied to aluminium structures as well, provided that the structural ductility is sufficient to enable the development of full plastic mechanisms. See (3), (4) and (5).

(3) Plastic hinge method should not be used for members with transverse welds on the tension side of the member at the plastic hinge location.

(4) Adjacent to plastic hinge locations, any fastener holes in tension flange should satisfy

for a distance each way along the member from the plastic hinge location of not less than the greater of:

- $2h_w$, where h_w is the clear depth of the web at the plastic hinge location;
 - A_f the distance to the adjacent point at which the moment in the member has fallen to 0,8 times the moment resistance at the point concerned.
- A_f is the area of the tension flange and $A_{f,net}$ is the net area in the section with fastener holes.

(5) Ці правила не стосуються балок, у яких переріз є змінним за довжиною.

(6) При застосуванні методу пластичного шарніра до алюмінієвих конструкцій необхідно брати до уваги як пластичну роботу, так і зміцнення матеріалу. Що потребує застосування поправкового коефіцієнта η умовної межі текучості, див. (10).

(7) За пластичністю виділяються дві групи сплавів у залежності від того, чи досягаються умовні граничні кривини $5\chi_{el}$ та $10\chi_{el}$ (див. також Додаток G):

- крихкі сплави (для яких $4\% \leq \varepsilon_u \leq 8\%$), якщо граничної деформації розтягу достатньо для розвитку умовної граничної кривини при згині, χ_u , рівної принаймні $5\chi_{el}$;
- пластичні сплави (для яких $\varepsilon_u \geq 8\%$), якщо граничної деформації розтягу достатньо для розвитку умовної граничної кривини при згині, χ_u , рівної або більшої за $10\chi_{el}$.

(8) Постулюючи ідеальну пружно- (або жорстко-) пластичну роботу матеріалу (див. Додаток G), можна умовно обчислити граничний згинальний момент у заданому перерізі, у місці розвитку пластичного шарніру, як повний пластичний момент:

$$M_u = \alpha_0 \eta f_o W_{el}, \quad (H.2)$$

де:
 η – визначений вище поправковий коефіцієнт;
 W_{el} – пружний момент опору перерізу.

(9) Припускаючи, що матеріал працює зі зміцненням (див. Додаток G), можна умовно обчислити граничний згинальний момент у заданому перерізі, у місці розвитку пластичного шарніра, наступним чином:

$$M_u = \alpha_\xi \eta f_o W_{el}, \quad (H.3)$$

де, крім визначених вище η та W_{el} , присутній індекс ξ , рівний 5 або 10 у залежності від властивостей пластичності матеріалу, сформульованих у (4) (про визначення величин α_5 та α_{10} див. Додатки F та G):

(5) These rules are not applicable to beams where the cross section vary along their length.

(6) If applying the plastic hinge method to aluminium structures both ductility and hardening behaviour of the alloy have to be taken into account. This leads to a correction factor η of the conventional yield stress, see (10).

(7) With regard to ductility, two groups of alloys are defined, depending on whether the conventional curvature limits $5\chi_{el}$ and $10\chi_{el}$ are reached or not (see also Annex G):

- Brittle alloys (for which $4\% \leq \varepsilon_u \leq 8\%$), if the ultimate tensile deformation is sufficient to develop a conventional ultimate bending curvature χ_u equal at least to $5\chi_{el}$;
- Ductile alloys (for which $\varepsilon_u \geq 8\%$), if the ultimate tensile deformation is sufficient to develop a conventional ultimate bending curvature χ_u equal or higher than $10\chi_{el}$.

(8) Assuming an elastic- (or-rigid-) perfectly plastic law for the material (see Annex G), the ultimate bending moment of a given cross section at plastic hinge location is conventionally calculated as a fully plastic moment given by:

where:
 η – is the previously defined correction factor;

W_{el} – is the section elastic modulus.

(9) Assuming a hardening law for the material (see Annex G), the ultimate bending moment of a given cross section at plastic hinge location is conventionally calculated in the following way:

where, in addition to η and W_{el} previously defined, the index ξ is equal to 5 or 10 depending on the alloy ductility features set out in (4) (for the definition of α_5 and α_{10} refer to Annex F and G):

(10) Поправковий коефіцієнт η підбирається таким чином, щоб розрахунок за методом пластичних шарнірів давав реальну граничну несучу здатність конструкції відповідно до відомої пластичності матеріалу. В загальному випадку η виражається у вигляді:

$$\eta = \frac{1}{a - b/n_p^c}, \text{ але (but) } \eta \leq \frac{f_u / \gamma_{M2}}{f_o / \gamma_{M1}}, \quad (\text{H.4})$$

де n_p – показник ступеня для сплаву за моделлю Рамберга-Осгуда, обчислений у пластичній області роботи (див 3.2.2). Для конструкцій, які складаються з балок у стані згину, коефіцієнти a , b та c рівняння Н.5 наведені у таблиці Н.1. Значення поправкового коефіцієнта η наведені на рисунку Н.1.

(11) Загальний коефіцієнт надійності, обчислений методом пластичних шарнірів з $\eta < 1$, не повинен перевищувати значення того самого коефіцієнта, обчисленого за лінійно-пружною теорією. Якщо ж таке перевищення має місце, то слід використовувати результат пружного розрахунку.

(10) The correction coefficient η is fitted in such a way that the plastic hinge analysis provides the actual ultimate load bearing capacity of the structure, according to the available ductility of the alloy. In general, η is expressed by:

where n_p is the alloy Ramberg-Osgood hardening exponent evaluated in plastic range (see 3.2.2). For structures made of beams in bending, the coefficients a , b and c of equation H.5 are provided in table H.1. Values of the correction coefficient η are shown in fig. H.1.

(11) The global safety factor evaluated through plastic hinge methods applied with $\eta < 1$ should be not higher than that evaluated through a linear elastic analysis. If this occurs the results of elastic analysis should be used.

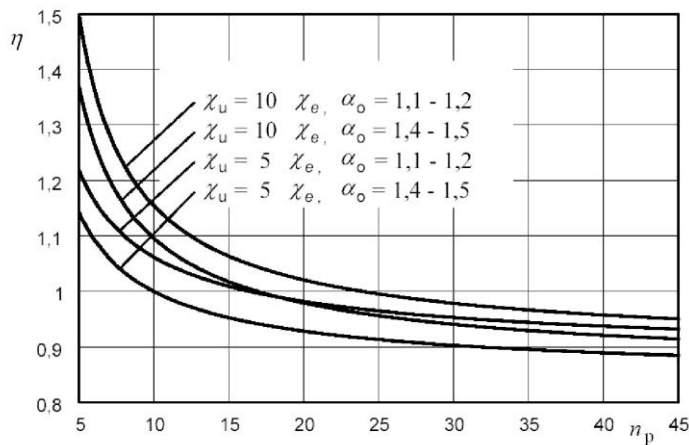


Рисунок Н.1 Значення поправкового коефіцієнта η
 Figure Н.1 Value of the correction coefficient η

Таблиця Н.1 Значення коефіцієнтів a , b та c
 Table Н.1 Values of coefficients a , b and c

Коефіцієнти моделі: Coefficients of the law $\eta = \frac{1}{a - b/n_p^c}$	$\alpha_0 = 1,4 - 1,5$		$\alpha_0 = 1,1 - 1,2$	
	Крихкі сплави Brittle alloys ($\chi_u = 5\chi_{el}$)	Пластичні сплави Ductile alloys ($\chi_u = 10\chi_{el}$)	Крихкі сплави Brittle alloys ($\chi_u = 5\chi_{el}$)	Пластичні сплави Ductile alloys ($\chi_u = 10\chi_{el}$)
a	1,20	1,18	1,15	1,13
b	1,00	1,50	0,95	1,70
c	0,70	0,75	0,66	0,81

ДОДАТОК І [ДОВІДКОВИЙ] – ПОПЕРЕЧНО-КРУТИЛЬНА ВТРАТА СТІЙКОСТІ ТА КРУТИЛЬНА АБО КРУТИЛЬНО-ЗГИННА ВТРАТА СТІЙКОСТІ СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

ANNEX I [INFORMATIVE] – LATERAL TORSIONAL BUCKLING OF BEAMS AND TORSIONAL OR TORSIONAL-FLEXURAL BUCKLING OF COMPRESSED MEMBERS

І.1 Пружний критичний момент і гнучкість

I.1 Elastic critical moment and slenderness

І.1.1 Основні положення

I.1.1 Basis

(1) Пружний критичний момент для поперечно-крутильної втрати стійкості балки постійного симетричного рівнополичного перерізу зі стандартними умовами закріплення на кінцях і навантаженням у вигляді моменту, який проходить через центр зсуву, обраховується виразом:

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \sqrt{\frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + \frac{I_w}{I_z}} = \frac{\pi \sqrt{E I_z G I_t}}{L} \sqrt{1 + \frac{\pi^2 E I_w}{L^2 G I_t}}, \quad (I.1)$$

де:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)};$$

I_t – стала кручення;

I_w – стала депланації;

I_z – момент інерції перерізу відносно другої головної осі;

L – довжина балки між точками поперечного закріплення;

ν – коефіцієнт Пуассона.

(1) The elastic critical moment for lateral-torsional buckling of a beam of uniform symmetrical cross-section with equal flanges, under standard conditions of restraint at each end and subject to uniform moment in plane going through the shear center is given by:

where:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)};$$

I_t – is the torsion constant;

I_w – is the warping constant;

I_z – is the second moment of area about the minor axis;

L – is the length of the beam between points that have lateral restraint;

ν – is the Poisson ratio.

(2) Стандартними умовами закріплення на кінцях є:

– закріплення від поперечного зміщення, вільне обертання у площині ($k_z=1$);

– закріплення від обертання навколо поздовжньої осі, вільна депланація ($k_w=1$);

– закріплення від переміщення у площині навантаження, вільне обертання у цій площині ($k_y=1$).

(2) The standard conditions of restraint at each end are:

– restrained against lateral movement, free to rotate on plan ($k_z=1$);

– restrained against rotation about the longitudinal axis, free to warp ($k_w=1$);

– restrained against movement in plane of loading, free to rotate in this plane ($k_y=1$).

І.1.2 Загальна формула для балок із постійним поперечним перерізом, симетричним відносно другої або першої головної осі

I.1.2 General formula for beams with uniform cross-sections symmetrical about the minor or major axis

(1) У випадку балки з постійним поперечним перерізом, симетричним відносно другої головної осі, пружний критичний

(1) In the case of a beam of uniform cross-section which is symmetrical about the minor axis, for bending about the major axis the

момент поперечно-крутильної втрати стійкості при згині відносно першої головної осі обчислюється наступною загальною формулою:

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}, \quad (I.2)$$

де відносний безрозмірний критичний момент μ_{cr} дорівнює:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right], \quad (I.3)$$

безрозмірний параметр кручення

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}};$$

відносна безрозмірна координата точки прикладення навантаження відносно центру зсуву

$$\zeta_g = \frac{\pi z_g}{k_z L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}};$$

відносний безрозмірний параметр білатеральної симетрії перерізу

$$\zeta_j = \frac{\pi z_j}{k_z L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}};$$

де:

C_1 , C_2 та C_3 – коефіцієнти, які залежать переважно від навантаження та умов закріплення на кінцях (див. таблиці I.1 та I.2);

k_z та k_w – коефіцієнти приведенної довжини;

$$z_g = z_a - z_s;$$

$$z_j = z_s - \frac{0,5}{I_y} \int_A (y^2 + z^2) z dA;$$

z_a – координата точки прикладення навантаження відносно центру ваги (див. рисунок I.1);

z_s – координата центру зсуву відносно центру ваги;

z_g – координата точки прикладення навантаження відносно центру зсуву.

ПРИМІТКА 1. Правила знаків див. у I.1.2 (7) та (8), а наближення для z_j у I.1.4 (2).

ПРИМІТКА 2. $z_j = 0$ ($y_j = 0$) для перерізів із віссю симетрії y (z).

elastic critical moment for lateral-torsional buckling is given by the general formula:

where relative non-dimensional critical moment μ_{cr} is

non-dimensional torsion parameter is

relative non-dimensional coordinate of the point of load application related to shear center

relative non-dimensional cross-section mono-symmetry parameter.

where:

C_1 , C_2 and C_3 are factors depending mainly on the loading and end restraint conditions (See table. I.1 and I.2);

k_z and k_w are buckling length factors;

z_a – is the coordinate of the point of load application related to centroid (see figure I.1)

z_s – is the coordinate of the shear center related to centroid;

z_g – is the coordinate of the point of load application related to shear center.

NOTE 1. See I.1.2 (7) and (8) for sign conventions and I.1.4 (2) for approximations for z_j .

NOTE 2. $z_j = 0$ ($y_j = 0$) for cross sections with y -axis (z -axis) being axis of symmetry.

ПРИМІТКА 3. Для z_j можна використовувати таке наближення:

NOTE 3. The following approximation for z_j can be used:

$$z_j = 0,45\psi_f h_s \left(1 + \frac{c}{2h_f} \right), \quad (\text{I.4})$$

де:

c – глибина буртика полиці;

h_f – відстань між середніми лініями полиць.

where:

c is the depth of a lip

h_f is the distance between centerlines of the flanges.

$$\psi_f = \frac{I_{fc} - I_{ft}}{I_{fc} + I_{ft}} \quad (\text{I.4b})$$

I_{fc} – момент інерції перерізу стиснутої полиці відносно другої головної осі перерізу;

I_{ft} – момент інерції перерізу розтягнутої полиці відносно другої головної осі перерізу;

h_s – відстань між центрами зсуву верхньої та нижньої полиць (S_u та S_b на рисунку I.1).

I_{fc} – is the second moment of area of the compression flange about the minor axis of the section

I_{ft} – is the second moment of area of the tension flange about the minor axis of the section

h_s – is the distance between the shear centre of the upper flange and shear centre of the bottom flange (S_u and S_b in Figure I.1).

Для двотаврового рівно поличного перерізу з полицями без буртиків, а також як наближення при наявності буртиків:

For an I-section with unequal flanges without lips and as an approximation also with lips:

$$I_w = (1 - \psi_f^2) I_z (h_s/2)^2. \quad (\text{I.5})$$

(2) Коефіцієнти приведеної довжини k_z (для граничних умов поперечного згину) та k_w (для граничних умов кручення) змінюються від 0,5 при жорсткому закріпленні двох кінців до 1,0 при їх шарнірному обпиранні; значення 0,7 справедливе для випадку защемлення одного кінця (лівого чи правого) і шарнірного обпирання іншого (правого чи лівого).

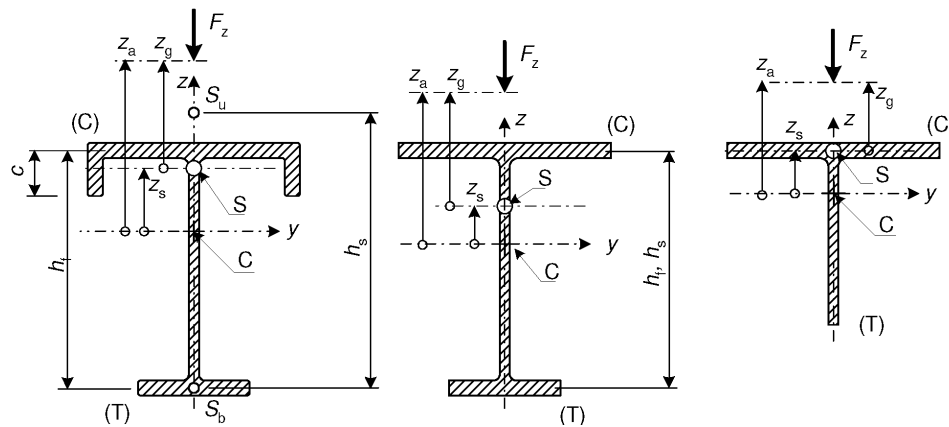
(2) The buckling length factors k_z (for lateral bending boundary conditions) and k_w (for torsion boundary condition) vary from 0,5 for both beam ends fixed to 1,0 for both ends simply supported, with 0,7 for one end fixed (left or right) and one end simply supported (right or left).

(3) Коефіцієнт k_z описує поворот кінця у плані. Він аналогічний відношенню L_{cr}/L для стиснутого елемента.

(3) The factor k_z refers to end rotation on plan. It is analogous to the ratio L_{cr}/L for a compression member.

(4) Коефіцієнт k_w описує депланацію кінця. Якщо не вжито спеціальних заходів для уникнення депланації на обох кінцях балки ($k_w=0,5$), k_w слід брати рівним 1,0.

(4) The factor k_w refers to end warping. Unless special provision for warping fixity of both beam ends ($k_w=0,5$), is made, k_w should be taken as 1,0.



(C) стиснута частина, (T) розтягнута частина, S – центр зсуву, G – центр ваги; Su, Sb – центри зсуву верхньої та нижньої полиць

(C) Compression side, (T) tension side, S shear centre, G gravity centre, Su, Sb is shear centre of upper and bottom flange

Рисунок I.1 Позначення і правила знаків для балок під власною вагою (Fz) та для консолей під дією підйомної сили (-Fz)

Figure I.1 Notation and sign convention for beams under gravity loads (Fz) or for cantilevers under uplift loads (-Fz)

(5) Значення C_1 , C_2 і C_3 наведені у таблицях I.1 та I.2 для різних завантажень, про що свідчать епюри згинального моменту за довжиною L між точками поперечного закріплення. Значення у таблиці I.1 відповідають різним значенням k_z , а у таблиці I.2 – також різним значенням k_w .

(5) Values of C_1 , C_2 and C_3 are given in table I.1 and I.2 for various load cases, as indicated by the shape of the bending moment diagram over the length L between lateral restraints. Values are given in table I.1 corresponding to various values of k_z and in table I.2 also corresponding to various values of k_w .

(6) Для випадків $k_z = 1,0$ значення C_1 для будь-якого відношення кінцевих моментних навантажень, як вказано у таблиці I.1, дається виразом:

(6) For cases with $k_z = 1,0$ the value of C_1 for any ratio of end moment loading as indicated in table I.1, is given approximately by:

$$C_1 = (0,310 + 0,428\psi + 0,26\psi^2)^{-0,5} \tag{I.6}$$

(7) Правило знаків для визначення z та z_j , див. рисунок I.1, має наступний вигляд:

(7) The sign convention for determining z and z_j , see figure I.1, is:

- координата z є додатньою для стиснутої полиці. При визначенні z_j з формули у I.1.2 (1) додатня координата z спрямована догори для балок під власною вагою або для консолей під дією підйомної сили і донизу для балок під дією підйомної сили та для консолей під дією власної ваги;

- coordinate z is positive for the compression flange. When determining z_j from formula in I.1.2 (1), positive coordinate z goes upwards for beams under gravity loads or for cantilevers under uplift loads, and goes downwards for beams under uplift loads or cantilevers under gravity loads

- знак z_j є тим самим, що і знак коефіцієнта білатеральної симетрії перерізу ψ_f у I.1.4 (1). Слід брати переріз з боку M, якщо прикладено моментне навантаження, таблиця I.1, та переріз посередині прогону балки, якщо прикладено поперечну силу, таблиця I.2.

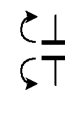
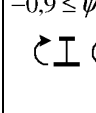
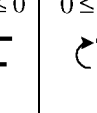
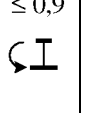
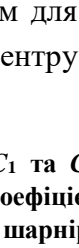
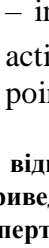
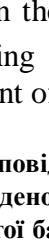
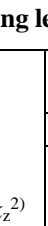
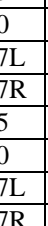
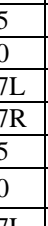

- sign of z_j is the same as the sign of cross-section mono-symmetry factor ψ_f in I.1.4 (1). Take the cross section located at the M-side in the case of moment loading, table I.1, and the cross-section located in the middle of the beam span in the case of transverse loading, table I.2.

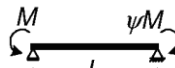
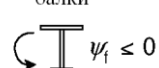
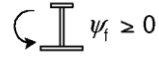

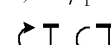
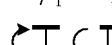

- (8) Правила знаків для визначення z_g :
- при навантаженні власною вагою z_g є додатнім для навантажень, прикладених вище центру зсуву;
 - у загальному випадку z_g є додатнім для навантажень, які діють у напрямку центру зсуву від своєї точки прикладення.

- (8) The sign convention for determining z_g is:
- for gravity loads z_g is positive for loads applied above the shear centre;
 - in the general case z_g is positive for loads acting towards the shear centre from their point of application.

Таблиця I.1 Значення коефіцієнтів C_1 та C_3 , які відповідають різним співвідношенням кінцевих моментів ψ , значенням коефіцієнта приведеної довжини k_z та характеристикам перерізу ψ_f і k_{wt} . Кінцеві моменти шарнірно опертій балки з коефіцієнтами приведеної довжини $k_y=1$ для згину відносно головної осі та $k_w=1$ для кручення

Table I.1 Values of factors C_1 and C_3 , corresponding to various end moment ratios ψ , values of buckling length factor k_z and cross-section parameters ψ_f and k_{wt} . End moment loading of the simply supported beam with buckling length factors $k_y=1$ for major axis bending and $k_w=1$ for torsion

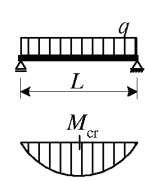
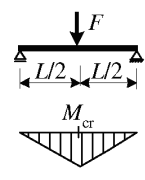
Навантаження та обпирання. Коефіцієнт білатеральної симетрії перерізу ψ_f Loading and support conditions. Cross-section monosymmetry factor ψ_f	Епюра згинального моменту. Співвідношення моментів ψ . Сторона M - та ψM Bending moment diagram. End moment ratio ψ . M -side, ψM -side	$k_z^{(2)}$	Значення коефіцієнтів Values of factors					
			$C_1^{(1)}$		C_3			
			$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	$\psi_f = -1$ 	$-0,9 \leq \psi_f \leq 0$ 	$0 \leq \psi_f \leq 0,9$ 	$\psi_f = 1$ 
 $k_y = 1, k_w = 1$ Beam M -side: М-сторона балки  $\psi_f \geq 0$  $\psi_f \leq 0$	$M_{cr} \psi = +1$ 	1,0	1,000	1,000	1,000			
		0,7L	1,016	1,100	1,025		1,000	
		0,7R	1,016	1,100	1,025		1,000	
		0,5	1,000	1,127	1,019			
	$M_{cr} \psi = +3/4$ 	1,0	1,139	1,141	1,000			
		0,7L	1,210	1,313	1,050		1,000	
		0,7R	1,109	1,201	1,000			
		0,5	1,139	1,285	1,017			
	$M_{cr} \psi = +1/2$ 	1,0	1,312	1,320	1,150	1,000		
		0,7L	1,480	1,616	1,160		1,000	
		0,7R	1,213	1,317	1,000			
		0,5	1,310	1,482	1,150	1,000		
	$M_{cr} \psi = +1/4$ 	1,0	1,522	1,551	1,290	1,000		
		0,7L	1,853	2,059	1,600	1,260	1,000	
		0,7R	1,329	1,467	1,000			
		0,5	1,516	1,730	1,350	1,000		
	$M_{cr} \psi = 0$ 	1,0	1,770	1,847	1,470	1,000		
		0,7L	2,331	2,683	2,000	1,420	1,000	
		0,7R	1,453	1,592	1,000			
		0,5	1,753	2,027	1,500	1,000		
	$M_{cr} \psi = -1/4$ 	1,0	2,047	2,207	1,65	1,000	0,850	
		0,7L	2,827	3,322	2,40	1,550	0,850	-0,30
		0,7R	1,582	1,748	1,38	0,850	0,700	0,20
		0,5	2,004	2,341	1,75	1,000	0,650	-0,25
	$M_{cr} \psi = -1/2$ 	1,0	2,331	2,591	1,85	1,000	$1,3-1,2\psi_f$	-0,70
		0,7L	3,078	3,399	2,70	1,450	$1-1,2\psi_f$	-1,15
		0,7R	1,711	1,897	1,45	0,780	$0,9-0,75\psi_f$	-0,53
		0,5	2,230	2,579	2,00	0,950	$0,75-\psi_f$	-0,85
$M_{cr} \psi = -3/4$ 	1,0	2,547	2,852	2,00	1,000	$0,55-\psi_f$	-1,45	
	0,7L	2,592	2,770	2,00	0,850	$0,23-0,9\psi_f$	-1,55	

<p>Навантаження та опираання. Коефіцієнт білатеральної симетрії перерізу ψ_f</p> <p>Loading and support conditions. Cross-section monosymmetry factor ψ_f</p>  <p>$k_y = 1, k_w = 1$</p> <p>Beam M-side: M-сторона балки</p>  <p>$\psi_f \leq 0$</p>  <p>$\psi_f \geq 0$</p> $\psi_f = \frac{I_{fc} - I_{ft}}{I_{fc} + I_{ft}}$	<p>Епюра згинального моменту. Співвідношення моментів ψ. Сторона M- та ψM</p> <p>Bending moment diagram. End moment ratio ψ. M-side, ψM-side</p>	<p>$k_z^{2)}$</p>	<p>Значення коефіцієнтів Values of factors</p>					
	$C_1^{1)}$		C_3					
	$C_{1,0}$		$C_{1,1}$	$\psi_f = -1$	$-0,9 \leq \psi_f \leq 0$	$0 \leq \psi_f \leq 0,9$	$\psi_f = 1$	
								
	0,7R		1,829	2,027	1,55	0,700	$0,68 - \psi_f$	-1,07
	0,5		2,352	2,606	2,00	0,850	$0,35 - \psi_f$	-1,45
	1,0		2,555	2,733	2,00	$-\psi_f$		-2,00
	0,7L		1,921	2,103	1,55	0,380	-0,580	-1,55
	0,7R		1,921	2,103	1,55	0,580	-0,380	-1,55
	0,5		2,223	2,390	1,88	$0,125 - 0,7\psi_f$	$-0,125 - 0,7\psi_f$	-1,88

1) $C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} + C_{1,0})\kappa_{wt} \leq C_{1,1}$, ($C_1 = C_{1,0}$ для $\kappa_{wt} = 0$, $C_1 = C_{1,1}$ для $\kappa_{wt} \geq 1$).
 2) 0,7L – якщо закріплено лівий кінець,
 0,7R – якщо закріплено правий кінець

1) $C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} + C_{1,0})\kappa_{wt} \leq C_{1,1}$, ($C_1 = C_{1,0}$ for $\kappa_{wt} = 0$, $C_1 = C_{1,1}$ for $\kappa_{wt} \geq 1$).
 2) 0,7L – left end fixed,
 0,7R – right end fixed

Таблиця I.2 Значення коефіцієнтів C_1 , C_2 та C_3 для різних поперечних навантажень, значень коефіцієнтів приведеної довжини k_y , k_z , k_w , коефіцієнта білатеральної симетрії перерізу ψ_f та параметра кручення κ_{wt}

Навантаження та опираання	Коефф. приведеної довжини			Значення коефіцієнтів							
	k_y	k_z	k_w	$C_1^{1)}$		C_2			C_3		
				$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$
	1	1	1	1,127	1,132	0,33	0,459	0,50	0,93	0,525	0,38
	1	1	0,5	1,128	1,231	0,33	0,391	0,50	0,93	0,806	0,38
	1	0,5	1	0,947	0,997	0,25	0,407	0,40	0,84	0,478	0,44
	1	0,5	0,5	0,947	0,970	0,25	0,310	0,40	0,84	0,674	0,44
	1	1	1	1,348	1,363	0,52	0,553	0,42	1,00	0,411	0,31
	1	1	0,5	1,349	1,452	0,52	0,580	0,42	1,00	0,666	0,31
	1	0,5	1	1,030	1,087	0,40	0,449	0,42	0,80	0,338	0,31
	1	0,5	0,5	1,031	1,067	0,40	0,437	0,42	0,80	0,516	0,31

Навантаження та опирання	Коефф. приведеної довжини			Значення коефіцієнтів							
	k_y	k_z	k_w	$C_1^{1)}$		C_2			C_3		
				$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$
	1	1	1	1,038	1,040	0,33	0,431	0,39	0,93	0,562	0,39
	1	1	0,5	1,039	1,148	0,33	0,292	0,39	0,93	0,878	0,39
	1	0,5	1	0,922	0,960	0,28	0,404	0,30	0,88	0,539	0,50
	1	0,5	0,5	0,922	0,945	0,28	0,237	0,30	0,88	0,772	0,50
						$\psi_f = -1$	$-0,5 \leq \psi_f \leq 0,5$	$\psi_f = 1$	$\psi_f = -1$	$-0,5 \leq \psi_f \leq 0,5$	$\psi_f = 1$
	0,5	1	1	2,576	2,608	1,00	1,562	0,15	1,00	-0,859	-1,99
	0,5	0,5	1	1,490	1,515	0,56	0,900	0,08	0,61	-0,516	-1,20
	0,5	0,5	0,5	1,494	1,746	0,56	0,825	0,08	0,61	0,002712	-1,20
	0,5	1	1	1,683	1,726	1,20	1,388	0,07	1,15	-0,716	-1,35
	0,5	0,5	1	0,936	0,955	0,69	0,763	0,03	0,64	-0,406	-0,76
	0,5	0,5	0,5	0,937	1,057	0,69	0,843	0,03	0,64	-0,0679	-0,76

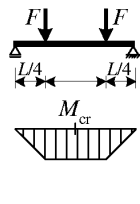
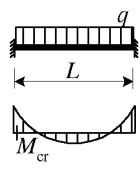
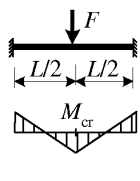
¹⁾ $C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} + C_{1,0})\kappa_{wt} \leq C_{1,1}$, ($C_1 = C_{1,0}$ для $\kappa_{wt} = 0$, $C_1 = C_{1,1}$ для $\kappa_{wt} \geq 1$).

²⁾ Параметр ψ_f відноситься до середини прогону.

³⁾ Значення критичного моменту M_{cr} відносяться до перерізу, де знаходиться M_{max} .

Table I.2 Values of factors C_1 , C_2 and C_3 corresponding to various transverse loading cases, values of buckling length factors k_y , k_z , k_w , cross-section monosymmetry factor ψ_f and torsion parameter κ_{wt}

Loading and support conditions	Buckling length factors			Values of factors							
	k_y	k_z	k_w	$C_1^{1)}$		C_2			C_3		
				$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$
	1	1	1	1,127	1,132	0,33	0,459	0,50	0,93	0,525	0,38
	1	1	0,5	1,128	1,231	0,33	0,391	0,50	0,93	0,806	0,38
	1	0,5	1	0,947	0,997	0,25	0,407	0,40	0,84	0,478	0,44
	1	0,5	0,5	0,947	0,970	0,25	0,310	0,40	0,84	0,674	0,44
	1	1	1	1,348	1,363	0,52	0,553	0,42	1,00	0,411	0,31
	1	1	0,5	1,349	1,452	0,52	0,580	0,42	1,00	0,666	0,31
	1	0,5	1	1,030	1,087	0,40	0,449	0,42	0,80	0,338	0,31
	1	0,5	0,5	1,031	1,067	0,40	0,437	0,42	0,80	0,516	0,31

Loading and support conditions	Buckling length factors			Values of factors							
	k_y	k_z	k_w	$C_1^{1)}$		C_2			C_3		
				$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$	\perp $\psi_f = -1$	I I I $-0,9 \leq \psi_f \leq 0,9$	T $\psi_f = 1$
	1	1	1	1,038	1,040	0,33	0,431	0,39	0,93	0,562	0,39
	1	1	0,5	1,039	1,148	0,33	0,292	0,39	0,93	0,878	0,39
	1	0,5	1	0,922	0,960	0,28	0,404	0,30	0,88	0,539	0,50
	1	0,5	0,5	0,922	0,945	0,28	0,237	0,30	0,88	0,772	0,50
						$\psi_f = -1$	$-0,5 \leq \psi_f \leq 0,5$	$\psi_f = 1$	$\psi_f = -1$	$-0,5 \leq \psi_f \leq 0,5$	$\psi_f = 1$
	0,5	1	1	2,576	2,608	1,00	1,562	0,15	1,00	-0,859	-1,99
	0,5	0,5	1	1,490	1,515	0,56	0,900	0,08	0,61	-0,516	-1,20
	0,5	0,5	0,5	1,494	1,746	0,56	0,825	0,08	0,61	0,002712	-1,20
	0,5	1	1	1,683	1,726	1,20	1,388	0,07	1,15	-0,716	-1,35
	0,5	0,5	1	0,936	0,955	0,69	0,763	0,03	0,64	-0,406	-0,76
	0,5	0,5	0,5	0,937	1,057	0,69	0,843	0,03	0,64	-0,0679	-0,76

1) $C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} + C_{1,0})\kappa_{wt} \leq C_{1,1}$, ($C_1 = C_{1,0}$ for $\kappa_{wt} = 0$, $C_1 = C_{1,1}$ for $\kappa_{wt} \geq 1$).
 2) Parameter ψ_f refers to the middle of the span.
 3) Values of critical moments M_{cr} refer to the cross section, where M_{max} is located

I.1.3 Балки з постійними перерізами, симетричними відносно головної осі, центрально симетричними та подвійно симетричними

(1) Для балок із постійними перерізами, симетричними відносно головної осі, центрально симетричними та подвійно симетричними, навантаженими перпендикулярно до головної осі у площині, яка проходить через центр згину (рисунок I.2), має місце $z_j = 0$, і тому

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g)^2} - C_2 \zeta_g \right]. \tag{I.7}$$

(2) Для навантаження кінцевими моментами $C_2 = 0$, а для поперечних навантажень, прикладених через центр згину, $z_g = 0$. У цих випадках:

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2}. \tag{I.8}$$

I.1.3 Beams with uniform cross-sections symmetrical about major axis, centrally symmetric and doubly symmetric cross-sections

(1) For beams with uniform cross-sections symmetrical about major axis, centrally symmetric and doubly symmetric cross-sections loaded perpendicular to the major axis in the plane going through the shear centre, figure I.2, $z_j = 0$ thus

(2) For end-moment loading $C_2 = 0$ and for transverse loads applied at the shear centre $z_g = 0$. For these cases:

(3) Якщо також $\kappa_{wt} = 0: \mu_{cr} = C_1 / k_z$

(3) If also $\kappa_{wt} = 0: \mu_{cr} = C_1 / k_z$

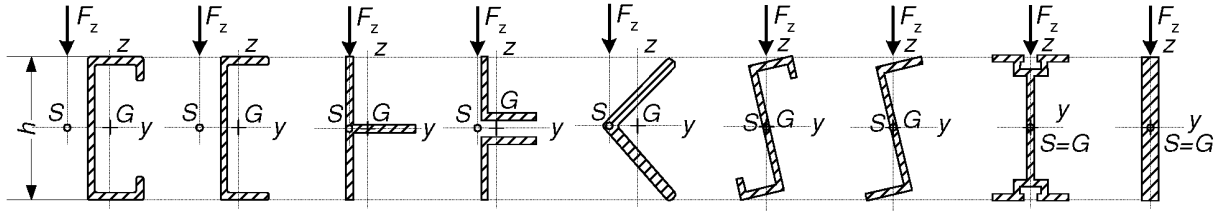


Рисунок I.2 Балки з постійними перерізами, симетричними відносно головної осі, центрально симетричними та подвійно симетричними

Figure I.2 Beams with uniform cross-sections symmetrical about major axis, centrally symmetric and doubly symmetric cross-sections

(4) Для балок, обпертих на обох кінцях, $k_y = 1, k_z = 1, 0,5 \leq k_w \leq 1$, або для ділянок балок, закріплених у поперечному напрямку на обох кінцях, під будь-яким навантаженням (наприклад, під різними кінцевими моментами у поєднанні з будь-яким поперечним навантаженням), можна використовувати наступне значення коефіцієнта C_1 у наведених вище двох формулах із I.1.3 (2) та (3), щоб отримати наближене значення критичного моменту:

(4) For beams supported on both ends $k_y = 1, k_z = 1, 0,5 \leq k_w \leq 1$ or for beam segments laterally restrained on both ends, which are under any loading (e.g. different end moments combined with any transverse loading), the following value of factor C_1 may be used in the above two formulas given in I.1.3 (2) and (3) to obtain approximate value of critical moment:

$$C_1 = \frac{1,7 |M_{\max}|}{\sqrt{M_{0,25}^2 + M_{0,5}^2 + M_{0,75}^2}} \leq 2,5, \tag{I.9}$$

де:

M_{\max} – максимальний розрахунковий згинальний момент;

$M_{0,25}, M_{0,75}$ – розрахункові згинальні моменти на чверті довжини від кінців;

$M_{0,5}$ – розрахунковий згинальний момент у середині балки або ділянки балки з довжиною, рівною відстані між сусідніми закріпленнями від поперечного зміщення перерізами.

where:

M_{\max} – is maximum design bending moment,

$M_{0,25}, M_{0,75}$ – are design bending moments at the quarter points and

$M_{0,5}$ – is design bending moment at the midpoint of the beam or beam segment with length equal to the distance between adjacent cross-sections which are laterally restrained.

(5) Коефіцієнт C_1 за формулою (I.9) можна також використовувати у формулі (I.7), але тільки у поєднанні з відповідним значенням коефіцієнта C_2 для заданого навантаження та граничних умов. Це означає, що для шести випадків із таблиці I.2 з граничними умовами $k_y = 1, k_z = 1, 0,5 \leq k_w \leq 1$, як визначено вище, за наближення можна брати значення $C_2 = 0,5$ разом із формулами (I.9) та (I.7).

(5) Factor C_1 defined by (I.9) may be used also in formula (I.7) but only in combination with relevant value of factor C_2 valid for given loading and boundary conditions. This means that for the six cases in table I.2 with boundary condition $k_y = 1, k_z = 1, 0,5 \leq k_w \leq 1$, as defined above, the value $C_2 = 0,5$ may be used together with (I.9) in (I.7) as an approximation.

(6) Для нерозрізної балки можна використати наступний наближений метод. Ігнорується ефект неперервності у поперечному напрямку між сусідніми ділянками, і кожна ділянка розглядається як шарнірно обперта. Кожна ділянка, таким чином, розраховується на пружну втрату стійкості під заданим розподілом моментів у площині балки (можна використати формулу (I.9) для C_1) з приведеною довжиною, рівною довжині ділянки L . Найменший із критичних моментів, розрахованих для кожної ділянки, береться у якості критичного навантаження для нерозрізної балки. Цей метод дає консервативну оцінку.

I.1.4 Консольні балки з постійними поперечними перерізами, симетричними відносно другої головної осі

(1) У випадку консольної балки постійного поперечного перерізу, симетричного відносно другої головної осі, пружний критичний момент для згину відносно першої головної осі при втраті стійкості за поперечно-крутильною формою дається формулою (I.2), де відносний безрозмірний критичний момент μ_{cr} береться з таблиць I.3 та I.4. У таблицях I.3 та I.4 слід використовувати нелінійну інтерполяцію.

(2) Правило знаків для визначення z_j та z_g дається у I.1.2(7) та (8).

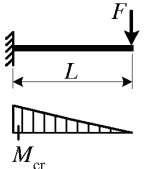
(6) In the case of continuous beam the following approximate method may be used. The effect of lateral continuity between adjacent segments are ignored and each segment is treated as being simply supported laterally. Thus the elastic buckling of each segment is analysed for its in-plane moment distribution (formula (I.9) for C_1 may be used) and for an buckling length equal to the segment length L . The lowest of critical moments computed for each segment is taken as the elastic critical load set of the continuous beam. This method produces a lower bound estimate.

I.1.4 Cantilevers with uniform cross-sections symmetrical about the minor axis

(1) In the case of a cantilever of uniform cross-section, which is symmetrical about the minor axis, for bending about the major axis the elastic critical moment for lateral-torsional buckling is given by the formula (I.2), where relative non-dimensional critical moment μ_{cr} is given in table I.3 and I.4. In table I.3 and I.4 non-linear interpolation should be used.

(2) The sign convention for determining z_j and z_g is given in I.1.2 (7) and (8).

Таблиця І.3 Відносний безрозмірний критичний момент μ_{cr} для консольних балок ($k_y = k_z = k_w = 2$), навантажених зосередженою кінцевою силою F

Навантаження та опирання	$\frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \kappa_{wt0}$	$\frac{\pi z_g}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \kappa_z \xi_g = \xi_g$	$\frac{\pi z_j}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \kappa_z \xi_j = \xi_{j0}$						
			$\begin{matrix} \downarrow (T) \\ \uparrow (C) \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow (C) \\ \downarrow (T) \end{matrix}$	-4	-2	-1	0	1
	0	4	0,107	0,156	0,194	0,245	0,316	0,416	0,759
		2	0,123	0,211	0,302	0,463	0,759	1,312	4,024
		0	0,128	0,254	0,478	1,280	3,178	5,590	10,730
		-2	0,129	0,258	0,508	1,619	3,894	6,500	11,860
		-4	0,129	0,258	0,511	1,686	4,055	6,740	12,240
	0,5	4	0,151	0,202	0,240	0,293	0,367	0,475	0,899
		2	0,195	0,297	0,393	0,560	0,876	1,528	5,360
		0	0,261	0,495	0,844	1,815	3,766	6,170	11,295
		-2	0,329	0,674	1,174	2,423	4,642	7,235	12,595
		-4	0,364	0,723	1,235	2,529	4,843	7,540	13,100
	1	4	0,198	0,257	0,301	0,360	0,445	0,573	1,123
		2	0,268	0,391	0,502	0,691	1,052	1,838	6,345
		0	0,401	0,750	1,243	2,431	4,456	6,840	11,920
		-2	0,629	1,326	2,115	3,529	5,635	8,115	13,365
		-4	0,777	1,474	2,264	3,719	5,915	8,505	13,960
	2	4	0,335	0,428	0,496	0,588	0,719	0,916	1,795
		2	0,461	0,657	0,829	1,111	1,630	2,698	7,815
		0	0,725	1,321	2,079	3,611	5,845	8,270	13,285
		-2	1,398	3,003	4,258	5,865	7,845	10,100	15,040
		-4	2,119	3,584	4,760	6,360	8,385	10,715	15,825
4	4	0,845	1,069	1,230	1,443	1,739	2,168	3,866	
	2	1,159	1,614	1,992	2,569	3,498	5,035	10,345	
	0	1,801	3,019	4,231	6,100	8,495	11,060	16,165	
	-2	3,375	6,225	8,035	9,950	11,975	14,110	18,680	
	-4	5,530	8,130	9,660	11,375	13,285	15,365	19,925	

а) Для $z_j = 0, z_g = 0$ та $\kappa_{wt0} \leq 8$: $\mu_{cr} = 1,27 + 1,14\kappa_{wt0} + 0,017\kappa_{wt0}^2$.

б) Для $z_j = 0, -4 \leq \xi_g \leq 4$ та $\kappa_{wt0} \leq 4$, μ_{cr} можна розрахувати також за формулами (І.7) і (І.8), де слід використовувати наступні наближені значення коефіцієнтів C_1, C_2 для консольної балки, навантаженої на кінці силою F :

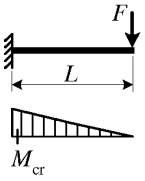
$$C_1 = 2,56 + 4,675\kappa_{wt} - 2,62\kappa_{wt}^2 + 0,5\kappa_{wt}^3, \quad \text{при } \kappa_{wt} \leq 2$$

$$C_1 = 5,55, \quad \text{при } \kappa_{wt} > 2$$

$$C_2 = 1,255 + 1,566\kappa_{wt} - 0,931\kappa_{wt}^2 + 0,245\kappa_{wt}^3 - 0,024\kappa_{wt}^4, \quad \text{при } \xi_g \geq 0$$

$$C_2 = 0,192 + 0,585\kappa_{wt} - 0,054\kappa_{wt}^2 - (0,032 + 0,102\kappa_{wt} - 0,013\kappa_{wt}^2)\xi_g, \quad \text{при } \xi_g < 0$$

Table I.3 Relative non-dimensional critical moment μ_{cr} for cantilever ($k_y = k_z = k_w = 2$) loaded by concentrated end load F

Loading and support conditions	$\frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = k_w \kappa_{wt} = \kappa_{wt0}$	$\frac{\pi z_g}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \zeta_g = \zeta_g$	$\begin{matrix} \downarrow (T) \\ \uparrow (C) \end{matrix}$		$\frac{\pi z_j}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \zeta_j = \zeta_{j0}$					$\begin{matrix} \uparrow (C) \\ \downarrow (T) \end{matrix}$	
			-4	-2	-1	0	1	2	4		
	0	4	0,107	0,156	0,194	0,245	0,316	0,416	0,759		
		2	0,123	0,211	0,302	0,463	0,759	1,312	4,024		
		0	0,128	0,254	0,478	1,280	3,178	5,590	10,730		
		-2	0,129	0,258	0,508	1,619	3,894	6,500	11,860		
		-4	0,129	0,258	0,511	1,686	4,055	6,740	12,240		
	0,5	4	0,151	0,202	0,240	0,293	0,367	0,475	0,899		
		2	0,195	0,297	0,393	0,560	0,876	1,528	5,360		
		0	0,261	0,495	0,844	1,815	3,766	6,170	11,295		
		-2	0,329	0,674	1,174	2,423	4,642	7,235	12,595		
		-4	0,364	0,723	1,235	2,529	4,843	7,540	13,100		
	1	4	0,198	0,257	0,301	0,360	0,445	0,573	1,123		
		2	0,268	0,391	0,502	0,691	1,052	1,838	6,345		
		0	0,401	0,750	1,243	2,431	4,456	6,840	11,920		
		-2	0,629	1,326	2,115	3,529	5,635	8,115	13,365		
		-4	0,777	1,474	2,264	3,719	5,915	8,505	13,960		
	2	4	0,335	0,428	0,496	0,588	0,719	0,916	1,795		
		2	0,461	0,657	0,829	1,111	1,630	2,698	7,815		
		0	0,725	1,321	2,079	3,611	5,845	8,270	13,285		
		-2	1,398	3,003	4,258	5,865	7,845	10,100	15,040		
		-4	2,119	3,584	4,760	6,360	8,385	10,715	15,825		
4	4	0,845	1,069	1,230	1,443	1,739	2,168	3,866			
	2	1,159	1,614	1,992	2,569	3,498	5,035	10,345			
	0	1,801	3,019	4,231	6,100	8,495	11,060	16,165			
	-2	3,375	6,225	8,035	9,950	11,975	14,110	18,680			
	-4	5,530	8,130	9,660	11,375	13,285	15,365	19,925			

a) For $z_j = 0, z_g = 0$ and $\kappa_{wt0} \leq 8$: $\mu_{cr} = 1,27 + 1,14\kappa_{wt0} + 0,017\kappa_{wt0}^2$.

b) For $z_j = 0, -4 \leq \zeta_g \leq 4$ and $\kappa_{wt0} \leq 4$, μ_{cr} may be calculated also from formulae (I.7) and (I.8), where the following approximate values of the factors C_1, C_2 should be used for the cantilever under tip load F :

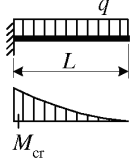
$$C_1 = 2,56 + 4,675\kappa_{wt} - 2,62\kappa_{wt}^2 + 0,5\kappa_{wt}^3, \quad \text{if } \kappa_{wt} \leq 2$$

$$C_1 = 5,55 \quad \text{if } \kappa_{wt} > 2$$

$$C_2 = 1,255 + 1,566\kappa_{wt} - 0,931\kappa_{wt}^2 + 0,245\kappa_{wt}^3 - 0,024\kappa_{wt}^4, \quad \text{if } \zeta_g \geq 0$$

$$C_2 = 0,192 + 0,585\kappa_{wt} - 0,054\kappa_{wt}^2 - (0,032 + 0,102\kappa_{wt} - 0,013\kappa_{wt}^2)\zeta_g, \quad \text{if } \zeta_g < 0$$

Таблиця І.4 Відносний безрозмірний критичний момент μ_{cr} для консольної балки ($k_y = k_z = k_w = 2$), навантаженої рівномірно розподіленим навантаженням q

Навантаження та опирання	$\frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = k_w \kappa_{wt} = \kappa_{wt0}$	$\frac{\pi z_g}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \xi_g = \xi_{g0}$	$\frac{\pi z_j}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \xi_j = \xi_{j0}$						
			$\begin{matrix} \downarrow (T) \\ \uparrow (C) \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow (C) \\ \downarrow (T) \end{matrix}$	-4	-2	-1	0	1
	0	4	0,113	0,173	0,225	0,304	0,431	0,643	1,718
		2	0,126	0,225	0,340	0,583	1,165	2,718	13,270
		0	0,132	0,263	0,516	2,054	6,945	12,925	25,320
		-2	0,134	0,268	0,537	3,463	10,490	17,260	30,365
		-4	0,134	0,270	0,541	4,273	12,715	20,135	34,005
	0,5	4	0,213	0,290	0,352	0,443	0,586	0,823	2,046
		2	0,273	0,421	0,570	0,854	1,505	3,229	14,365
		0	0,371	0,718	1,287	3,332	8,210	14,125	26,440
		-2	0,518	1,217	2,418	6,010	12,165	18,685	31,610
		-4	0,654	1,494	2,950	7,460	14,570	21,675	35,320
	1	4	0,336	0,441	0,522	0,636	0,806	1,080	2,483
		2	0,449	0,663	0,865	1,224	1,977	3,873	15,575
		0	0,664	1,263	2,172	4,762	9,715	15,530	27,735
		-2	1,109	2,731	4,810	8,695	14,250	20,425	33,075
		-4	1,623	3,558	6,025	10,635	16,880	23,555	36,875
	2	4	0,646	0,829	0,965	1,152	1,421	1,839	3,865
		2	0,885	1,268	1,611	2,185	3,282	5,700	18,040
		0	1,383	2,550	4,103	7,505	12,770	18,570	30,570
		-2	2,724	6,460	9,620	13,735	18,755	24,365	36,365
		-4	4,678	8,635	11,960	16,445	21,880	27,850	40,400
4	4	1,710	2,168	2,500	2,944	3,565	4,478	8,260	
	2	2,344	3,279	4,066	5,285	7,295	10,745	23,150	
	0	3,651	6,210	8,845	13,070	18,630	24,625	36,645	
	-2	7,010	13,555	17,850	22,460	27,375	32,575	43,690	
	-4	12,270	18,705	22,590	26,980	31,840	37,090	48,390	

а) Для $z_j = 0, z_g = 0$ та $\kappa_{wt0} \leq 8$: $\mu_{cr} = 2,04 + 2,68\kappa_{wt0} + 0,021\kappa_{wt0}^2$.

б) Для $z_j = 0, -4 \leq \xi_g \leq 4$ та $\kappa_{wt0} \leq 4$, μ_{cr} можна обчислити також за формулами (І.7) і (І.8), де слід використовувати наступні наближені значення коефіцієнтів C_1, C_2 для консольної балки під рівномірно розподіленим навантаженням q :

$$C_1 = 4,11 + 11,2\kappa_{wt} - 5,65\kappa_{wt}^2 + 0,975\kappa_{wt}^3, \quad \text{при } \kappa_{wt} \leq 2$$

$$C_1 = 12 \quad \text{при } \kappa_{wt} > 2$$

$$C_2 = 1,661 + 1,068\kappa_{wt} - 0,609\kappa_{wt}^2 + 0,153\kappa_{wt}^3 - 0,014\kappa_{wt}^4, \quad \text{при } \xi_g \geq 0$$

$$C_2 = 0,535 + 0,426\kappa_{wt} - 0,029\kappa_{wt}^2 - (0,061 + 0,074\kappa_{wt} - 0,0085\kappa_{wt}^2)\xi_g, \quad \text{при } \xi_g < 0$$

Table I.4 Relative non-dimensional critical moment μ_{cr} for cantilever ($k_y = k_z = k_w = 2$) loaded by uniformly distributed load q

Loading and support conditions	$\frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = k_w \kappa_{wt} = \kappa_{wt0}$	$\frac{\pi z_g}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \zeta_g = \zeta_{g0}$	$\frac{\pi z_j}{L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = k_z \zeta_j = \zeta_{j0}$						
			$\begin{matrix} \downarrow (T) \\ \uparrow (C) \end{matrix}$	$\begin{matrix} \uparrow (C) \\ \downarrow (T) \end{matrix}$					$\begin{matrix} \uparrow (C) \\ \downarrow (T) \end{matrix}$
			-4	-2	-1	0	1	2	4
	0	4	0,113	0,173	0,225	0,304	0,431	0,643	1,718
		2	0,126	0,225	0,340	0,583	1,165	2,718	13,270
		0	0,132	0,263	0,516	2,054	6,945	12,925	25,320
		-2	0,134	0,268	0,537	3,463	10,490	17,260	30,365
		-4	0,134	0,270	0,541	4,273	12,715	20,135	34,005
	0,5	4	0,213	0,290	0,352	0,443	0,586	0,823	2,046
		2	0,273	0,421	0,570	0,854	1,505	3,229	14,365
		0	0,371	0,718	1,287	3,332	8,210	14,125	26,440
		-2	0,518	1,217	2,418	6,010	12,165	18,685	31,610
		-4	0,654	1,494	2,950	7,460	14,570	21,675	35,320
	1	4	0,336	0,441	0,522	0,636	0,806	1,080	2,483
		2	0,449	0,663	0,865	1,224	1,977	3,873	15,575
		0	0,664	1,263	2,172	4,762	9,715	15,530	27,735
		-2	1,109	2,731	4,810	8,695	14,250	20,425	33,075
		-4	1,623	3,558	6,025	10,635	16,880	23,555	36,875
	2	4	0,646	0,829	0,965	1,152	1,421	1,839	3,865
		2	0,885	1,268	1,611	2,185	3,282	5,700	18,040
		0	1,383	2,550	4,103	7,505	12,770	18,570	30,570
		-2	2,724	6,460	9,620	13,735	18,755	24,365	36,365
		-4	4,678	8,635	11,960	16,445	21,880	27,850	40,400
4	4	1,710	2,168	2,500	2,944	3,565	4,478	8,260	
	2	2,344	3,279	4,066	5,285	7,295	10,745	23,150	
	0	3,651	6,210	8,845	13,070	18,630	24,625	36,645	
	-2	7,010	13,555	17,850	22,460	27,375	32,575	43,690	
	-4	12,270	18,705	22,590	26,980	31,840	37,090	48,390	

a) For $z_j = 0, z_g = 0$ and $\kappa_{wt0} \leq 8$: $\mu_{cr} = 2,04 + 2,68\kappa_{wt0} + 0,021\kappa_{wt0}^2$.

b) For $z_j = 0, -4 \leq \zeta_g \leq 4$ and $\kappa_{wt0} \leq 4$, μ_{cr} may be calculated also from formulae (I.7) and (I.8), where the following approximate values of the factors C_1, C_2 should be used for the cantilever under uniform load q :

$$C_1 = 4,11 + 11,2\kappa_{wt} - 5,65\kappa_{wt}^2 + 0,975\kappa_{wt}^3, \quad \text{if } \kappa_{wt} \leq 2$$

$$C_1 = 12 \quad \text{if } \kappa_{wt} > 2$$

$$C_2 = 1,661 + 1,068\kappa_{wt} - 0,609\kappa_{wt}^2 + 0,153\kappa_{wt}^3 - 0,014\kappa_{wt}^4, \quad \text{if } \zeta_g \geq 0$$

$$C_2 = 0,535 + 0,426\kappa_{wt} - 0,029\kappa_{wt}^2 - (0,061 + 0,074\kappa_{wt} - 0,0085\kappa_{wt}^2)\zeta_g, \quad \text{if } \zeta_g < 0$$

I.2 Гнучкість при поперечно-крутильній втраті стійкості

(1) Загальний коефіцієнт гнучкості $\bar{\lambda}_{LT}$ при поперечно-крутильній втраті стійкості визначається формулою:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\alpha W_{el} f_0}{M_{cr}}}, \quad (I.10)$$

де:
 α – коефіцієнт форми з таблиці 6.4.

I.2 Slenderness for lateral torsional buckling

(1) The general relative slenderness parameter $\bar{\lambda}_{LT}$ for lateral-torsional buckling is given by:

where:
 α is the shape factor taken from Table 6.4.

(2) Інакше, для двотаврів та швелерів згідно з таблицею I.5 значення $\bar{\lambda}_{LT}$ можна отримати за формулами:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \lambda_{LT} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\alpha f_0}{E}}, \quad (I.11)$$

де:

$$\lambda_{LT} = \frac{XL_{cr,z}/i_z}{\left[1 + Y \left(\frac{L_{cr,z}/i_z}{h/t_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{4}}} \quad \text{where:} \quad (I.12)$$

$L_{cr,z}$ – приведена довжина при поперечно-крутильній втраті стійкості;

i_z – радіус інерції перерізу бруто відносно другої головної осі;

h – повна висота перерізу;

t_2 – товщина полиць ($t_2 = t$ для випадків 2 і 4 у таблиці I.5);

X та Y – коефіцієнти з таблиці I.5. Для швелера з буртиками (профіль 18 у таблиці I.8) $X = 0,95$ та $Y = 0,071$. Для усіх випадків консервативну оцінку можна отримати при $X = 1,0$ та $Y = 0,05$.

(3) Якщо підсилення полиць у двотаврі або швелері не має точно такої форми, як у таблиці I.5 (прості буртики), дозволяється обчислювати λ_{LT} за вищенаведеною формулою за умови, що X та Y беруться як для еквівалентного простого буртика з такою самою внутрішньою глибиною c , тоді як i_z обчислюється для перерізу з фактичним підсиленням.

(4) Зазвичай $L_{cr,z} = 10L$, де L – фактична відстань між точками поперечного закріплення стиснутої полиці. Якщо у цих точках обидві полиці на кінцях ділянки закріплені від обертання навколо осі z , то довжину L можна зменшити з коефіцієнтом 0,5 у випадку теоретичного повного защемлення, з коефіцієнтом 0,7 у випадку практично досяжного повного защемлення, і з коефіцієнтом 0,85 у випадку часткового защемлення. Ці значення приведеної довжини слід збільшити з коефіцієнтом 1,2, якщо балки з перерізами з таблиці I.5 знаходяться під поперечним дестабілізуючим навантаженням, прикладеним на рівні

(2) Alternatively, for I- sections and channels covered by table I.5, the value of $\bar{\lambda}_{LT}$ may be obtained from:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \lambda_{LT} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\alpha f_0}{E}}, \quad (I.11)$$

where:

$$\lambda_{LT} = \frac{XL_{cr,z}/i_z}{\left[1 + Y \left(\frac{L_{cr,z}/i_z}{h/t_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{4}}} \quad (I.12)$$

$L_{cr,z}$ is the buckling length for lateral torsional buckling

i_z is the minor axis radius of gyration of the gross section

h is the overall section depth

t_2 is the flange thickness ($t_2 = t$ for Case 2 and 4 in table.I.5)

X and Y are coefficients obtained from table I.5. For lipped channel (profile 18 in table I.8) $X = 0,95$ and $Y = 0,071$. For all Cases it is conservative to take $X = 1,0$ and $Y = 0,05$.

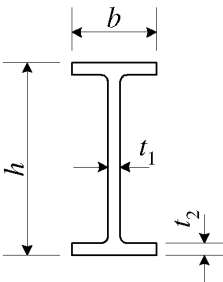
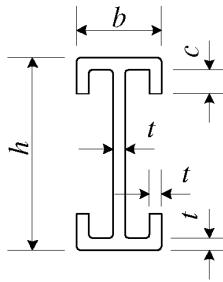
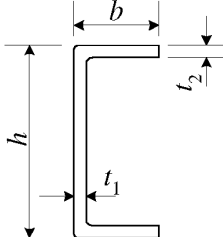
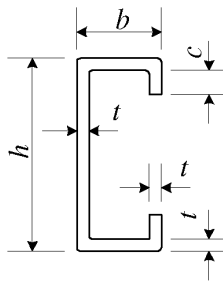
(3) If the flange reinforcement to an I-section or channel is not of the precise form shown in table I.5 (simple lips), it is still permissible to obtain λ_{LT} using the above expression, providing X and Y are taken as for an equivalent simple lip having the same internal depth c , while i_z is calculated for the section with its actual reinforcement.

(4) Normally $L_{cr,z} = 10L$, where L is actual distance between points of lateral support to the compression flange. If at these points the both flanges of the segment ends are restrained against rotation about z -axis, the length L may be reduced by the factor 0,5 in the case of theoretical full restraints, by the factor 0,7 in the case of practically achieved full restraints and by the factor 0,85 in the case of partial restraints. Such values of the buckling lengths should be increased by the factor 1,2 if the beams with the cross-sections given in table I.5 are under transverse destabilizing load applied at top flange level. For beam that is free to buckle over its whole length, the

верхньої полиці. Для балки, яка може вільно втрачати стійкість протягом своєї довжини, відсутність кінцевих розкріплень можна врахувати, ще збільшивши $L_{cr,z}$ на величину $2h$ у порівнянні зі значенням, які застосовуються в іншому випадку. Спрощені методики з I.2(2) та (3) не слід використовувати для консольних балок, якщо невідоме відповідне значення $L_{cr,z}$, у якому враховуються всі типи консольних закріплень та дестабілізуючий ефект поперечних навантажень.

absence of end-post can be allowed for by further increasing $L_{cr,z}$ by an amount $2h$ above the value that would otherwise apply. Simplified procedure in I.2(2) and (3) should not be used in the case of cantilever beams if appropriate value of $L_{cr,z}$ taking into account all type of cantilever restraints and destabilizing effect of transverse loads is not known.

Таблиця I.5 Поперечно-крутильна втрата стійкості балок, коефіцієнти X та Y
 Table I.5 Lateral-torsional buckling of beams, coefficients X and Y

<p>1</p> 	$1,5 \leq h/b \leq 4,5$ $1 \leq t_2/t_1 \leq 2$	$X = 0,90 - 0,03h/b + 0,04t_2/t_1$ $Y = 0,05 - 0,010\sqrt{(t_2/t_1 - 1)h/b}$
<p>2</p> 	$1,5 \leq h/b \leq 4,5$ $0 \leq c/b \leq 0,5$	$X = 0,94 - (0,03 - 0,07c/b)h/b - 0,3c/b$ $Y = 0,05 - 0,06c/h$
<p>3</p> 	$1,5 \leq h/b \leq 4,5$ $1 \leq t_2/t_1 \leq 2$	$X = 0,95 - 0,03h/b + 0,06t_2/t_1$ $Y = 0,07 - 0,014\sqrt{(t_2/t_1 - 1)h/b}$
<p>4</p> 	$1,5 \leq h/b \leq 4,5$ $0 \leq c/b \leq 0,5$	$X = 1,01 - (0,03 - 0,06c/b)h/b - 0,3c/b$ $Y = 0,07 - 0,10c/h$

I.3 Пружна критичка осьова сила для крутильної та крутильно-згинної втрати стійкості

I.3 Elastic critical axial force for torsional and torsional-flexural buckling

(1) Пружна критична осьова сила N_{cr} для крутильної та крутильно-згинної втрати стійкості конструкційного елемента постійного поперечного перерізу зі стандартними умовами закріплення (див. I.1.1(2)) на кожному кінці під дією рівномірного осьового навантаження, прикладеного до центру мас, визначається формулою:

(1) The elastic critical axial force N_{cr} for torsional and torsional-flexural buckling of a member of uniform cross-section, under standard conditions of restraint (see I.1.1(2)) at each end and subject to uniform axial force in the gravity center is given by:

$$(N_{cr,y} - N_{cr})(N_{cr,z} - N_{cr})(N_{cr,T} - N_{cr})i_s^2 - \alpha_{zw}z_s^2N_{cr}^2(N_{cr,y} - N_{cr}) - \alpha_{yw}y_s^2N_{cr}^2(N_{cr,z} - N_{cr}) = 0,$$

де:

where:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{k_y^2 L^2}, \tag{I.14}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{k_z^2 L^2}, \tag{I.15}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{k_w^2 L^2} \right]. \tag{I.16}$$

$I_t, I_w, I_z, k_y, k_z, k_w$ та G див. у розділі I.1.1.
 L – довжина елемента між точками поперечного закріплення.

$I_t, I_w, I_z, k_y, k_z, k_w$ and G see I.1.1.
 L is the length of the member between points that have lateral restraint.

$$i_s^2 = \frac{I_y + I_z}{A} + y_s^2 + z_s^2 \tag{1.17}$$

y_s та z_s – координати центру зсуву відносно центру ваги;
 $\alpha_{yw}(k_y, k_w)$ та $\alpha_{zw}(k_z, k_w)$ залежать від комбінації граничних умов згину та кручення, див. таблицю I.6, де символіка граничних умов для кручення розшифровується у таблиці I.7

y_s and z_s are the coordinates of the shear center related to centroid.
 $\alpha_{yw}(k_y, k_w)$ and $\alpha_{zw}(k_z, k_w)$ depend on the combinations of bending with torsion boundary conditions, see table I.6, where symbols for torsion boundary conditions are explained in table I.7

Таблиця I.6 Значення α_{yw} або α_{zw} для комбінацій граничних умов згину і кручення

Граничні умови згину, k_y чи k_z	Граничні умови кручення, k_w								
	1	0,817	0,817	0,780	a)	a)	a)	a)	a)
	0,817	1	a)	0,766	a)	a)	a)	a)	a)
	0,817	a)	1	0,766	a)	a)	a)	a)	a)
	0,780	0,766	0,766	1	a)	a)	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1

a) консервативна оцінка, брати $\alpha_{yw} = 1$ і $\alpha_{zw} = 1$

Table I.6 Values of α_{yw} or α_{zw} for combinations of bending and torsion boundary conditions

Bending boundary condition k_y or k_z	Torsion boundary condition, k_w								
	1	0,817	0,817	0,780	a)	a)	a)	a)	a)
	0,817	1	a)	0,766	a)	a)	a)	a)	a)
	0,817	a)	1	0,766	a)	a)	a)	a)	a)
	0,780	0,766	0,766	1	a)	a)	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1	a)
	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	1

a) conservatively, use $\alpha_{yw} = 1$ and $\alpha_{zw} = 1$

Таблиця I.7 Граничні умови кручення у таблиці I.6

Table I.7 Torsion boundary conditions in table I.6

Символ у таблиці I.6 Symbol in table I.6	Деформація кінця елемента Deformation of member end	Гранична умова для кручення Torsion boundary condition
		Обертання заборонене, депланація дозволена Rotation restrained, warping free
		Обертання заборонене, депланація заборонена Rotation restrained, warping restrained
		Обертання дозволене, депланація дозволена Rotation free, warping free
		Обертання дозволене, депланація заборонена Rotation free, warping restrained

(2) Для перерізів, симетричних відносно осі z , $y_s = 0$, і розв'язок рівняння (I.14) має вигляд:

$$N_{cr,1} = N_{cr,y} \quad (I.18)$$

$$N_{cr,2,3} = \frac{1}{2(1 - \alpha_{zw} z_s^2 / i_s^2)} [N_{cr,z} + N_{cr,T}] \mp \sqrt{(N_{cr,z} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,z} N_{cr,T} (1 - \alpha_{zw} z_s^2 / i_s^2)}. \quad (I.19)$$

(I.18) – згинна втрата стійкості

(I.18) – flexural buckling

(I.19) – крутильно-згинна втрата стійкості

(I.19) – torsional-flexural buckling

(3) Для подвійно-симетричних перерізів $y_s = 0$ і $z_s = 0$, а розв'язок рівняння (I.13) має вигляд:

(3) For doubly symmetrical cross sections $y_s = 0$ and $z_s = 0$ and the solution to equation (I.13) is:

$N_{cr,1} = N_{cr,y}$, $N_{cr,2} = N_{cr,z}$ (згинна форма) та $N_{cr,3} = N_{cr,T}$ (крутильна форма).

$N_{cr,1} = N_{cr,y}$, $N_{cr,2} = N_{cr,z}$ (flexural buckling) and $N_{cr,3} = N_{cr,T}$ (torsional buckling)

(4) Наближені формули гнучкості для деяких перерізів наведені у I.4(2).

(4) Slenderness based on approximate formulae for certain cross sections are given in I.4(2).

I.4 Гнучкість для крутильної та крутильно-згинної форм втрати стійкості

I.4 Slenderness for torsional and torsional-flexural buckling

(1) Загальний вираз коефіцієнта гнучкості $\bar{\lambda}_{LT}$ для крутильної та крутильно-згинної форм втрати стійкості має вигляд:

(1) The general expression for relative slenderness parameter $\bar{\lambda}_{LT}$ for torsional and torsional-flexural buckling is:

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A_{eff} f_0}{N_{cr}}} \quad (I.20)$$

де:

where:

A_{eff} – розрахункова площа для крутильної та крутильно-згинної втрати стійкості, див. 6.3.1.2, таблиця 6.7;

A_{eff} – is the effective area for torsional or torsional-flexural buckling, see 6.3.1.2, Table 6.7

N_{cr} – пружне критичне навантаження для крутильної втрати стійкості, з урахуванням взаємодії зі згинною втратою стійкості у разі потреби (крутильно-згинна втрата стійкості). Див. I.3.

N_{cr} – is the elastic critical load for torsional buckling, allowing for interaction with flexural buckling if necessary (torsional-flexural buckling). See I.3.

(2) Інакше, для перерізів з таблиці I.8:

(2) Alternatively, for sections as given in table.I.8

$$\bar{\lambda}_T = k \lambda_t \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{A_{eff} f_0}{A E}} \quad (I.21)$$

де k береться з рисунка I.3 або обчислюється за формулою:

where k is read from figure I.3 or given by the expression:

$$k = \sqrt{\frac{2Xs^2}{1+s^2 - \sqrt{(1+s^2)^2 - 4Xs^2}}}, \tag{I.22}$$

у якій $X > 0$, а s знаходиться за таблицею I.8. in which $X > 0$ and s are found in table I.8.

λ_i обчислюється за формулою:

λ_i is found as follows:

$$\lambda_i = \lambda_0 \tag{I.23}$$

(I.23) – для кутиків, таврів, хрестів

(I.23) – for angles, tees, cruciforms

$$\lambda_i = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 + Y \lambda_0^2 / \lambda_y^2}} \tag{I.24}$$

(I.24) – для мілких та глибоких швелерів
таблиця I.8 містить вирази для λ_0 та Y , а також s та X (які необхідні для обчислення (I.22) та для рисунка I.3).

(I.24) – for channels, top-hats
table I.8 contains expressions for λ_0 and Y and also for s and X (needed in expression (I.22) and for figure I.3).

У формулі (I.24) величину λ_y слід брати рівною розрахунковій гнучкості для втрати стійкості колоною відносно осі у-у (див. таблицю I.8, випадки з 15 по 18).

In expression (I.24) the quantity λ_y should be taken as the effective slenderness for column buckling about axis y-y (as defined in table I.8, Cases 15 to 18).

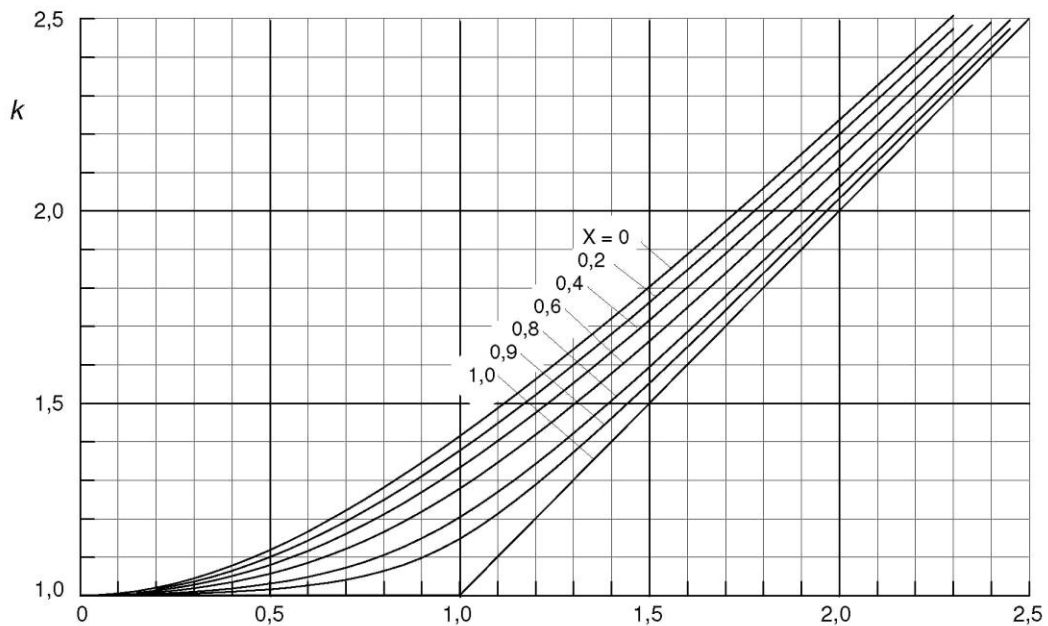


Рисунок I.3 Крутильна втрата стійкості стиснутих елементів, коефіцієнт взаємодії k
Figure I.3 Torsional buckling of struts, interaction factor k

Щоб визначити s , слід звертатися до таблиці I.8

For the definition of s , see table I.8

Таблиця І.8 Параметри крутильної втрати стійкості для стиснутих елементів

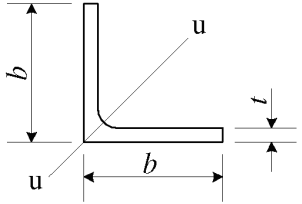
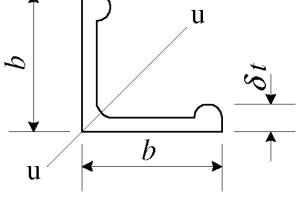
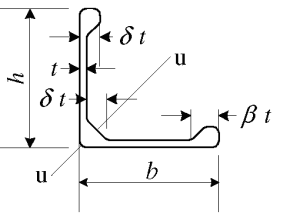
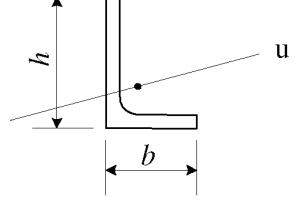
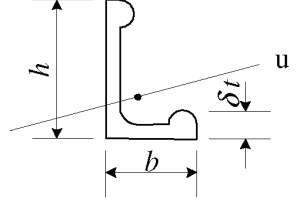
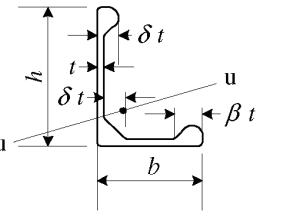
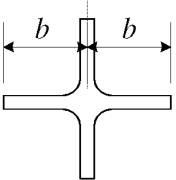
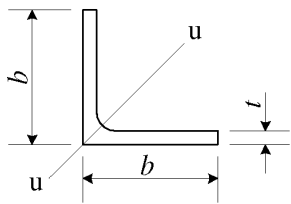
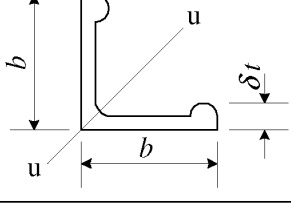
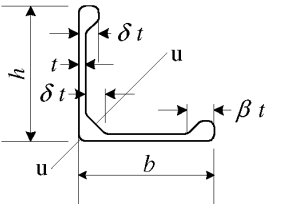
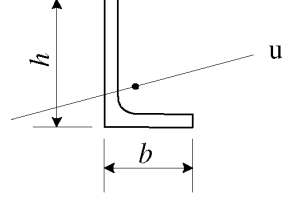
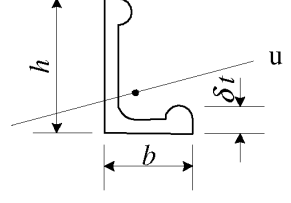
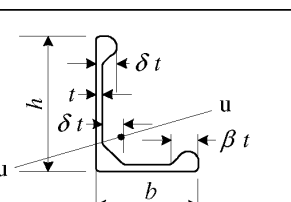
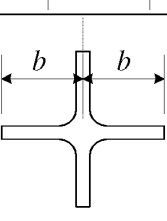
<p>1</p> 	<p>$\rho \leq 5$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 5b/t - 0,6\rho^{1,5}(b/t)^{0,5}$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$</p>
<p>2</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 5b/t - 0,6\rho^{1,5}(b/t)^{0,5} - (\delta - 1)[2(\delta - 1)^2 - 1,5\rho]$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$</p>
<p>3</p> 	<p>$b/t = 20$ $r_i/t = 2$ $\delta = 3$ $\beta \approx 4$ r_i у примітці 3</p>	<p>$\lambda_0 = 66$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,61$ (Рівнополічний)</p>
<p>4</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq b/h \leq 1$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = \frac{h}{t} \left[4,2 + 0,8 \left(\frac{b}{h} \right)^2 \right] - 0,6\rho^{1,5} \left(\frac{h}{t} \right)^{0,5}$ $s = \left[1 + 6(1 - b/h)^2 \right] \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6 - 0,4(1 - b/h)^2$</p>
<p>5</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq b/h \leq 1$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = \frac{h}{t} \left[4,2 + 0,8 \left(\frac{b}{h} \right)^2 \right] - 0,6\rho^{1,5} \left(\frac{h}{t} \right)^{0,5} + 1,5\rho(\delta - 1) - 2(\delta - 1)^3$ $s = \left[1 + 6(1 - b/h)^2 \right] \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6 - 0,4(1 - b/h)^2$</p>
<p>6</p> 	<p>$h/t = 20$ $b/t = 15$ $r_i/t = 2$ $\delta = 3, \beta \approx 4$ r_i у примітці 3</p>	<p>$\lambda_0 = 57$ $s = 1,4\lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$ (Нерівнополічний, однакові буртики)</p>
<p>7</p> 	<p>$\rho \leq 3,5$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 5,1b/t - \rho^{1,5}(b/t)^{0,5}$ $X = 1$</p>

Table I.8 Torsional buckling parameters for struts

<p>1</p> 	<p>$\rho \leq 5$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = 5b/t - 0,6\rho^{1,5} (b/t)^{0,5}$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$</p>
<p>2</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = 5b/t - 0,6\rho^{1,5} (b/t)^{0,5} - (\delta - 1)[2(\delta - 1)^2 - 1,5\rho]$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$</p>
<p>3</p> 	<p>$b/t = 20$ $r_i / t = 2$ $\delta = 3$ $\beta \approx 4$ See Note 3 for r_i</p>	<p>$\lambda_0 = 66$ $s = \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,61$ (Equal legs)</p>
<p>4</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq b/h \leq 1$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = \frac{h}{t} \left[4,2 + 0,8 \left(\frac{b}{h} \right)^2 \right] - 0,6\rho^{1,5} \left(\frac{h}{t} \right)^{0,5}$ $s = \left[1 + 6(1 - b/h)^2 \right] \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6 - 0,4(1 - b/h)^2$</p>
<p>5</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq b/h \leq 1$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = \frac{h}{t} \left[4,2 + 0,8 \left(\frac{b}{h} \right)^2 \right] - 0,6\rho^{1,5} \left(\frac{h}{t} \right)^{0,5} + 1,5\rho(\delta - 1) - 2(\delta - 1)^3$ $s = \left[1 + 6(1 - b/h)^2 \right] \lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6 - 0,4(1 - b/h)^2$</p>
<p>6</p> 	<p>$h/t = 20$ $b/t = 15$ $r_i / t = 2$ $\delta = 3, \beta \approx 4$ See Note 3 for r_i</p>	<p>$\lambda_0 = 57$ $s = 1,4\lambda_u / \lambda_0$ $X = 0,6$ (Unequal legs, equal bulbs)</p>
<p>7</p> 	<p>$\rho \leq 3,5$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = 5,1b/t - \rho^{1,5} (b/t)^{0,5}$ $X = 1$</p>

Таблиця I.8 Параметри крутильної втрати стійкості для стиснутих елементів (продовження)

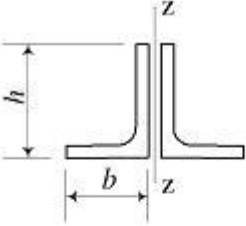
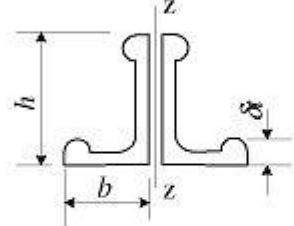
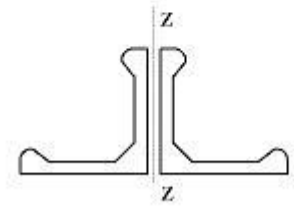
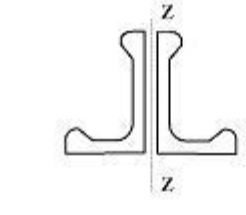
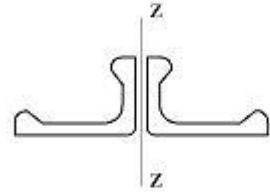
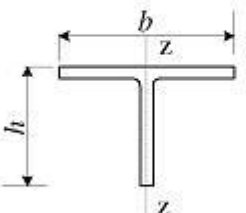
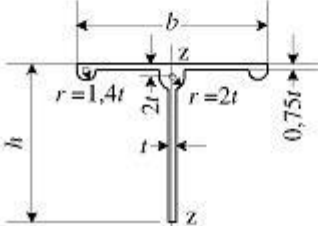
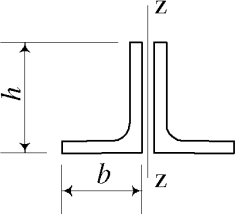
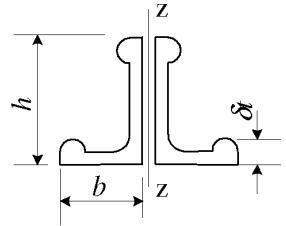
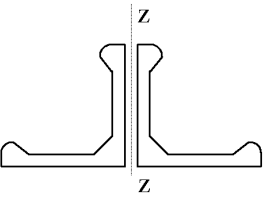
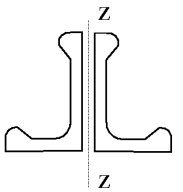
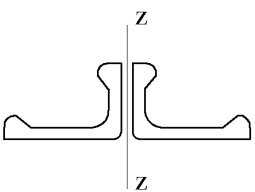
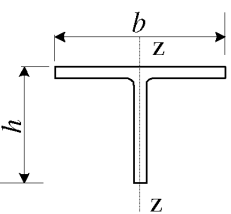
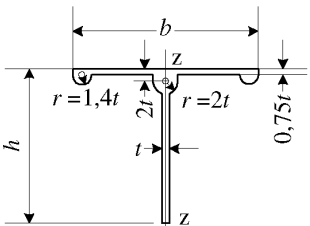
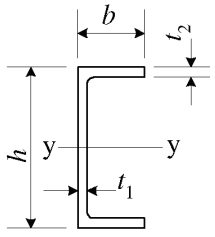
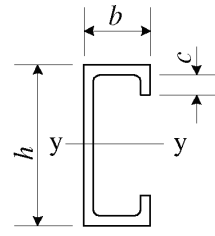
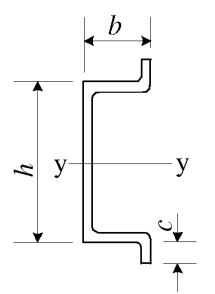
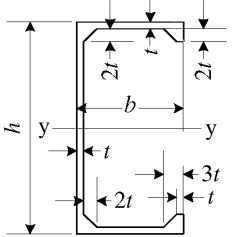
<p>8</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = [4,4 + 1,1(b/h)^2] b/t - 0,7 \rho^{1,5} (b/t)^{0,5}$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,1 - 0,3h/b$</p>
<p>9</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = [4,4 + 1,1(b/h)^2] b/t - 0,7 \rho^{1,5} (b/t)^{0,5} + 1,5 \rho (\delta - 1) - 2(\delta - 1)^3$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,1 - 0,3h/b$</p>
<p>10</p> 	<p>Форма як у випадку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 70$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,83$</p>
<p>11</p> 	<p>Форма кутиків як у випадку 6</p>	<p>$\lambda_0 = 60$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,76$</p>
<p>12</p> 	<p>Форма кутиків як у випадку 6</p>	<p>$\lambda_0 = 63$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,89$</p>
<p>13</p> 	<p>$\rho \leq 3,5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ Про ρ див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = (1,4 + 1,5b/h + 1,1h/b) h/t - \rho^{1,5} (h/t)^{0,5}$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,3 - 0,8h/b + 0,2(h/b)^2$</p>
<p>14</p> 	<p>$h/t = 25$ $b/h = 1,2$ $r_1/t = 0,5$ Про r_1 див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 65$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,78$</p>

Table I.8 Torsional buckling parameters for struts (continued)

<p>8</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = \left[4,4 + 1,1(b/h)^2 \right] b/t - 0,7\rho^{1,5} (b/t)^{0,5}$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,1 - 0,3h/b$</p>
<p>9</p> 	<p>$\rho \leq 5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ $1 \leq \delta \leq 2,5$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = \left[4,4 + 1,1(b/h)^2 \right] b/t - 0,7\rho^{1,5} (b/t)^{0,5} + 1,5\rho(\delta - 1) - 2(\delta - 1)^3$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,1 - 0,3h/b$</p>
<p>10</p> 	<p>Shape of angles as Case 3.</p>	<p>$\lambda_0 = 70$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,83$</p>
<p>11</p> 	<p>Shape of angles as Case 6.</p>	<p>$\lambda_0 = 60$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,76$</p>
<p>12</p> 	<p>Shape of angles as Case 6.</p>	<p>$\lambda_0 = 63$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,89$</p>
<p>13</p> 	<p>$\rho \leq 3,5$ $0,5 \leq h/b \leq 2$ See Note 3 for ρ</p>	<p>$\lambda_0 = (1,4 + 1,5b/h + 1,1h/b)h/t - \rho^{1,5} (h/t)^{0,5}$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 1,3 - 0,8h/b + 0,2(h/b)^2$</p>
<p>14</p> 	<p>$h/t = 25$ $b/h = 1,2$ $r_i/t = 0,5$ See Note 3 for r_i</p>	<p>$\lambda_0 = 65$ $s = \lambda_z / \lambda_0$ $X = 0,78$</p>

Таблиця I.8 Параметри крутильної втрати стійкості для стиснутих елементів (продовження)

<p>15</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $1 \leq t_2/t_1 \leq 2$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t_2)(7 + 1,5(h/b)t_2/t_1)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2$ $Y = 0,14 - 0,02h/b - 0,02t_2/t_1$</p>
<p>16</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $c/b \leq 0,4$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t)(7 + 1,5h/b + 5c/b)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2 - 0,25c/b$ $Y = 0,12 - 0,02h/b + \frac{0,6(c/b)^2}{h/b - 0,5}$</p>
<p>17</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $c/b \leq 0,4$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t)(7 + 1,5h/b + 5c/b)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2$ $Y = 0,12 - 0,02h/b - \frac{0,05c/b}{h/b - 0,5}$</p>
<p>18</p> 	<p>$h/t = 32$ $b/h = 0,5$ $r_i/t = 2$ Про r_i див. примітку 3</p>	<p>$\lambda_0 = 126$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,59$ $Y = 0,104$</p>

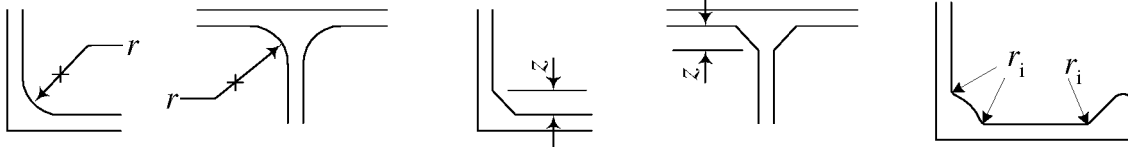
1) Перерізи загалом мають сталу товщину t , окрім випадків 14 і 15.

2) λ_u, λ_y або λ_z — гнучкість для згинальної втрати стійкості відносно осей u, y або z ;

3) ρ — коефіцієнт, який залежить від об'єму матеріалу у внутрішньому куті перерізу наступним чином:

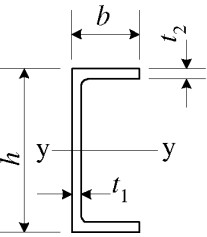
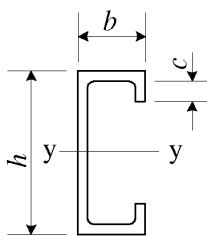
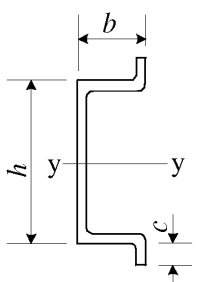
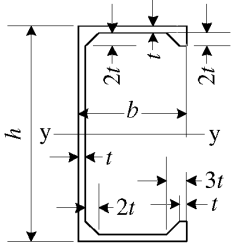
загнута галтель: $\rho = r/t$
 галтель під 45°: $\rho = 1,6z/t$

r_i — внутрішній радіус



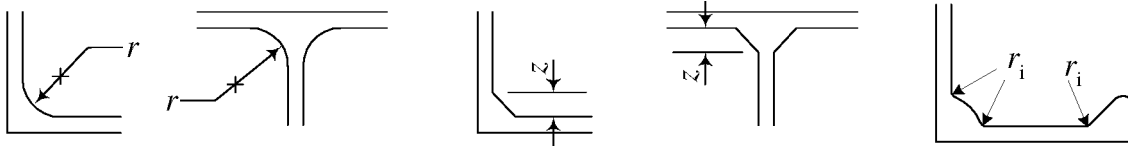
4) Значення для λ_0, X та Y дійсні тільки в обумовлених межах. У випадку кутиків, скріплених зовнішніми гранями (випадки з 8 по 12) вирази недейсні, якщо проміжок між кутиками більший за $2t$.

Table I.8 Torsional buckling parameters for struts (continued)

<p>15</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $1 \leq t_2/t_1 \leq 2$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t_2)(7 + 1,5(h/b)t_2/t_1)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2$ $Y = 0,14 - 0,02h/b - 0,02t_2/t_1$</p>
<p>16</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $c/b \leq 0,4$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t)(7 + 1,5h/b + 5c/b)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2 - 0,25c/b$ $Y = 0,12 - 0,02h/b + \frac{0,6(c/b)^2}{h/b - 0,5}$</p>
<p>17</p> 	<p>$1 \leq h/b \leq 3$ $c/b \leq 0,4$</p>	<p>$\lambda_0 = (b/t)(7 + 1,5h/b + 5c/b)$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,38h/b - 0,04(h/b)^2$ $Y = 0,12 - 0,02h/b - \frac{0,05c/b}{h/b - 0,5}$</p>
<p>18</p> 	<p>$h/t = 32$ $b/h = 0,5$ $r_i/t = 2$ See Note 3 for r_i</p>	<p>$\lambda_0 = 126$ $s = \lambda_y / \lambda_t$ $X = 0,59$ $Y = 0,104$</p>

- 1) The sections are generally of uniform thickness t , except Cases 14 and 15
- 2) λ_u, λ_y or λ_z is the slenderness for flexural buckling about u, y or z axis
- 3) ρ is a factor depending on the amount of material at the root of the section as follows:
 radiused fillet $\rho = r/t$
 45° fillets $\rho = 1,6z/t$

r_i is inner radius



4) The values given for λ_0, X and Y are only valid within the limits shown. In the case of back-to-back angles (Cases 8 to 12) the expressions cease to apply if the gap between the angles exceeds $2t$.

ДОДАТОК J [ДОВІДКОВИЙ] – ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕРІЗІВ

ANNEX J [INFORMATIVE] – PROPERTIES OF CROSS SECTIONS

J.1 Константа кручення I_t

J.1 Torsion constant I_t

(1) Для відкритого тонкостінного перерізу, який складається виключно з плоских пластин однакової товщини, підсилених буртиками та/або галтелями, значення константи кручення I_t визначається формулою

(1) For an open thin-walled section composed solely of flat plate parts, each of uniform thickness, and reinforced with fillets and/or bulbs, the value of the torsion constant I_t is given by

$$I_t = \sum b_{sh} t^3 / 3 - 0,105 \sum t^4 + \sum (\beta + \delta \gamma)^4 t^4, \quad (J.1)$$

де перша сума відноситься до плоских пластин, другий член враховує вільні кінці пластин без буртиків, а остання сума описує галтелі та буртики; також
 t – товщина плоских частин перерізу;
 β , δ та γ – коефіцієнти урахування галтелей та буртиків, див. рисунок J.1, випадки 3-11;
 b_{sh} – ширина плоских частин перерізу, вимірювана у габаритах заштрихованої області на рисунку J.1 у випадку, якщо плоска частина перерізу має буртик або галтель.

in which the first sum concerns flat plates, second term is applied to free ends of flat plates without bulbs only and last sum concerns fillets or bulbs and:
 t = thickness of flat cross-section parts
 β , δ and γ are fillet or bulb factors, see figure J.1, Case 3 to 11
 b_{sh} = width of flat cross-section parts, measured to the edge of the shaded area in figure J.1 in the case of a flat cross-section part abutting a fillet or bulb.

(2) Для випадків 1 і 2 на рисунку J.1, при різних товщинах t_1 та t_2 :

(2) For Case 1 and 2 in figure J.1, with different thickness t_1 and t_2

$$I_t = \sum bt^3 / 3 - 0,105 \sum t^4 + \sum \alpha D^4, \quad (J.1a)$$

де α та δ – коефіцієнти урахування галтелі, а D – діаметр вписаного кола, див. рисунок J.1

in which α and δ are fillet factors and D is diameter of inscribed circle, see figure J.1.

3) Для простого прямокутного перерізу за будь-якого $b/t > 1$,

3) For a simple rectangular cross-section with any b/t ratio > 1

$$I_t = \frac{bt^3}{3} \left(1 - 0,63 \frac{t}{b} + 0,052 \frac{t^5}{b^5} \right). \quad (J.2)$$

J.2 Розташування центрів зсуву S

J.2 Position of shear centre S

(1) На рисунку J.2 показане розташування центру зсуву у деяких поперечних перерізах. Див. J.4 та J.5 про відкриті тонкостінні перерізи та J.6 про закриті білатерально симетричні перерізи.

(1) Figure J.2 gives the position of the shear centre for a number of cross-sections. See J.4 and J.5 for open thin-walled cross sections and J.6 for mono-symmetrical closed cross sections.

J.3 Константа депланації I_w

(1) Значення константи депланації I_w для деяких форм поперечних перерізів можна знайти таким чином:

а) якщо переріз складається виключно з консольних частин, які виходять з одного центру (наприклад, тавр, кутик, хрест), то I_w можна консервативно оцінити як нуль або

$$I_w = \sum b^3 t^3 / 36, \quad (\text{J.3})$$

де b є шириною, а t – товщиною виступаючих частин перерізу, див. кутик і тавр на рисунку J.2.

б) для простого прямокутного перерізу $b/t > 1$

$$I_w = \frac{b^3 t^3}{144} \left(1 - 4,884 \frac{t^2}{b^2} + 4,97 \frac{t^3}{b^3} - 1,067 \frac{t^5}{b^5} \right). \quad (\text{J.4})$$

J.3 Warping constant I_w

(1) Values of the warping constant I_w for certain types of cross-section may be found as follows:

a) for sections composed entirely of radiating outstands e.g. angles, tees, cruciforms, I_w may conservatively be taken as zero or

where b is the width and t is thickness of outstand cross-section parts, see *L*-section and *T*-section in figure. J.2.

b) for simple rectangular cross-section with any b/t ratio > 1

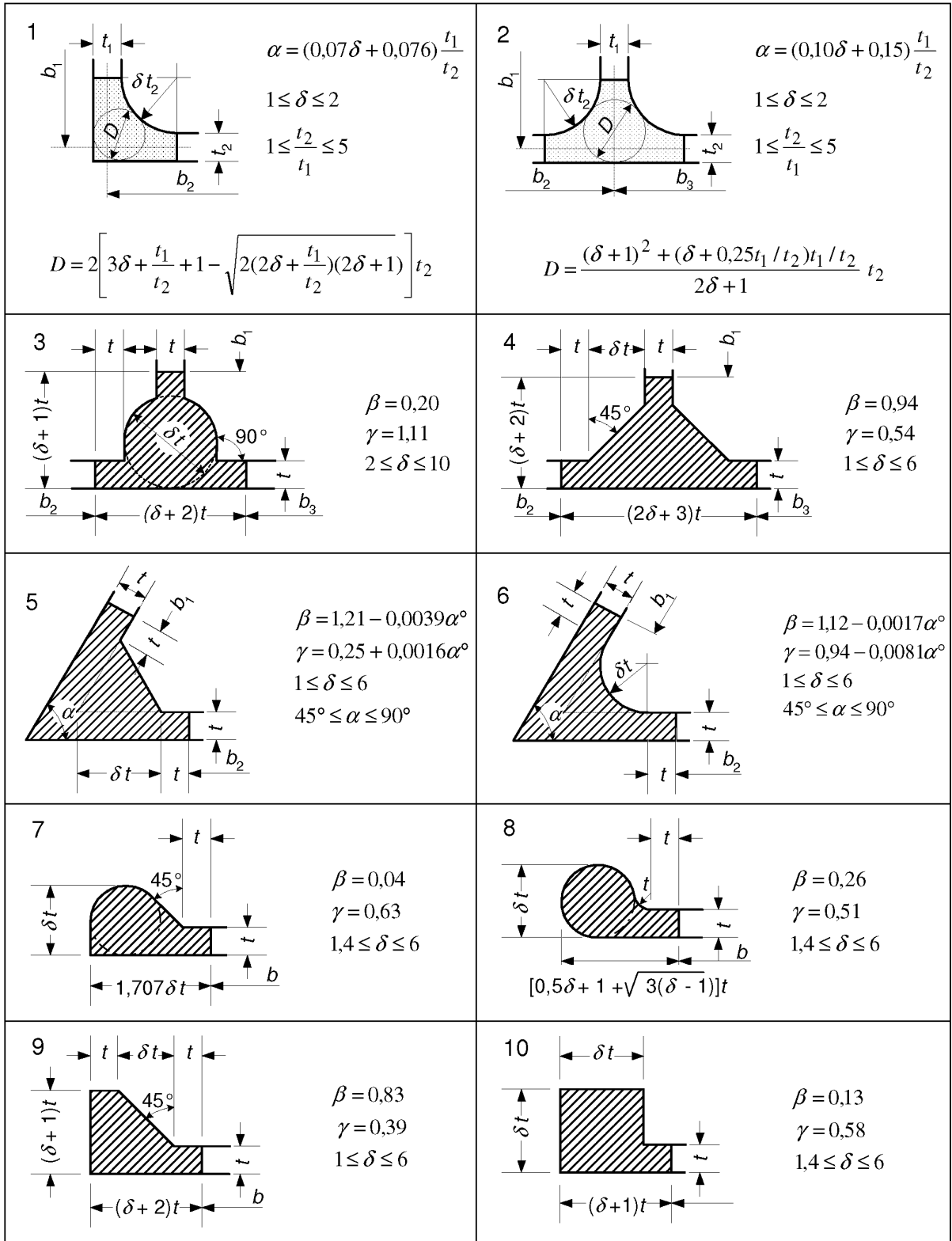


Рисунок J.1 Коефіцієнти при крученні для деяких видів галтелей та буртиків
 Figure J.1 Torsion constant factors for certain fillets and bulbs

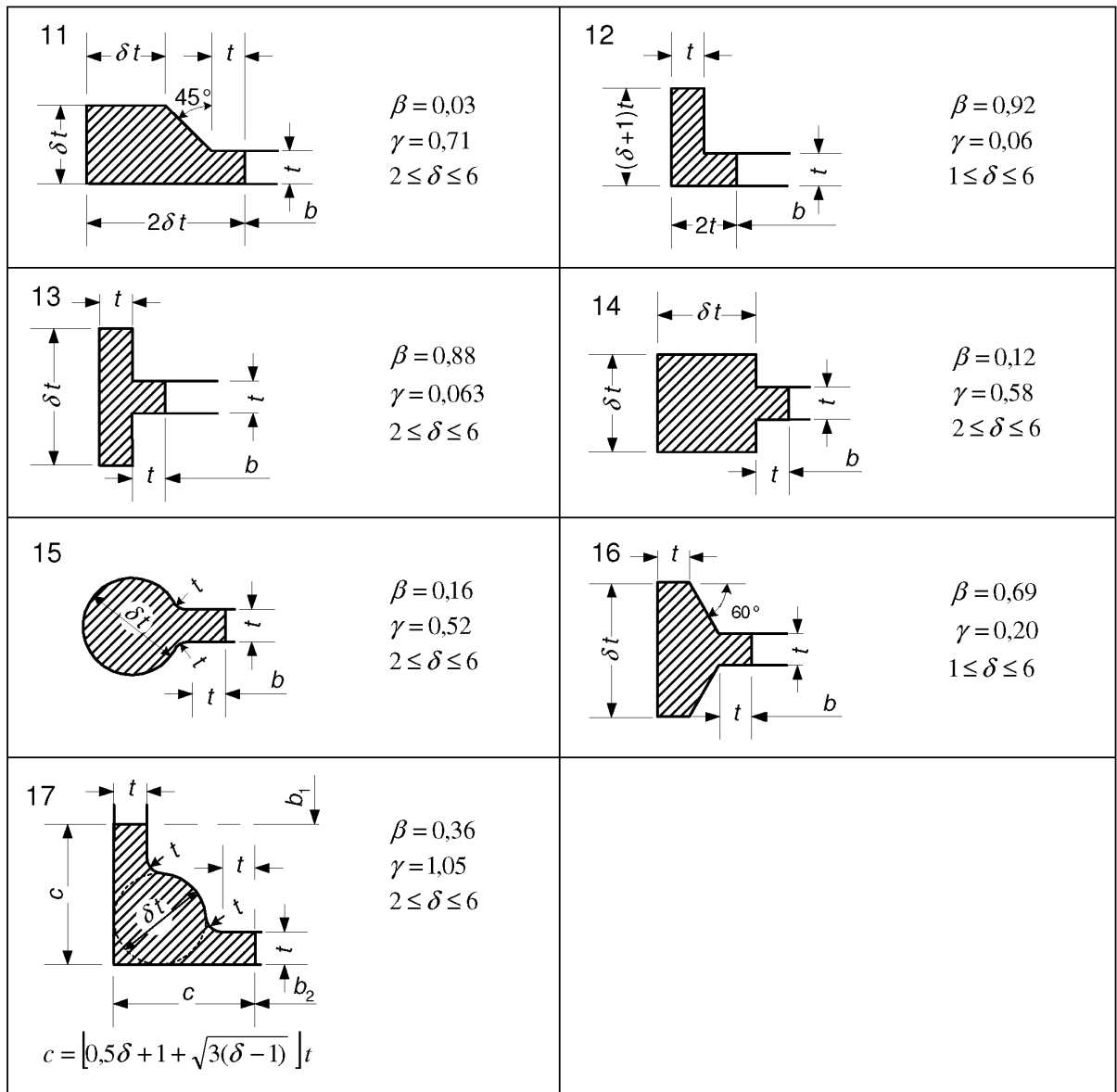


Рисунок J.1 Коэффициенты при кручении для некоторых видов галтелей та буртиків (продовження)
 Figure J.1 Torsion constant factors for certain fillets and bulbs (continued)

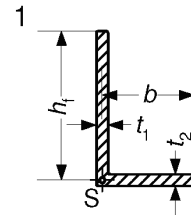
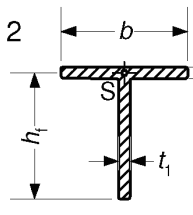
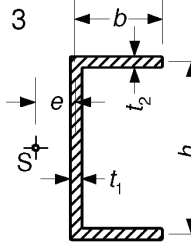
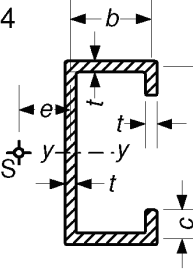
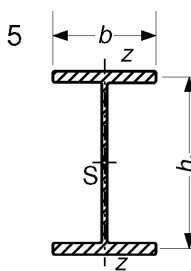
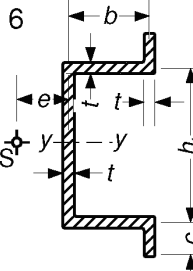
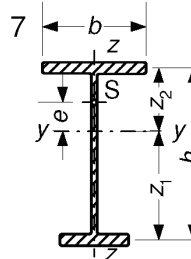
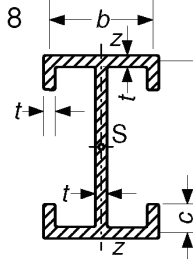
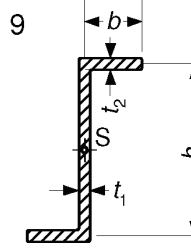
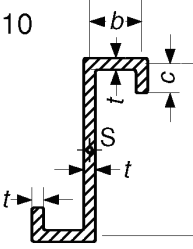
<p>1</p>  $I_w = \frac{h_f^3 t_1^3 + b^3 t_2^3}{36}$	<p>2</p>  $I_w = \frac{h_f^3 t_1^3}{36} + 2 \frac{(b/2)^3 t_2^3}{36}$
<p>3</p>  $e = \frac{3b^2 t_2}{h_f t_1 + 6bt_2}$ $I_w = \frac{h_f^2 b^3 t_2}{12} \cdot \frac{2h_f t_1 + 3bt_2}{h_f t_1 + 6bt_2}$	<p>4</p>  $e = \frac{h_f^2 b^2 t}{I_y} \left(\frac{1}{4} + \frac{c}{2b} - \frac{2c^3}{3h_f^2 b} \right)$ $I_w = \frac{b^2 t}{6} (4c^3 + 6h_f c^2 + 3h_f^2 c + h_f^2 b) - e^2 I_y$
<p>5</p>  $I_w = \frac{h_f^2 I_z}{4}$	<p>6</p>  $e = \frac{h_f^2 b^2 t}{I_y} \left(\frac{1}{4} + \frac{c}{2b} - \frac{2c^3}{3h_f^2 b} \right)$ $I_w = \frac{b^2 t}{6} (4c^3 - 6h_f c^2 + 3h_f^2 c + h_f^2 b) - e^2 I_y$
<p>7</p>  $e = \frac{z_1 I_1 - z_2 I_2}{I_z}$ $I_w = \frac{h_f^2 I_1 I_2}{I_z}$ <p>де I_1 та I_2 - моменти інерції полиць відносно осі z-z</p>	<p>8</p>  $I_w = \frac{h_f^2 I_y}{4} + \frac{c^2 b^2 t}{6} (3h_f + 2c)$
<p>9</p>  $I_w = \frac{h_f^2 b^3 t_2}{12} \cdot \frac{2h_f t_1 + bt_2}{h_f t_1 + 2bt_2}$	<p>10</p>  $I_w = \frac{b^2 t}{12(2b + h_f + 2c)} \times (h_f^2 (b^2 + 2bh_f + 4bc + 6h_f c) + 4c^2 (3bh_f + 3h_f^2 + 4bc + 2h_f c + c^2))$

Рисунок J.2 Розташування центрів зсуву S та константи депланації I_w для деяких тонкостінних перерізів

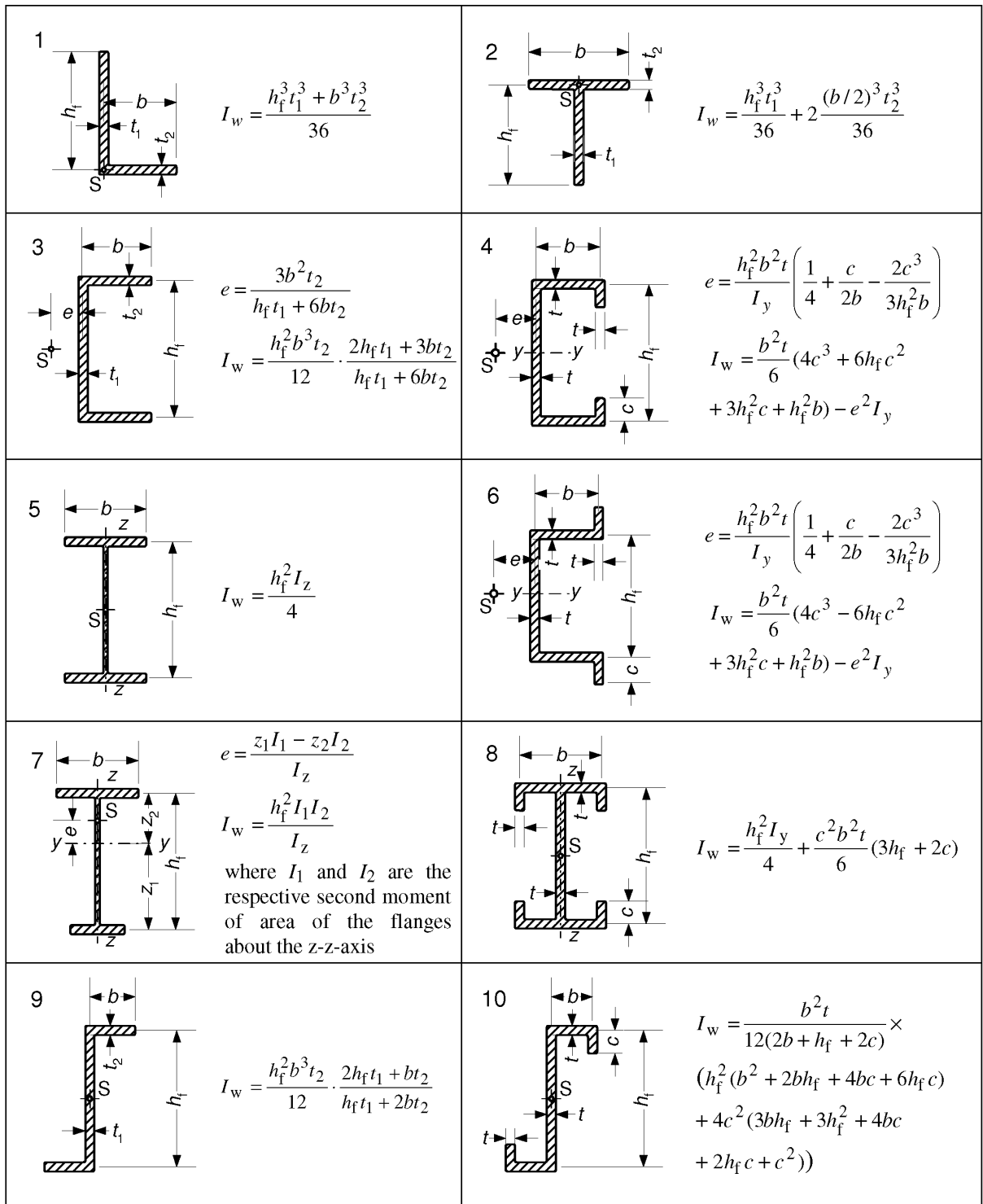


Figure J.2 Shear-centre position S and warping constant I_w for certain thin-walled sections

J.4 Характеристики відкритих тонкостінних перерізів

(1) Поперечний переріз ділиться на n фрагментів, які нумеруються від 1 до n . Між фрагментами вставляються вузли. Кількість вузлів – від 0 до n . Таким чином, фрагмент номер z визначається вузлами $i-1$ та i . З вузлами асоціюються координати та (розрахункова) товщина.

Вузли та фрагменти $j = 0..n, i = 1..n$

Площа фрагментів перерізу:

$$dA_i = \left[t_i \cdot \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2} \right] . \tag{J.5}$$

Площа перерізу:

J.4 Cross section constants for open thin-walled cross sections

(1) Divide the cross section into n parts. Number the parts 1 to n . Insert nodes between the parts. Number the nodes 0 to n . Part z is then defined by nodes $i-1$ and i . Give nodes, co-ordinates and (effective) thickness.

Nodes and parts $j = 0..n, i = 1..n$

Area of cross section parts

Cross section area

$$A = \sum_{i=1}^n dA_i . \tag{J.6}$$

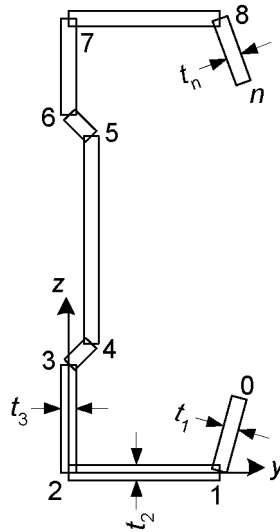


Рисунок J.3 Вузли перерізу
Figure J.3 Cross section nodes

Перший момент площі перерізу відносно осі j та координати центру ваги:

$$S_{y0} = \sum_{i=1}^n (z_i + z_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{2}$$

Момент інерції відносно первинної осі y та нової осі y , яка проходить через центр ваги:

$$I_{y0} = \sum_{i=1}^n \left[(z_i)^2 + (z_{i-1})^2 + z_i \cdot z_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_y = I_{y0} - A \cdot z_{gs}^2 . \tag{J.8}$$

Статичний момент площі перерізу відносно осі z та координати центру ваги:

$$S_{z0} = \sum_{i=1}^n (y_i + y_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{2}$$

First moment of area with respect to j -axis and coordinate for gravity centre

$$z_{gc} = \frac{S_{y0}}{A} . \tag{J.7}$$

Second moment of area with respect to original y -axis and new y -axis through gravity centre

First moment of area with respect to z -axis and gravity centre

$$y_{gc} = \frac{S_{z0}}{A} . \tag{J.9}$$

Момент інерції площі відносно первинної осі z та нової осі z , яка проходить через центр ваги:

$$I_{z0} = \sum_{i=1}^n \left[(y_i)^2 + (y_{i-1})^2 + y_i \cdot y_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_z = I_{z0} - A \cdot y_{gs}^2. \quad (J.10)$$

Second moment of area with respect to original z -axis and new z -axis through gravity centre

Змішаний момент площі перерізу відносно первинних осей y та z , а також нових осей, які проходять через центр ваги:

$$I_{yz0} = \sum_{i=1}^n (2 \cdot y_i - 1 \cdot z_{i-1} + 2 \cdot y_i \cdot z_i + y_{i-1} \cdot z_i + y_i \cdot z_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{yz} = I_{yz0} - \frac{S_{y0} \cdot S_{z0}}{A}. \quad (J.11)$$

Product moment of area with respect of original y -and z -axis and new axes through gravity centre

Головна вісь:

Principal axis

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2I_{yz}}{I_z - I_y} \right) \quad (J.12)$$

(J.12) – при $(I_z - I_y) \neq 0$, інакше $\alpha=0$

(J.12) – if $(I_z - I_y) \neq 0$, otherwise $\alpha=0$

$$I_\xi = \frac{1}{2} \cdot \left[I_y + I_z + \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4 \cdot I_{yz}^2} \right]; \quad (J.13)$$

$$I_\eta = \frac{1}{2} \cdot \left[I_y + I_z - \sqrt{(I_z - I_y)^2 + 4 \cdot I_{yz}^2} \right]. \quad (J.14)$$

Секторіальні координати:

Sectorial co-ordinates

$$\omega_0 = 0 \quad \omega_{0i} = y_{i-1} \cdot z_i - y_i \cdot z_{i-1} \quad \omega_i = \omega_{i-1} + \omega_{0i}. \quad (J.15)$$

Середні значення секторіальних координат:

Mean of sectorial coordinate

$$I_\omega = \sum_{i=1}^n (\omega_{i-1} + \omega_i) \cdot \frac{dA_i}{2} \quad \omega_{mean} = \frac{I_\omega}{A}. \quad (J.16)$$

Секторіальні константи:

Sectorial constants

$$I_{y\omega0} = \sum_{i=1}^n (2 \cdot y_{i-1} \cdot \omega_{i-1} + 2 \cdot y_i \cdot \omega_i + y_{i-1} \cdot \omega_i + y_i \cdot \omega_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{y\omega} = I_{y\omega0} \frac{S_{z0} \cdot I_\omega}{A}; \quad (J.17)$$

$$I_{z\omega0} = \sum_{i=1}^n (2 \cdot \omega_{i-1} \cdot z_{i-1} + 2 \cdot \omega_i \cdot z_i + \omega_{i-1} \cdot z_i + \omega_i \cdot z_{i-1}) \cdot \frac{dA_i}{6} \quad I_{z\omega} = I_{z\omega0} - \frac{S_{y0} \cdot I_\omega}{A}; \quad (J.18)$$

$$I_{\omega\omega0} = \sum_{i=1}^n \left[(\omega_i)^2 + (\omega_{i-1})^2 + \omega_i \cdot \omega_{i-1} \right] \cdot \frac{dA_i}{3} \quad I_{\omega\omega} = I_{\omega\omega0} - \frac{I_\omega^2}{A}. \quad (J.19)$$

Центр зсуву:

Shear center:

$$y_{sc} = \frac{I_{z\omega} I_z - I_{y\omega} I_{yz}}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2} \quad z_{sc} = \frac{-I_{y\omega} I_y - I_{z\omega} I_{yz}}{I_y \cdot I_z - I_{yz}^2} \quad (I_y \cdot I_z - I_{yz}^2 \neq 0). \quad (J.20)$$

Константа депланації:

Warping constant:

$$I_w = I_{\omega\omega} + z_{sc} \cdot I_{y\omega} - y_{sc} \cdot I_{z\omega}. \quad (J.21)$$

Константи кручення:

Torsion constants

$$I_t = \sum_{i=1}^n dA_i \cdot \frac{(t_i)^2}{3} \quad W_t = \frac{I_t}{\min(t)}. \quad (J.22)$$

Секторіальні координати відносно центру зсуву:

Sectorial co-ordinate with respect to shear centre

$$\omega_{s_j} = \omega_j - \omega_{mean} + z_{sc} \cdot (y_j - y_{gc}) - y_{sc} \cdot (z_j - z_{gc}). \quad (J.23)$$

Максимальна секторіальна координата і модуль депланації:

Maximum sectorial co-ordinate and warping modulus:

$$\omega_{max} = \max(|\omega_s|) \quad W_w = \frac{I_w}{\omega_{max}} \quad (J.24)$$

Відстань від центру зсуву до центру мас:

Distance between shear centre and gravity centre:

$$y_s = y_{sc} - y_{gc} \quad z_s = z_{sc} - z_{gc} \quad (J.25)$$

Полярний момент площі відносно центру зсуву:

Polar moment of area with respect to shear centre

$$I_p := I_y + I_z + A(y_s^2 + z_s^2) \quad (J.26)$$

Коефіцієнти асиметрії z_j та y_j згідно з Додатком І:

Non-symmetry factors z_j and y_j according to Annex I:

$$z_j = z_s - \frac{0.5}{I_y} \times \sum_{i=1}^n \left[(z_{c_i})^3 + z_{c_i} \cdot \left[\frac{(z_i - z_{i-1})^2}{4} + (y_{c_i})^2 + \frac{(y_i - y_{i-1})^2}{12} \right] + y_{c_i} \cdot \frac{(y_i - y_{i-1}) \cdot (z_i - z_{i-1})}{6} \right] \cdot dA_i ; \quad (J.27)$$

$$y_j = y_s - \frac{0.5}{I_z} \times \sum_{i=1}^n \left[(y_{c_i})^3 + y_{c_i} \cdot \left[\frac{(y_i - y_{i-1})^2}{4} + (z_{c_i})^2 + \frac{(z_i - z_{i-1})^2}{12} \right] + z_{c_i} \cdot \frac{(z_i - z_{i-1}) \cdot (y_i - y_{i-1})}{6} \right] \cdot dA_i , \quad (J.28)$$

де координати центрів фрагментів перерізу відносно центру зсуву:

where the coordinates for the centre of the cross section parts with respect to shear center are

$$y_{c_i} = \frac{y_i + y_{i-1}}{2} - y_{gc} \quad z_{c_i} = \frac{z_i + z_{i-1}}{2} - z_{gc} \quad (J.29)$$

ПРИМІТКА. $z_j = 0$ ($y_j = 0$) для перерізів із віссю симетрії y (z), див. рисунок J.3.

NOTE. $z_j = 0$ ($y_j = 0$) for cross sections with y -axis (z -axis) being axis of symmetry, see Figure J.3

J.5 Характеристики відкритих перерізів з відгалуженнями

J.5 Cross section constants for open cross section with branches

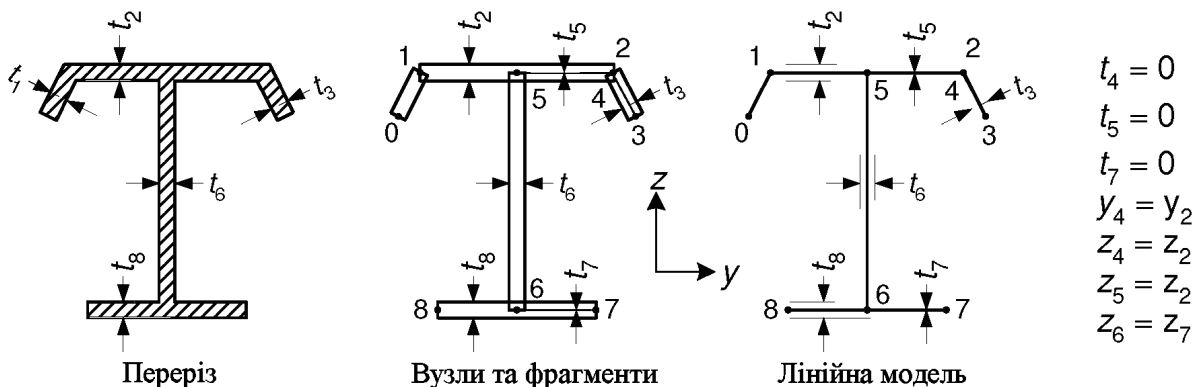


Рисунок J.4 Вузли та фрагменти у перерізі з відгалуженнями
Figure J.4 Nodes and parts in a cross section with branches

(1) У перерізах з відгалуженнями можна користуватися формулами з розділу 0. Однак слід переходити по гілках туди й назад (підставляючи товщину $t = 0$) відносно фрагмента ненульової товщини ($t \neq 0$), див. гілки 3-4-5 та 6-7 на рисунку J.4.

(1) In cross sections with branches, formulae in 0 can be used. However, follow the branching back (with thickness $t = 0$) to the next part with thickness $t \neq 0$, see branch 3-4-5 and 6-7 in fig J.4.

J.6 Константа кручення і центр зсуву перерізів із замкнутими фрагментами

J.6 Torsion constant and shear center of cross section with closed part

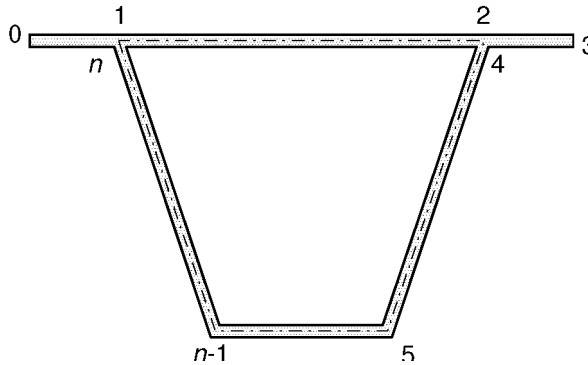


Рисунок J.5 Переріз, який містить замкнутий фрагмент
Figure J.5 Cross section with closed part

(1) Для симетричного або несиметричного перерізу, до складу якого входить замкнена частина, див. рисунок J.5, константа кручення визначається формулою:

(1) For a symmetric or non-symmetric cross section with a closed part, figure J.5, the torsion constant is given by:

$$I_t = \frac{4A_t^2}{S_t} \text{ i (and) } W_t = 2A_t \min(t_i), \tag{J.30}$$

де

where

$$A_t = 0,5 \sum_{i=2}^n (y_i - y_{i-1})(z_i - z_{i-1}); \tag{J.31}$$

$$S_t = \sum_{i=2}^n \frac{\sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (z_i - z_{i-1})^2}}{t_i}. \tag{J.32}$$

ДОДАТОК К [ДОВІДКОВИЙ] – ЕФЕКТ ЗАПІЗНЕННЯ ЗСУВУ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТА

К.1 Загальні положення

(1) Ефект запізнення зсуву можна ігнорувати за умови, що $b_0 < L_e / 50$, де ширина полиці b_0 береться як довжина консольної частини або половина ширини внутрішньої частини перерізу, а L_e – відстань між точками нульового згинального моменту, див. К.2.1 (2).

ПРИМІТКА. У Національному додатку можна визначити, коли слід нехтувати ефектом запізнення зсуву у граничних станах за втратою несучої здатності. Критерій $b_0 < L_e / 25$ рекомендується для зон опираючих консолей та областей із зосередженими навантаженнями. Для областей згину з провисанням рекомендується $b_0 < L_e / 15$.

(2) Якщо вищевказана межа порушується, то ефект запізнення зсуву полиць слід враховувати у перевірках граничних станів за втратою придатності до експлуатації та за втратою, застосовуючи розрахункову ширину згідно з К.2.1 і розподіл напружень згідно з К.2.2. Розрахункову ширину для граничних станів за втратою несучої здатності див. у К.3.

(3) Напруження у пружній області роботи від передачі локальних навантажень у площині на стінку перерізу через його полицю слід визначати згідно з К.2.3.

К.2 Розрахункова ширина для ефекту запізнення зсуву у пружній області

К.2.1 Коефіцієнт розрахункової ширини для запізнення зсуву

(1) Розрахункова ширина b_{eff} для врахування ефекту запізнення зсуву під дією дотичних напружень у пружній області роботи визначається за формулою:

$$b_{eff} = \beta_s b_0, \quad (\text{K.1})$$

ANNEX K [INFORMATIVE] – SHEAR LAG EFFECTS IN MEMBER DESIGN

K.1 General

(1) Shear lag in flanges may be neglected provided that $b_0 < L_e / 50$ where the flange width b_0 is taken as the outstand or half the width of an internal cross section part and L_e is the length between points of zero bending moment, see K.2.1(2).

NOTE. The National Annex may give rules where shear lag in flanges may be neglected at ultimate limit states $b_0 < L_e / 25$ is recommended for support regions, cantilevers and region with concentrated load. For sagging bending regions $b_0 < L_e / 15$ is recommended.

(2) Where the above limit is exceeded the effect of shear lag in flanges should be considered at serviceability and fatigue limit state verifications by the use of an effective width according to K.2.1 and a stress distribution according to K.2.2. For effective width at the ultimate limit states, see K.3.

(3) Stresses under elastic conditions from the introduction of in-plane local loads into the web through flange should be determined from K.2.3.

K.2 Effective width for elastic shear lag

K.2.1 Effective width factor for shear lag

(1) The effective width b_{eff} for shear lag under elastic condition should be determined from:

де коефіцієнт розрахункової ширини β_s береться з таблиці К.1.

where the effective factor β_s is given in table К.1.

ПРИМІТКА. Ця розрахункова ширина може застосовуватися до граничних станів за втратою придатності до експлуатації.

NOTE. This effective width may be relevant for serviceability limit states.

(2) За умови, що сусідні внутрішні прогони не відрізняються більше, ніж на 50%, а консольний прогін не довший за половину сусіднього прогону, розрахункову ширину L_e можна визначити за рисунком К.1. У інших випадках L_e слід брати рівною відстані між сусідніми точками нульового згинального моменту.

(2) Provided adjacent internal spans do not differ more than 50 % and cantilever span is not larger than half the adjacent span the effective length L_e may be determined from figure К.1. In other cases L_e should be taken as distance between adjacent points of zero bending moment.

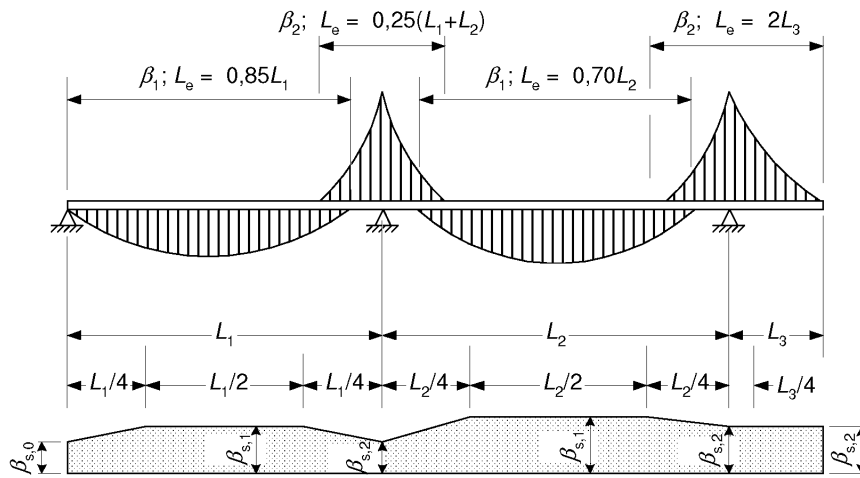
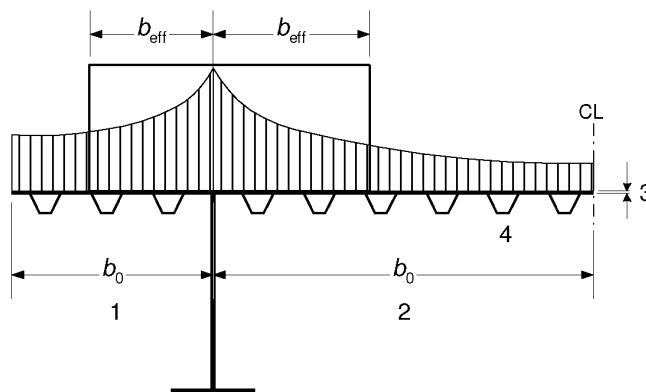


Рисунок К.1 Розрахункова довжина L_e для нерозрізних балок та розподіл розрахункової ширини

Figure К.1 Effective length L_e for continuous beam and distribution of effective width



1 – для консольної полиці; 2 – для внутрішньої полиці;
3 – товщина пластини t ; 4 – елементи жорсткості з $A_{st} = \sum A_{st,i}$

1 for outstand flange, 2 for internal flange, 3 plate thickness t ,
4 stiffeners with $A_{st} = \sum A_{st,i}$

Рисунок К.2 Позначення для ефекту зсуву полиць

Figure К.2 Definitions of notations for shear lag

Таблиця К.1 Коефіцієнт розрахункової ширини β_s
Table K.1 Effective width factor β_s

κ	Область перевірки Location for verification	β_s
$\kappa \leq 0,02$		$\beta_s = 1,0$
$0,02 < \kappa \leq 0,70$	Згин з провисанням sagging bending	$\beta_s = \beta_{s,1} = \frac{1}{1 + 6,4\kappa^2}$
	Згин з підйомом hogging bending	$\beta_s = \beta_{s,2} = \frac{1}{1 + 6,0(\kappa - 0,0004/\kappa) + 1,6\kappa^2}$
$\kappa > 0,70$	Згин з провисанням sagging bending	$\beta_s = \beta_{s,1} = \frac{1}{5,9\kappa}$
	Згин з підйомом hogging bending	$\beta_s = \beta_{s,1} = \frac{1}{8,6\kappa}$
Все (All) κ	Опори на кінці end support	$\beta_{s,0} = (0,55 + 0,025/\kappa)\beta_{s,1}$ but $\beta_{s,0} \leq \beta_{s,1}$
Все (All) κ	Консоль cantilever	$\beta_s = \beta_{s,2}$ на опорі та на вільному кінці (at support and at the end)

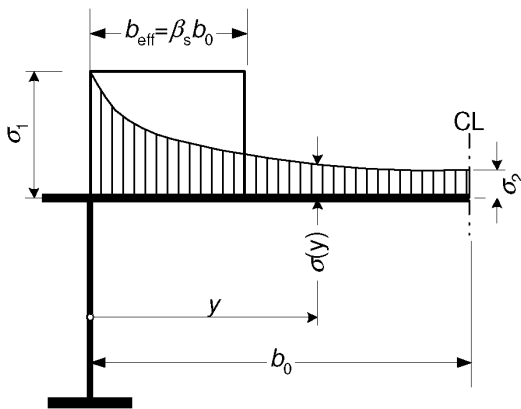
$\kappa = \alpha_0 b_0 / L_e$ $\alpha_0 = \sqrt{1 + A_{st} / (b_0 t)}$, де A_{st} — площа усіх поздовжніх елементів жорсткості у межах ширини b_0 , а інші позначення – згідно з рисунками К.1 та К.2.
 ($\kappa = \alpha_0 b_0 / L_e$ with $\alpha_0 = \sqrt{1 + A_{st} / (b_0 t)}$ in which A_{st} is the area of all longitudinal stiffeners within the width b_0 and other symbols as defined in figure K.1 and figure K.2)

К.2.2 Розподіл напружень для запізнення зсуву

(1) Розподіл поздовжніх напружень поперек пластини, спричинений ефектом запізнення зсуву, слід брати згідно з рисунком К.3.

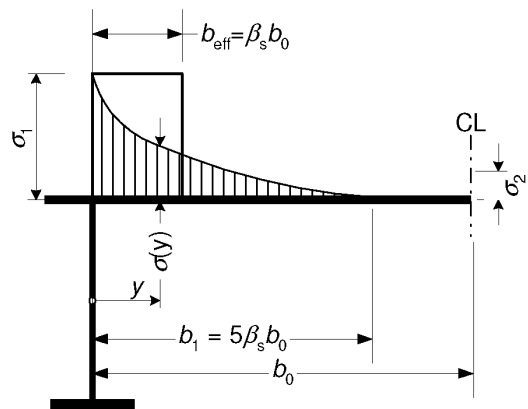
K.2.2 Stress distribution for shear lag

(1) The distribution of longitudinal stresses across the plate due to shear lag should be obtained from fig. K.3.



$\beta_s > 0,20:$
 $\alpha_2 = 1,25(\beta_s - 0,20)\sigma_1$
 $\sigma(y) = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)(1 - y/b_0)^4$

σ_1 обчислюється за розрахунковою шириною полиці b_{eff}



$\beta_s \leq 0,20:$
 $\alpha_2 = 0$
 $\sigma(y) = \sigma_1(1 - y/b_1)^4$

σ_1 is calculated with the effective width of the flange b_{eff}

Рисунок К.3 Розподіл поздовжніх напружень поперек пластини, викликаний ефектом запізнення зсуву

Figure K.3. Distribution of longitudinal stresses across the plate due to shear lag

К.2.3 Ефекти від передачі зусиль у площині

K.2.3 In-plane load effects

(1) Розподіл пружних напружень у підсиленій або непідсиленій пластині, викликаний локальною передачею зусиль у площині (див. рисунок К.4), слід визначати таким чином:

(1) The elastic stress distribution in a stiffened or unstiffened plate due to the local introduction of in-plane forces (see figure K.4) should be determined from:

$$\sigma_1 = \frac{F_{Ed}}{b_{eff} (t + a_{st,1})}, \tag{K.2}$$

де:

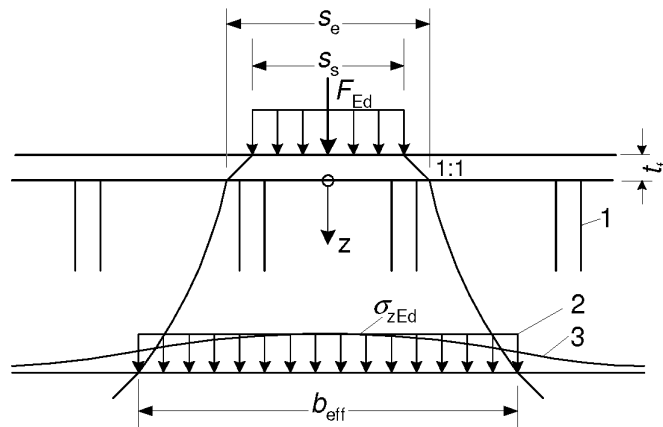
with:

$$b_{eff} = s_e \sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e n}\right)^2}, \quad n = 0,636 \sqrt{1 + \frac{0,878 a_{st,1}}{t}}$$

$$s_e = s_s + 2t_f$$

тут $a_{st,1}$ – площа бругто перерізів елементів жорсткості, рівномірно розподілених і осереднених, на одиницю довжини, тобто площа елементів жорсткості, поділена на відстань між серединними лініями.

where $a_{st,1}$ is the gross-sectional area of the smeared stiffeners per unit length, i.e. the area of the stiffener divided by the centre-to-centre distance.



1 – елемент жорсткості; 1 stiffener,
 2 – спрощений розподіл напружень; 2 simplified stress distribution,
 3 – дійсний розподіл напружень 3 actual stress distribution

Рисунок К.4 Передача навантаження у площині
Figure K.4 In-plane load introduction

ПРИМІТКА. Цей розподіл напружень може використовуватися при перевірці на втому.

NOTE. The stress distribution may be relevant for the fatigue verification.

К.3 Ефект запізнення зсуву у граничному стані за втратою несучої здатності

(1) У граничному стані за втратою несучої здатності ефект запізнення зсуву можна визначити одним із наступних методів:

- a) пружний розрахунок ефекту запізнення зсуву, який слід використовувати для граничних станів за втратою придатності до експлуатації та за втомою;
- b) взаємодія ефекту запізнення зсуву з геометричними ефектами при втраті стійкості пластин;
- c) пружно-пластичний розрахунок ефекту запізнення зсуву для обмежених пластичних деформацій.

ПРИМІТКА 1. Метод, який слід застосовувати, може визначатися Національним додатком. До вживання рекомендується метод (a).

ПРИМІТКА 2. Вплив зміни геометрії при втраті стійкості на ефект запізнення зсуву можна врахувати, спершу зменшивши ширину полиць до розрахункової (ефективної), як це визначено для розрахунку за граничним станом за втратою придатності до експлуатації, а потім привівши товщину до розрахункової з урахуванням локальної втрати стійкості. При цьому коефіцієнт гнучкості β обчислюється за розрахунковою шириною, у якій враховується ефект запізнення зсуву.

ПРИМІТКА 3. У Національному додатку можуть регламентуватися правила врахування пружно-пластичного ефекту запізнення зсуву з обмеженими пластичними деформаціями.

К.3 Shear lag at ultimate limit states

(1) At ultimate limit states shear lag effects may be determined using one of the following methods:

- a) elastic shear lag effects as defined for serviceability and fatigue limit states;
- b) interaction of shear lag effects with geometric effects of plate buckling;
- c) elastic-plastic shear lag effects allowing for limited plastic strains.

NOTE 1. The National Annex may choose the method to be applied. Method a) is recommended.

NOTE 2. The geometric effects of plate buckling on shear lag may be taken into account by first reducing the flange width to an effective width as defined for the serviceability limit states, then reducing the thickness to an effective thickness for local buckling basing the slenderness β on the effective width for shear lag.

NOTE 3. The National Annex may give rules for elastic-plastic shear lag effects allowing for limited plastic strains.

**ДОДАТОК L [ДОВІДКОВИЙ] – КЛАСИ-
ФІКАЦІЯ ВУЗЛІВ ТА З’ЄДНАНЬ**

**ANNEX L [INFORMATIVE] – CLASSIFI-
CATION OF JOINTS**

L.1 Загальні положення

L.1 General

(1) **Визначення:**
З’єднання: місце, у якому два елементи конструкцій з’єднані між собою, та сукупність обох з’єднаних елементів, а також – у випадку з’єднання по головній осі – передача зусиль на стінку колони.
Вузол або вузлове з’єднання: сукупність компонентів у зборці, завдяки якій елементи конструкцій є з’єднаними разом таким чином, що між ними передаються внутрішні зусилля та моменти. Вузлове з’єднання між ригелем та колоною складається зі стінки балки та одного (односторонній вузол) або двох (двосторонній вузол) з’єднань.
 «З’єднання» є системою механічного прикріплення заданого елемента до решти конструкції. Його слід відрізняти від «вузла» або «вузлового з’єднання»; останнє зазвичай означає систему, яка складається з власне з’єднання та відповідної зони механічної взаємодії між з’єднаними елементами (див. рисунок L.1).

(1) The following definitions apply:
Connection: Location at which two members are interconnected and assembly of connection elements and – in case of a major axis joint – the load introduction into the column web panel.
Joint: Assembly of basic components that enables members to be connected together in such a way that the relevant internal forces and moment can be transferred between them. A beam-to-column joint consists of a web panel and either one connection (single sided joint configuration) or two connections (double sided joint configuration).
 A "Connection" is defined as the system, which mechanically fastens a given member to the remaining part of the structure. It should be distinguished from the term "joint", which usually means the system composed by the connection itself plus the corresponding interaction zone between the connected members (see figure L.1).

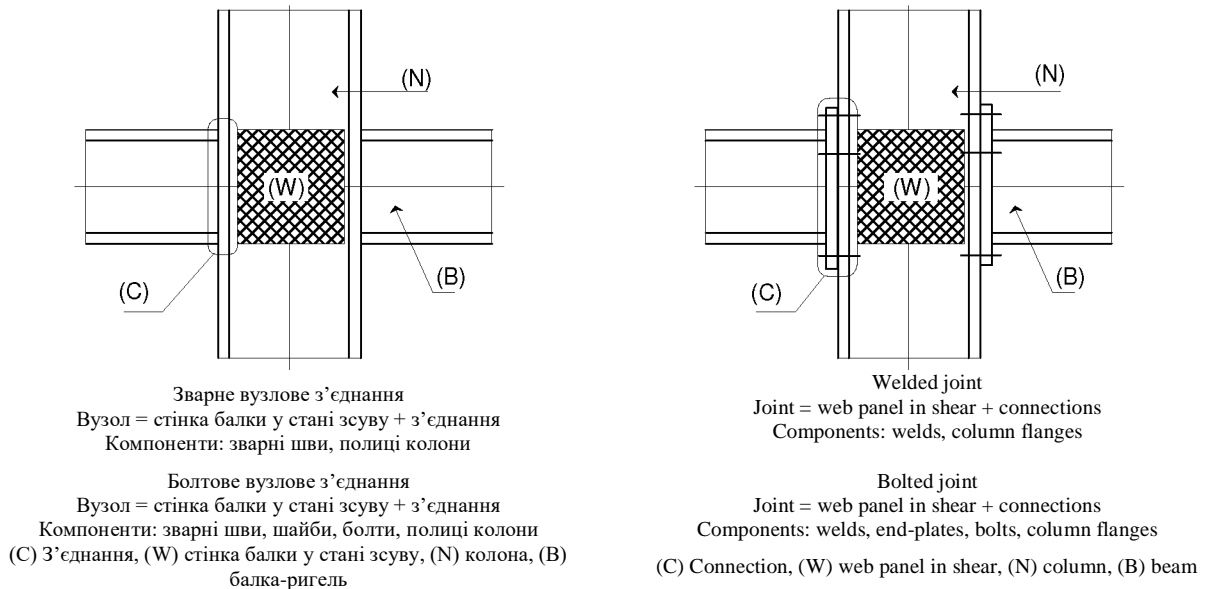


Рисунок L.1 Вигляд «з’єднання» та «вузла»
Figure L.1 Definition of «connection» and «joint»

(2) Структурні властивості вузла: здатність опиратися внутрішнім зусиллям та моментам у з'єднаних елементах, обертальна жорсткість та граничний кут повороту.

(3) Надалі символи « F » та « V » відносятимуться до узагальненої сили (осьової сили, перерізувальної сили або згинального моменту) і до відповідної узагальненої деформації (видовження, зсуву або повороту). Індeksi "e" and "u" позначатимуть відповідно пружний граничний стан та граничний стан за втратою несучої здатності.

(4) З'єднання можна класифікувати за їх здатністю відновлювати механічні властивості (жорсткість, міцність та піддатливість) з'єднаних елементів, тобто робити їх одним цілим. Можна виділити два основні класи з'єднань за глобальною поведінкою з'єднаних елементів (рисунок L.2):

- повністю відновлювані з'єднання;
- частково відновлювані з'єднання.

(5) Якщо вибрати одну окремо взятую механічну властивість приєднаного елемента, з'єднання можна класифікувати таким чином (рисунок L.2, b)-d):

- за жорсткістю;
- за міцністю;
- за піддатливістю.

(6) Види з'єднань, які застосовуються, мають відповідати розрахунковим припущенням відносно елементів конструкцій і методів глобального розрахунку.

L.2 Повністю відновлювані з'єднання

(1) Повністю відновлювані з'єднання проектуються таким чином, щоб їх властивості були не гірші за ті, які мають з'єднувані елементи. Під властивостями маються на увазі межа міцності, пружна жорсткість та піддатливість. Крива «узагальнена сила-узагальнене переміщення» для такого з'єднання лежить вище, ніж крива будь-якого зі з'єднаних елементів.

(2) Structural properties (of a joint): Its resistance to internal forces and moments in the connected members, its rotational stiffness and its rotation capacity.

(3) In the following the symbols « F » and « V » refer to a generalized force (axial load, shear load or bending moment) and to the corresponding generalized deformation (elongation, distortion or rotation), respectively. The subscripts "e" and "u" refer to the elastic and ultimate limit state, respectively.

(4) Connections may be classified according to their capability to restore the behavioural properties (rigidity, strength and ductility) of the connected member. With respect to the global behaviour of the connected member, two main classes are defined (fig. L.2):

- fully restoring connections;
- partially restoring connection.

(5) With respect to the single behavioural property of the connected member, connections may be classified according to (fig. L.2,b)-d):

- rigidity;
- strength;
- ductility.

(6) The types of connection should conform with the member design assumptions and the method of global analysis.

L.2 Fully restoring connections

(1) Fully restoring connections are designed to have properties at least equal to those of the connecting members in terms of ultimate strength, elastic rigidity and ductility. The generalized force-displacement curve of the connection lies above those of the connected members.

(2) У розрахунку споруди в цілому наявністю такого з'єднання можна знехтувати, вважаючи конструкцію нерозрізною.

(2) The existence of the connection may be ignored in the structural analysis.

L.3 Частково відновлювані з'єднання

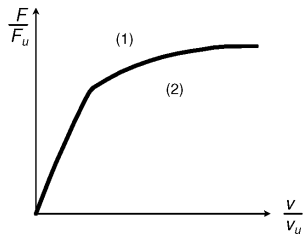
L.3 Partially restoring connections

(1) Механічні властивості такого з'єднання не досягають рівня властивостей з'єднаних елементів: або пружна жорсткість, або межа міцності, або піддатливість є гіршими, ніж у елементів. Крива співвідношення між узагальненими силами та переміщеннями на деяких ділянках може проходити нижче від кривої з'єднаних елементів.

(1) The behavioural properties of the connection do not reach those of the connected member, due to its lack of capability to restore either elastic rigidity, ultimate strength or ductility of the connected member. The generalized force-displacement curve may in some part fall below the one of the connected member.

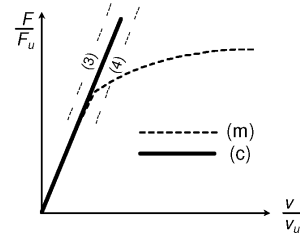
(2) Наявність таких з'єднань не можна ігнорувати при розрахунку споруд.

(2) The existence of such connections must be considered in the structural analysis.



- (1) Повна відновлюваність
- (2) Часткова відновлюваність
- (3) З відновленою жорсткістю (жорстке)
- (4) З невідновленою жорсткістю (напівжорстке)

а) Класифікація за здатністю з'єднання відновлюватися до нерозрізного стану

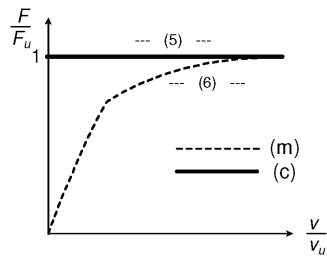


- (1) Fully restoring region
- (2) Partially restoring region
- (3) Rigidity restoring (rigid)
- (4) Rigidity non-restoring (semi-rigid)

а) Classification according to member global properties restoration

б) Класифікація за жорсткістю

б) Classification according to rigidity

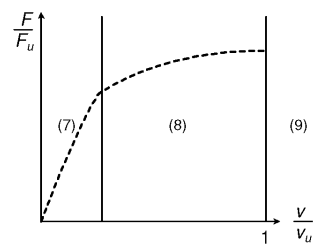


- (5) З відновленою міцністю (повної міцності)
- (6) З невідновленою міцністю (часткової міцності)
- (7) З невідновленою піддатливістю (крихке)
- (8) З невідновленою піддатливістю (напівпіддатливе)
- (9) З відновленою піддатливістю (піддатливе)

с) Класифікація за міцністю

д) Класифікація за піддатливістю

(m) З'єднані елементи, (c) Границя роботи з'єднання



- (5) Strength restoring (full strength)
- (6) Strength non-restoring (partially strength)
- (7) Ductility non-restoring (brittle)
- (8) Ductility non-restoring (semi ductile)
- (9) Ductility restoring (ductile)

с) Classification according to strength

д) Classification according to ductility

(m) Connected member, (c) Limit of connection behaviour

Рисунок L.2 а) - д) – Класифікація з'єднань

Figure L.2 а) - д) - Classification of connections

L.4 Класифікація за жорсткістю

(1) За жорсткістю вузлові з'єднання можна класифікувати таким чином (рисунок L.2,b):

- вузли з відновленою жорсткістю (жорсткі) (R1);
 - вузли з невідновленою жорсткістю (напівжорсткі) (R2),
- у залежності від того, чи первинна жорсткість з'єднаних елементів відновлюється при їх з'єднанні у одне ціле, незалежно від міцності та піддатливості.

L.5 Класифікація за міцністю

(1) За міцністю вузлові з'єднання можна класифікувати таким чином (рисунок L.2,c):

- з відновленою міцністю (повної міцності);
 - з невідновленою міцністю (часткової міцності),
- у залежності від того, чи межа міцності з'єднаних елементів відновлюється при їх з'єднанні у одне ціле, незалежно від жорсткості та піддатливості.

L.6 Класифікація за піддатливістю

(1) За піддатливістю вузлові з'єднання можна класифікувати таким чином (рисунок L.2,d):

- з відновленою піддатливістю (піддатливі);
 - з невідновленою піддатливістю (напівпіддатливі або крихкі),
- у залежності від того, чи піддатливість з'єднання вища або нижча за піддатливість з'єднаних елементів, незалежно від міцності та жорсткості.

(2) Піддатливі з'єднання мають піддатливість або таку саму, або кращу за піддатливість з'єднаних елементів; обмеження на видовження або поворот можна ігнорувати при глобальному розрахунку споруди.

L.4 Classification according to rigidity

(1) With respect to rigidity, joints should be classified as (fig. L.2,b):

- rigidity restoring (rigid) joints (R1);
 - rigidity non-restoring joints (semi-rigid) joints (R2),
- depending on whether the initial stiffness of the jointed member is restored or not, regardless of strength and ductility.

L.5 Classification according to strength

(1) With respect to strength, connections can be classified as (fig. L.2,c):

- strength restoring (full strength) connections;
 - strength non-restoring connections (partial strength) connections,
- depending on whether the ultimate strength of the connected member is restored or not, regardless of rigidity and ductility.

L.6 Classification according to ductility

(1) With respect to ductility, connections can be classified as (fig. L.2,d):

- ductility restoring (ductile) connections;
 - ductility non-restoring (semi-ductile or brittle) connections,
- depending on whether the ductility of the connection is higher or lower than that of the connected member, regardless of strength and rigidity.

(2) Ductile connections have a ductility equal or higher than that of the connected member; elongation or rotation limitations may be ignored in structural analysis.

(3) Напівпіддатливі з'єднання мають меншу піддатливість, ніж піддатливість одного зі з'єднаних елементів, але більшу, ніж дозволяє його межа пружності; у непружному розрахунку конструкції слід брати до уваги обмеження на видовження та кут повороту.

(4) Крихкі з'єднання мають піддатливість значно меншу, ніж дозволяє межа пружності з'єднаних елементів; обмеження на видовження та кут повороту слід брати до уваги не тільки у непружному, але й у пружному розрахунку.

L.7 Загальні розрахункові вимоги до з'єднань

(1) Належне комбінування основних механічних характеристик (жорсткості, міцності та піддатливості) у з'єднаннях потребує розгляду кількох випадків (рисунок L.3).

У таблиці L.1 ці випадки показані з посиланням на відповідні вимоги до методів глобального розрахунку (див. 5.2.1).

L.8 Вимоги до рамних з'єднань

L.8.1 Загальні положення

(1) За співвідношенням «момент-кривина» для елементів з'єднання, які застосовуються у рамних конструкціях, можуть класифікуватися за наступними типами:

- номінально шарнірні з'єднання;
- моментні з'єднання.

(2) Типи з'єднань повинні відповідати таблиці L.1 згідно з обраним методом глобального розрахунку (див. 5.2.1) і розрахунковими припущеннями про роботу елементів (Додаток J).

(3) Semi-ductile connections have a ductility less than the one of the connected member, but higher than its elastic limit deformation; elongation or rotation limitations must be considered in inelastic analysis.

(4) Brittle connections have a ductility less than the elastic limit deformation of the connected member; elongation or rotation limitations must be considered in both elastic and inelastic analysis.

L.7 General design requirements for connections

(1) The relevant combinations of the main behavioural properties (rigidity, strength and ductility) of connections give rise to several cases (figure L.3).

In tabl. L.1 they are shown with reference to the corresponding requirements for methods of global analysis (see 5.2.1).

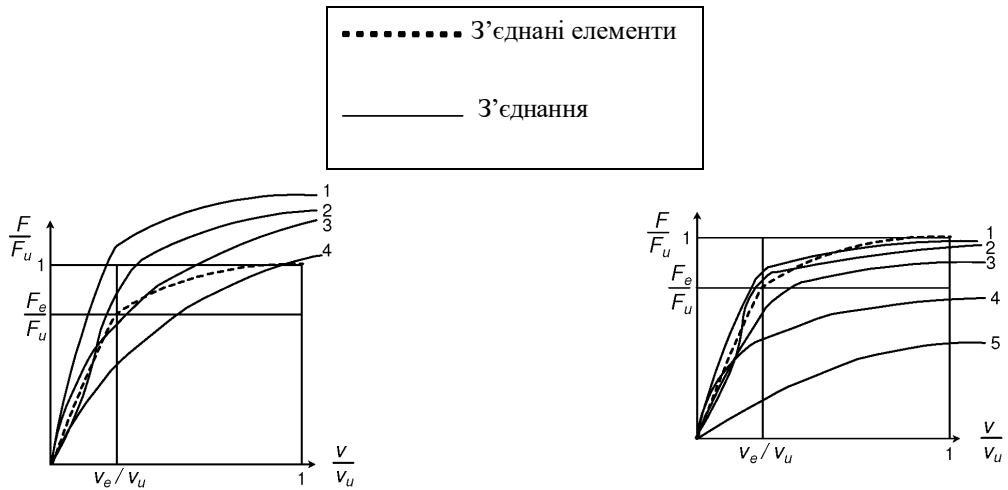
L.8 Requirements for framing connections

L.8.1 General

(1) With respect to the moment-curvature relationship, the connection types adopted in frame structures can be divided into:

- nominally pinned connections;
- built-in connections.

(2) The types of connections should conform with tabl. L.1 in accordance with the method of global analysis (see 5.2.1) and the member design assumptions (Annex J).

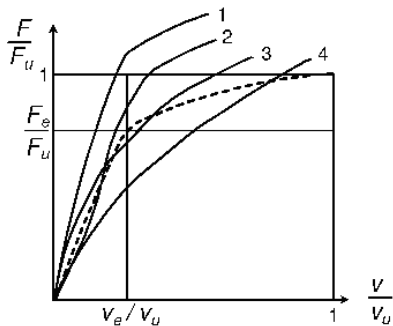


- 1) Повної міцності, жорсткі, піддатливі з відновленням пружної міцності елемента
- 2) Повної міцності, напівжорсткі, піддатливі з відновленням пружної міцності елемента
- 3) Повної міцності, жорсткі, піддатливі без відновлення пружної міцності елемента
- 4) Повної міцності, напівжорсткі, піддатливі без відновлення пружної міцності елемента

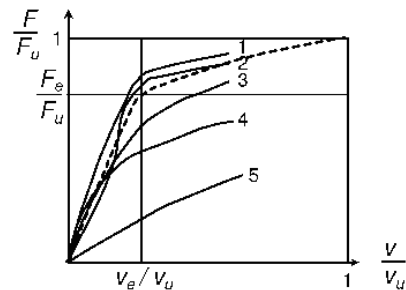
- 1) Full strength, rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 2) Full strength, semi-rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 3) Full strength, rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 4) Full strength, semi-rigid, ductile without restoring of member elastic strength

- 1) Часткової міцності, жорсткі, піддатливі з відновленням пружної міцності елемента
- 2) Часткової міцності, напівжорсткі, піддатливі з відновленням пружної міцності елемента
- 3) Часткової міцності, напівжорсткі, піддатливі з відновленням пружної міцності елемента
- 4) Часткової міцності, жорсткі, піддатливі без відновлення пружної міцності елемента
- 5) Часткової міцності, напівжорсткі, піддатливі без відновлення пружної міцності елемента

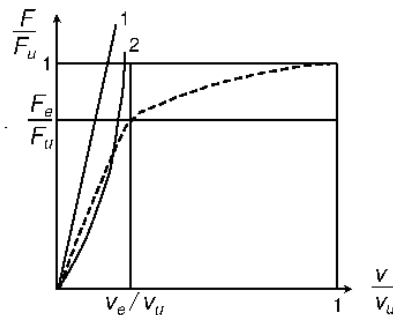
- 1) Partial strength, rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 2) Partial strength, semi-rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 3) Partial strength, semi-rigid, ductile with restoring of member elastic strength
- 4) Partial strength, rigid, ductile without restoring of member elastic strength
- 5) Partial strength, semi-rigid, ductile without restoring of member elastic strength



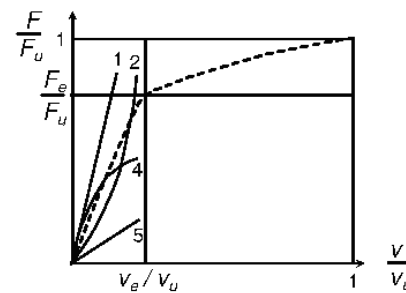
Те саме, що вище але напівпіддатливе
Same as above, but semi-ductile



Те саме, що вище але напівпіддатливе
Same as above, but semi-ductile



Те саме, але крихке
Same as above, but brittle



Те саме, але крихке
Same as above, but brittle

Рисунок L.3 Основні типи з'єднань
Figure L.3 Main connection types

L.8.2 Номінально шарнірні з'єднання

(1) Номінально шарнірне з'єднання слід проектувати на передачу розрахункових осьових та перерізувальних зусиль без виникнення моментів, які б спричинили небажаний вплив на елементи.

(2) Номінально шарнірні з'єднання повинні бути здатними до передачі зусиль, передбачених проектними розрахунками, і до сприйняття поворотів, які при цьому виникають.

(3) Граничний кут повороту номінально шарнірного з'єднання повинен бути таким, щоб забезпечити можливість виникнення під розрахунковим навантаженням усіх необхідних пластичних шарнірів.

L.8.2 Nominally pinned connections

(1) A nominally pinned connection should be designed in such a way to transmit the design axial and shear forces without developing significant moments which might adversely affect members of the structure.

(2) Nominally pinned connections should be capable of transmitting the forces calculated in design and should be capable of accepting the resulting rotations.

(3) The rotation capacity of a nominally pinned connection should be sufficient to enable all the necessary plastic hinges to develop under the design loads.

Таблиця L.1 Загальні проектно-розрахункові вимоги

Метод глобального розрахунку (див. розділ 5.2.1)	Тип з'єднання, який необхідно врахувати	Тип з'єднання, яким можна нехтувати
ПРУЖНИЙ	Напівжорсткі з'єднання (повної або часткової міцності, піддатливі або неї піддатливі, з відновленням пружної міцності елемента або без неї). З'єднання часткової міцності (жорсткі або напівжорсткі, піддатливі або неї піддатливі) без відновлення пружної міцності елемента	Повністю відновлювані з'єднання Жорсткі з'єднання (повної або часткової міцності, піддатливі або неї піддатливі) з відновленням пружної міцності елемента. З'єднання часткової міцності (жорсткі, піддатливі або неї піддатливі) з відновленням пружної міцності елемента
ПЛАСТИЧНИЙ (жорстко-пластичний; пружнопластичний; непружно-пластичний)	З'єднання часткової міцності (жорсткі або напівжорсткі, піддатливі або неї піддатливі) без відновлення пружної міцності елемента	Повністю відновлювані з'єднання. Піддатливі з'єднання часткової міцності (жорсткі або напівжорсткі) з відновленням пружної міцності елемента. З'єднання повної міцності
ЗІ ЗМІЦНЕННЯМ (жорсткий; пружний; непружний за походженням)	Частково відновлювані з'єднання	Повністю відновлювані з'єднання

Table L.1 General design requirements

Method of global analysis (see 5.2.1)	Type of connection which must be accounted for	Type of connection which may be ignored
ELASTIC	Semi-rigid connections (full or partial strength, ductile or non-ductile with or without restoring of member elastic strength) Partial strength connections (rigid or semi-rigid, ductile or non-ductile) without restoring of member elastic strength	Fully restoring connections Rigid connections (full or partial strength, ductile or non-ductile) with restoring of member elastic strength Partial strength connections (rigid, ductile or non-ductile) with restoring of member elastic strength
PLASTIC (rigid-plastic, elastic-plastic, inelastic-plastic)	Partial strength connections (rigid or semi-rigid ductile or non-ductile) without restoring of member elastic strength	Fully restoring connections Partial strength, ductile connections (rigid or semi-rigid) with restoring of member elastic strength Full strength connections
HARDENING (rigid-hardening, elastic-hardening, genetically inelastic)	Partially restoring connections	Fully restoring connections

L.8.3 Моментні з'єднання

(1) Моментні з'єднання враховують можливість передачі згинального моменту між елементами з'єднання разом із осьовим та перерізувальним зусиллям. Їх можна класифікувати за жорсткістю і міцністю наступним чином (див. L.4 і L.5):

- жорсткі з'єднання;
- напівжорсткі з'єднання;
- з'єднання повної міцності;
- з'єднання часткової міцності.

(2) Жорстке з'єднання слід проектувати таким чином, щоб його деформація мала незначний вплив на розподіл внутрішніх зусиль та моментів у конструкції, а також на її загальне деформування.

(3) Деформації жорстких з'єднань мають бути таким, щоб вони не знижували показники опору конструкції більш ніж на 5 %.

(4) Напівжорсткі з'єднання повинні забезпечувати такий взаємозв'язок між елементами, який можна адекватно спроектувати і розрахувати на основі відомих розрахункових співвідношень між моментом та кутом повороту з'єднання.

(5) Жорсткі та напівжорсткі з'єднання повинні бути здатні до передачі сил і моментів, на які розрахована конструкція за проектом.

(6) Жорсткість з'єднань повної та часткової міцності повинна бути такою, щоб під дією розрахункових навантажень кути повороту у місцях передбачених пластичних шарнірів не перевищили гранично допустимі кути.

(7) Граничний кут повороту з'єднання часткової міцності у місці виникнення пластичного шарніра не повинен бути меншим за той, який необхідний для розвитку усіх пластичних шарнірів під розрахунковим навантаженням.

(8) Граничний кут повороту з'єднання можна отримати шляхом експериментального дослідження. Експериментальне дослідження не потрібне, якщо використовуються деталі, адекватність роботи яких у складі конструкцій доведена досвідом.

L.8.3 Built-in connections

(1) Built-in connections allow for the transmission of bending moment between connected members, together with axial and shear forces. They can be classified according to rigidity and strength as follows (see L.4 and L.5):

- rigid connections;
- semi-rigid connections;
- full strength connections;
- partial strength connections.

(2) A rigid connection should be designed in such a way that its deformation has a negligible influence on the distribution of internal forces and moments in the structure, nor on its overall deformation.

(3) The deformations of rigid connections should be such that they do not reduce the resistance of the structure by more than 5 %.

(4) Semi-rigid connections should provide a predictable degree of interaction between members, based on the design moment-rotation characteristics of the joints.

(5) Rigid and semi-rigid connections should be capable of transmitting the forces and moments calculated in design.

(6) The rigidity of full-strength and partial-strength connections should be such that, under the design loads, the rotations at the necessary plastic hinges do not exceed their rotation capacities.

(7) The rotation capacity of a partial-strength connection which occurs at a plastic hinge location should be not less than that needed to enable all the necessary plastic hinges to develop under the design loads.

(8) The rotation capacity of a connection may be demonstrated by experimental evidence. Experimental demonstration is not required if using details which experience has proved have adequate properties in relation with the structural scheme.

ДОДАТОК М [ДОВІДКОВИЙ] – КЛЕЙОВІ З'ЄДНАННЯ**М.1 Загальні положення**

- (1) Вузлові з'єднання алюмінієвих елементів можна утворювати на основі клею.
- (2) Клейові з'єднання потребують особливо високої якості робіт і повинні використовуватися з обережністю.
- (3) Проектні вказівки Додатка М повинні використовуватися тільки за наступних умов:
- за проектом з'єднання передбачається передача тільки зсувних зусиль (див. М.3.1);
 - застосовується відповідний клей (див. М.3.2);
 - процедури підготовки поверхні до склеювання точно відповідають нормам застосування клею (див. М.3.2 (3)).
- (4) Використання клею в основних структурних несучих вузлах взагалі не повинне розглядатися, за винятком випадків, коли експериментально підтверджена його придатність, а також, за необхідності, нешкідливість для навколишнього середовища та стійкість до втоми.
- (5) Клейове з'єднання може застосовуватись, наприклад, між пластиною та ребрами жорсткості, а також у інших випадках другорядних напружених станів.
- (6) Навантаження слід розподіляти по максимально можливій площі. Збільшення ширини з'єднання зазвичай пропорційно збільшує його міцність. Збільшення довжини має позитивний ефект тільки для коротких частин перекриття елементів. По мірі збільшення довжини перекриття розвивається більш різка концентрація напружень, зокрема, на кінцях перекриття.

ANNEX M [INFORMATIVE] – ADHESIVE BONDED CONNECTIONS**M.1 General**

- (1) Structural joints in aluminium may be made by bonding with adhesive.
- (2) Bonding needs an expert technique and should be used with great care.
- (3) The design guidance in this Annex M should only be used under the condition that:
- the joint design is such that only shear forces have to be transmitted (see M.3.1);
 - appropriate adhesives are applied (see M.3.2);
 - the surface preparation procedures before bonding do meet the specifications as required by the application (see M.3.2 (3)).
- (4) The use of adhesive for main structural joints should not be contemplated unless considerable testing has established its validity, including environmental testing and fatigue testing if relevant.
- (5) Adhesive jointing can be suitably applied for instance for plate/stiffener combinations and other secondary stressed conditions.
- (6) Loads should be carried over as large an area as possible. Increasing the width of joints usually increases the strength pro rata. Increasing the length is beneficial only for short overlaps. Longer overlaps result in more severe stress concentrations in particular at the ends of the laps.

М.2 Марки клею

(1) Для склеювання алюмінієвих конструкцій рекомендуються такі сімейства марок клею: одно- та двокомпонентні модифіковані епоксидні; модифіковані акрилові; одно- або двокомпонентні поліуретанові; також для склеювання з'єднань на штифтах та муфтах можна використовувати анаеробні клеї.

(2) Перевірити якість клею перед застосуванням можна наступними способами:

- хімічним аналізом;
- термічним аналізом;
- визначенням в'язкості та сухого екстракту згідно з діючими стандартами EN, prEN та ISO, які стосуються клеїв.

(3) Міцність клейового з'єднання залежить від наступних факторів:

- a) міцності самого клею, яку можна визначити стандартними випробуваннями (див. ISO 11003-2);
- b) міцності сплаву, особливо його умовної межі текучості, якщо вона досягається раніше, ніж порушується з'єднання;
- c) обробки поверхні: хімічна конверсія та анодування зазвичай дають кращі результати, ніж знежирення та механічне очищення; можна використовувати ґрунтування за умови, що відповідні випробування підтвердили сумісність ґрунтування з клеєм та сплавом;
- d) навколишнього середовища та старіння: наявність води або вологого повітря, а також агресивного середовища, може сильно знизити витривалість клейового з'єднання (особливо якщо поверхні були погано підготовлені);
- e) форми з'єднання та відповідного розподілу напружень, тобто відношення максимального дотичного напруження τ_{\max} до його середнього значення ($\tau_{\max} / \tau_{\text{mean}}$), а також відношення максимального напруження відриву σ_{\max} до середнього дотичного напруження ($\sigma_{\max} / \tau_{\text{mean}}$), причому

М.2 Adhesives

(1) The recommended families of adhesives for the assembly of aluminium structures are: single and two part modified epoxies, modified acrylics, one or two part polyurethane; anaerobic adhesives can also be used in the case of pin- and collar-assemblies.

(2) On receipt of the adhesive, its freshness can be checked before curing by the following methods:

- chemical analysis;
- thermal analysis;
- measurements of the viscosity and of the dry extract in conformity with existing ENs, prENs and ISO Standards related to adhesives.

(3) The strength of an adhesive joint depends on the following factors:

- a) the specific strength of the adhesive itself, that can be measured by standardised tests (see ISO 11003-2);
- b) the alloy, and especially its proof stress if the yield stress of the metal is exceeded before the adhesive fails;
- c) the surface pre-treatment: chemical conversion and anodising generally give better long term results than degreasing and mechanical abrasion; the use of primers is possible provided that one makes sure that the primer, the alloy and the adhesive are compatible by using bonding tests;
- d) the environment and the ageing: the presence of water or damp atmosphere or aggressive environment can drastically lower the long term performance of the joint (especially in the case of poor surface pre-treatments);
- e) the configuration of the joint and the related stress distribution, i.e. the ratio of the maximum shear stress τ_{\max} to the mean one ($\tau_{\max} / \tau_{\text{mean}}$) and the ratio of the maximum peel stress σ_{\max} to the mean shear one ($\sigma_{\max} / \tau_{\text{mean}}$), both maxima occurring at the end of the joint; the stress concentrations

обидва максимуми мають місце на кінці з'єднання; необхідно знизити концентрацію напружень наскільки це можливо – вона залежить від жорсткості зборки (товщини та модуля Юнга приклеєного матеріалу) та від довжини перекриття матеріалу.

(4) Для розрахунку міцності вузлового з'єднання необхідно досліджувати міцність клею шляхом лабораторних експериментів, приймаючи до уваги всі елементи вузла, тобто сполучення сплаву, клею і додаткових речовин для оброблення поверхні, а також старіння та впливу навколишнього середовища (див. М.3 та 2.5).

(5) Міцність, отриману на зразках у лабораторії, слід використовувати як орієнтовну; якість з'єднання треба перевіряти у реальних умовах: рекомендується використання прототипів (див. М.3).

М.3 Проектування клейових з'єднань

М.3.1 Загальні положення

(1) У клейових з'єднаннях навантаження повинне передаватися через дотичні напруження; напружень розтягу – особливо відриву і тих, які намагаються розкрити шов з'єднання – слід уникати або передавати їх через допоміжні конструкційні елементи. Слід також підтримувати рівномірний розподіл напружень та достатню деформативність, щоб забезпечити можливість пластичного руйнування компонентів.

Достатня деформативність досягається тоді, коли розрахункова міцність з'єднання вища за межу текучості з'єднаного елемента.

should be reduced as much as possible; they depend on the stiffness of the assembly (thickness and Young's modulus of the adherent) and on the overlap length of the joint.

(4) Knowledge of the specific strength of the adhesive is not sufficient to evaluate the strength of the joint, one must evaluate it by laboratory tests taking into account the whole assembly, i.e. the combinations of alloy/pre-treatment/adhesive, and the ageing or environment (see M.3 and 2.5).

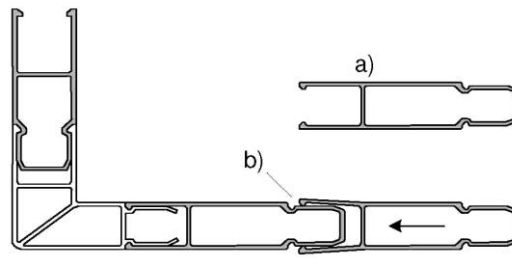
(5) The strength obtained on specimens at the laboratory should be used as guidelines; one must check the joint performances in real conditions: the use of prototypes is recommended (see M.3).

М.3 Design of adhesive bonded joints

М.3.1 General

(1) In adhesive bonded joints, it should be aimed to transfer the loads by shear stresses; tensile stresses - in particular peeling or other forces tending to open the joint - should be avoided or should be transmitted by complementary structural means. Furthermore uniform distribution of stresses and sufficient deformation capacity to enable a ductile type of failure of the component are to be strived for.

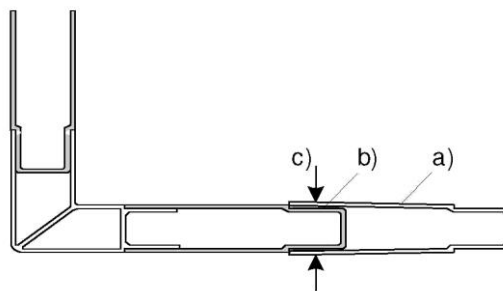
Sufficient deformation capacity is arrived at in case the design strength of the joint is greater than the yield strength of the connected member.



а) пресований профіль, б) гачок-заскочка
a) extruded profile, b) snap hook

Рисунок М.1 Приклад з'єднання з заскочкою: зусилля розтягу передаються перпендикулярно до напрямку видавлювання з пресу за допомогою гачка-заскочки; у поздовжньому напрямку немає передачі зсувних зусиль

Figure M.1 Example of snap joints: tensile forces transmitted transverse to extrusion direction by snapping parts, but no shear transfer in longitudinal direction



а) пресований профіль; б) клей з зовнішнього боку, с) зовнішній тиск
a) extruded profile, b) adhesive on outside surface, c) external pressure

Рисунок М.2 Приклад склеєних пресованих елементів: завдяки клеєві зусилля розтягу передаються дотичними напруженнями та силами зсуву паралельно напрямку видавлювання з пресу

Figure M.2 Example of bonded extruded members: bonding allows transmitting tensile forces transverse by shear stresses and shear forces parallel to extrusion direction

М.3.2 Характеристична міцність клею

(1) Щодо зору механічних властивостей у будівництві насамперед треба використовувати високоміцні клеї (див. таблицю М.1). Однак достатнім повинен бути також і опір крихкому зламу, щоб подолати концентрацію напружень і гарантувати пластичний спосіб руйнування.

(2) Вид обробки поверхонь для склеювання треба вибирати таким чином, щоб вузлове з'єднання задовольняло проектні вимоги протягом планового строку експлуатації конструкції. Див. документ prEN 1090-3.

(3) Значення характеристичної міцності на зсув $f_{v,adh}$ при застосуванні у будівництві наведені у таблиці М.1.

M.3.2 Characteristic strength of adhesives

(1) As far as the mechanical properties are concerned high strength adhesives should be used for structural applications (see table. M.1). However, also the toughness should be sufficient to overcome stress/strain concentrations and to enable a ductile type of failure.

(2) Pre-treatments of the surfaces to be bonded have to be chosen such that the bonded joint meets the design requirements during service life of the structure. See prEN 1090-3.

(3) For the characteristic shear strength of adhesives $f_{v,adh}$ structural applications the values of table M.1 may be used.

Таблиця М.1 Значення характеристичної міцності клею на зсув
Table M.1 Characteristic shear strength values of adhesives

Різновиди клею (Adhesive types)	$f_{v,adh}$, Н/мм ²
1-компонентний, тверднучий при нагріванні, модифікований епоксидний (component, heat cured, modified epoxide)	35
2-компонентний, холодного твердіння, модифікований епоксидний (components, cold cured, modified epoxide)	25
2-компонентний, холодного твердіння, модифікований акриловий (components, cold cured, modified acrylic)	20

(4) Різновиди клею, перераховані у таблиці М.1, можна використовувати у будівництві за умов, наведених відповідно у розділах М.3.1 та М.3.2. Значення таблиці М.1 отримані шляхом великої кількості досліджень. Однак дозволяється використовувати й вищі значення міцності на зсув, ніж ті, які дані у таблиці М.1, див. М.4

М.3.3 Розрахункове дотичне напруження

(1) Розрахункове дотичне напруження слід приймати таким, щоб

$$\tau \leq \frac{f_{v,adh}}{\gamma_{Ma}}, \quad (M.1)$$

де:

τ – номінальне дотичне напруження у шарі клею;

$f_{v,adh}$ – характеристична міцність на зсув, див. М.3.2;

γ_{Ma} – коефіцієнт поправки на матеріал, див. 8.1.1.

ПРИМІТКА. У 8.1.1 слід використовувати високе значення γ_{Ma} , оскільки:

- розрахунок вузла базується на межі міцності на зсув для клею;
- розкид значень міцності клею може бути значним;
- досвіду з використання клейових з'єднань не так багато;
- міцність знижується по мірі старіння.

М.4 Випробування

(1) Можна використовувати вищі значення характеристичної міцності клею на зсув, ніж наведені у таблиці М.1, якщо проведені необхідні експериментальні випробування. Див. також ISO 11003.

(4) The adhesive types as mentioned in table M.1 may be used in structural applications under the conditions as given earlier in M.3.1 and M.3.2 respectively. The values given in table M.1 are based on results of extensive research. However, it is allowed to use higher shear strength values than the ones given in table M.1, see M.4.

M.3.3 Design shear stress

(1) The design shear stress should be taken as

where:

τ – nominal shear stress in the adhesive layer;

$f_{v,adh}$ – characteristic shear strength value of adhesive, see M.3.2;

γ_{Ma} – material factor for adhesive bonded joints, see 8.1.1.

NOTE. The high value of γ_{Ma} in 8.1.1 has to be used since:

- the design of the joint is based on ultimate shear strength of the adhesive;
- the scatter in adhesive strength can be considerable;
- the experience with adhesive bonded joints is small;
- the strength decreases due to ageing.

M.4 Tests

(1) Higher characteristic shear strength values of adhesives than given in table M.1 may be used if appropriate shear tests are carried out, see also ISO 11003.

Додаток НА
(довідковий)

**Перелік національних стандартів України (ДСТУ), ідентичних МС,
посилання на які є в EN 1999-1-1:2007**

Позначення європейського стандарту	Ступінь відповідності	Позначення та назва національного стандарту України (ДСТУ)
EN 1990	IDT	ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Система надійності та безпеки у будівництві. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT)
EN 1991	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) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-1-3:2003, 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) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-7:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Особливі динамічні впливи (EN 1991-1-7:2006, IDT)
EN 1993-1-1	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 «Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT)
EN 1999-1-2	IDT	ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 «Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2:2007, IDT)
EN 12681	IDT	ДСТУ EN 12681:2005 Литва – Контроль радіографічний (EN 12681:2003, IDT)
EN 571-1	IDT	ДСТУ EN 571-1:2001 Неруйнівний контроль – Капілярний контроль – Частина 1: Загальні вимоги (EN 571-1:1997, IDT)

<p>EN 13068-1</p> <p>EN 13068-2</p>	<p>IDT</p>	<p>ДСТУ EN 13068-1:2007 Неруйнівний контроль – Радіоскопічний контроль – Частина 1: Кількісне вимірювання властивостей зображення (EN 13068-1:1999, IDT)</p> <p>ДСТУ EN 13068-2:2008 Неруйнівний контроль – Контроль радіоскопічний. Частина 2: Контролювання довгострокової стабільності пристроїв і формування зображення (EN 13068-2:1999, IDT)</p>
<p>EN 444</p>	<p>IDT</p>	<p>ДСТУ EN 444:2005 Неруйнівний контроль – Основні принципи радіографічного методу контролю металів рентгенівським та гамма-випроміненнями (EN 444:1994, IDT)</p>

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1999-1-1:2007/A1

July 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

English Version

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

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium - Partie 1-1: Règles générales

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln

This amendment A1 modifies the European Standard EN 1999-1-1:2007; it was approved by CEN on 12 March 2009.

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 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 Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, 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 FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Foreword

This document (EN 1991-1-1:2005/A1:2009) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 250 “Structural Eurocodes”, the secretariat of which is held by BSI.

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

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, 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.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ

EN 1999-1-1:2007/A1

Липень 2009 рік

ICS 91.010.30; 91.080.10

Англійська версія

Єврокод 9: Проектування алюмінієвих конструкцій

Частина 1-1: Загальні правила для конструкцій

Цей додаток А1 змінює Європейський Стандарт EN 1999-1-1:2007; він був ухвалений CEN 12 березня 2009 року.

Члени CEN зобов'язані слідувати Міжнародним Правилам CEN/CENELEC, які визначають умови включення цього додатку у відповідні національні стандарти без ніяких змін. Переглянутий перелік та бібліографічні посилання, що стосуються таких національних стандартів можна одержати, звернувшись до Центру Управління CEN або до якогось з членів CEN.

Даний додаток існує у трьох офіційних версіях (Англійська, Французька, Німецька). Версія на інших мовах з перекладом, зробленим під відповідальність члена CEN на свою власну мову з сповіщенням Центра Управління CEN має такий же статус нарівні з офіційними версіями.

Членами CEN є органи національних стандартів Австрії, Бельгії, Болгарії, Кіпру, Чеської Республіки, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Румунії, Словачія, Словенії, Швеції, Швейцарії та Сполученого Королівства.



ЄВРОПЕЙСЬКИЙ КОМІТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Центр Управління : Авеню Марні 17, В-1000 Брюссель

© 2009 CEN Всі права на використання улюбій формі, та в будь-якому вигляді зарезервовані в усьому світі для Національних Членів CEN Посилання на No. EN 1999-1-1:2007/A1:2009: E

Передмова

Даний документ (EN 1991-1-1:2005/A1:2009) був підготовлений Технічним Комітетом CEN/TC 250 “Будівельні Євро коди”, секретаріат якого знаходиться під егідою BSI.

Даному Європейському Стандарту буде наданий статус національного стандарту шляхом публікації, ідентичного тексту або шляхом схвалення не пізніш ніж до липня 2010 року, при цьому національні стандарти, що суперечать повинні втратити силу не пізніш ніж до січня 2010 року.

Необхідно мати на увазі можливість того, що деякі елементи з цього документу можуть підпадати під дію патентних прав. CEN [або CENELEC] не несе відповідальності за встановлення порушень якогось одного або всіх патентних прав.

У відповідності з Внутрішніми Правилами CEN/CENELEC організації з національних стандартів з нижченаведених країн зобов'язані впровадити даний Європейський Стандарт, а саме Австрія, Бельгія, Болгарія, Кіпр, Чеська Республіка, Данія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Греція, Угорщина, Ісландія, Ірландія, Італія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словачія, Словенія, Швеція, Швейцарія та Сполучене Королівство.

1) Зміни до всього документу

Замінити 14 разів "центр" на "центр".

Замінити всі наявні значення "M_c" на "M_o".

Замінити всі наявні значення "M_c,R_d" на "M_o,R_d".

Замінити у всьому документі "prEN 1090-2" на "EN 1090-2" та "prEN 1090-3" на "EN 1090-3".

2) Зміни до 1.1.1

Пункт "(3)", видаляється виноска "5".

3) Зміни до 1.1.2

Пункт "(1)", замінюється "(дивись розділ 3)." на "(дивись розділ 3 та Додаток С)".

4) Зміни до 1.2.1

Видаляється виноска "6".

5) Зміни до 1.2.2

Видаляється посилання на "EN 1993-1-1".

6) Зміни до 1.2.3

Видаляються наступні посилання:

“

EN 573-1	EN 12020-1	EN 439	ISO 18273
EN 573-2	EN 12020-2	EN 970	ISO 1000
EN 573-3	ISO 8062	EN 1011-1	ISO 31-0
EN 573-4	EN 287-2	EN 1418	ISO 3898
EN 515	EN288-4	EN-ISO 10042	

“.

1) Modifications in the entire document

Replace 14 times "center" with "centre".

Replace all occurrences of the symbol "M_c" with "M_o".

Replace all occurrences of the symbol "M_c,R_d" with "M_o,R_d".

Replace in the entire document "prEN 1090-2" with "EN 1090-2" and "prEN 1090-3" with "EN 1090-3".

2) Modification to 1.1.1

Paragraph "(3)", delete footnote "5".

3) Modification to 1.1.2

Paragraph "(1)", replace "(see section 3)." with "(see section 3 and Annex C)".

4) Modification to 1.2.1

Delete footnote "6".

5) Modification to 1.2.2

Delete reference to "EN 1993-1-1".

6) Modifications to 1.2.3

Delete the following references:

“

EN 573-1	EN 12020-1	EN 439	ISO 18273
EN 573-2	EN 12020-2	EN 970	ISO 1000
EN 573-3	ISO 8062	EN 1011-1	ISO 31-0
EN 573-4	EN 287-2	EN 1418	ISO 3898
EN 515	EN288-4	EN-ISO 10042	

“.

Видаляється заголовок Підрозділу “1.2.3.1”.

Delete the heading of Subclause “1.2.3.1”.

Замінюються номери заголовків з “1.2.3.2” до “1.2.3.4” на з “1.2.3.1” до “1.2.3.3”.

Replace heading numbers “1.2.3.2” to “1.2.3.4” with “1.2.3.1” to “1.2.3.3”.

Замінюються всі датовані номери посилань на недатовані номери посилань (наприклад замінюється “EN 485-1:1993” на “EN 485-1”), за виключенням для “EN 755-2:1997” та “EN 1011-4:2000”, а також для “EN 755-2:1997”, що підлягають заміні на “EN 755-2:2008”.

Replace all dated reference numbers with undated reference numbers (e.g. replace “EN 485-1:1993” with “EN 485-1”), except for “EN 755-2:1997” and “EN 1011-4:2000”, as well as for “EN 755-2:1997” which is to be replaced with “EN 755-2:2008”.

Замінюється “EN ISO 1302” на “prEN ISO 1302”.

Replace “EN ISO 1302” with “prEN ISO 1302”.

Додаються наступні посилання до Бібліографії (недатовані): “EN 1592-1”, “EN 1592-2”, “EN 1592-3” та “EN 1592-4”.

Move the following references to the Bibliography (undated): “EN 1592-1”, “EN 1592-2”, “EN 1592-3” and “EN 1592-4”.

Назва “EN 12681”, замінюється “контроль” на “перевірку”.

Title of “EN 12681”, replace “inspection” with “examination”.

Замінюється назва “EN 1011-4” на “Зварювання – Рекомендації щодо зварювання металевих матеріалів – Частина 4: Дугове зварювання алюмінію та алюмінієвих сплавів”.

Replace title of “EN 1011-4” with “Welding – Recommendations for welding of metallic materials – Part 4: Arc welding of aluminium and aluminium alloys”.

7) Зміни до 1.6

7) Modifications to 1.6

Розділ “6.2 Опір поперечних перерізів”, позначення “ b_0 ” та “ L_e ” додаються до підрозділу “1.6” – розділ “Додаток К”.

Section “6.2 Resistance of cross sections”, move the symbols “ b_0 ” and “ L_e ” to Subclause “1.6” – section “Annex K”.

Розділ “8 Розрахунок з’єднань”, видаляється позначення “ γ_{Mc} ” та його визначення.

Section “8 Design of connections”, delete the symbol “ γ_{Mc} ” and its definition.

8) Зміни до 3.2.2

8) Modifications to 3.2.2

“Таблиця 3.2b”, додаються два рядки до таблиці з характеристиками для “Сплав EN-AW 5454” та “EN-AW 5754”, як показано нижче (деякі цифри виділяються **напівжирним шрифтом**, як показано далі):

“Table 3.2b”, add two rows to the table with characteristics for “Alloy EN-AW 5454” and “EN-AW 5754”, as shown below (some figures shall be **bold** as shown):

Alloy Сплав EN- AW	Produc t form Форма виробу	Temper Загарту- вання	Thick- ness t мм ¹⁾³⁾ товщи на t мм	f _o ¹⁾	f _u ¹⁾	A ⁵⁾²⁾	f _{o,haz} ⁴⁾	f _{u,haz} ⁴⁾	HAZ-factor коефіцієнт ⁴⁾		BC ⁶⁾	n _p ⁷⁾
				N/mm ² Н/ММ ²	%	N/mm ² Н/ММ ²	ρ _{o,haz}	P _{u,haz}				
5454	ET, EP,ER/B	O/H111 F/H112	t ≤ 25	85	200	16	85	200	1	1	B	5
5754	ET, EP,ER/B	O/H111 F/H112	t ≤ 25	80	180	14	80	180	1	1	B	6
	DT	H14/ H24/H34	t ≤ 10	180	240	4	100	180	0,56	0,75	B	16

та видаляється примітка 8.

and delete note 8.

“Таблиця 3.2b”, замінюється (деякі цифри виділяються **напівжирним** шрифтом, як показано далі):

“Table 3.2b”, replace (some figures shall be **bold** as shown):

“

6061	EP,ET,ER/B,DT	T4	t<25	110	180	50	95	150	0,86	0,83	B	8
	EP,ET,ER/B,DT	T6	t≤20	240	260	8	115	175	0,48	0,67	A	55

на, with:

6061	EP,ET,ER/B	T4	t<25	110	180	15	95	150	0,86	0,83	B	8
	DT		t<20	110	205	16				0,73	B	8
	EP,ET,ER/B	T6	t ≤ 25	240	260	8	115	175	0,48	0,67	A	55
	DT		t<20	240	290	10				0,60	A	23

“Таблиця 3.2b”, для “сплаву 6063”, колонка 2, рядок 5, замінюється “.” на “,” для написання:

“Table 3.2b”, for “alloy 6063”, column 2, line 5, replace “.” with “,” to write:

“EP,ET,ER/B”.

“EP,ET,ER/B”.

“Таблиця 3.2b” виноска “3”, замінюється “EN 755-2” на “EN 755-2:2008”.

“Table 3.2b”, footnote “3”, replace “EN 755-2” with “EN 755-2:2008”.

“Таблиця 3.2b”, у виносці “4”, другий рядок замінюється:

“Table 3.2b”, in footnote “4”, second row, replace:

“(3xxx, 5xxx та 8011A)”

“(3xxx, 5xxx and 8011A)”

на:

with:

"(3xxx та 5xxx)".

"(3xxx and 5xxx)".

"Таблиця 3.2b", для "сплав 6082", замінюється двічі "EP/O,EP/H" на "EP".

"Table 3.2b", for "alloy 6082", replace twice "EP/O,EP/H" with "EP".

9) Зміни до 3.2.3.2

9) Modification to 3.2.3.2

Пункт "(1)", у тексті та примітках замінюється тричі "EN 1706" на "EN 1706:1998"; та замінюється "дивись 6.3.3(2) EN ..." на "дивись 6.3.3.2 у EN ..."; та замінюється "дивись 6.3.3(3) EN ..." на "дивись 6.3.3.2 у EN ...".

Paragraph "(1)", in text and note, replace three times "EN 1706" with "EN 1706:1998"; and replace "see 6.3.3(2) EN ..." with "see 6.3.3.2 of EN ..."; and replace "see 6.3.3(3) EN ..." with "see 6.3.3.2 of EN ...".

10) Зміни до 3.3.2.1

10) Modifications to 3.3.2.1

"Таблиця 3.4", виноска "1" таблиці, видаляється "та (5)".

"Table 3.4", footnote "1" of the table, delete "and (5)".

"Таблиця 3.4", виноска "2" таблиці, видаляється "та (4)".

"Table 3.4", footnote "2" of the table, delete "and (4)".

11) Зміни до 5.3.1

11) Modifications to 5.3.1

Пункт "(1)P", примітка, замінюється "рівно чи менше ніж фундаментальні геометричні допуски" на "у відповідності з основними допусками".

Paragraph "(1)P", note, replace "equal or less than the fundamental geometrical tolerances" with "in accordance with the essential tolerances".

Пункт "(1)P", примітка, замінюється "-вимірний" на "-величини".

Paragraph "(1)P", note, replace "-valued" with "-values".

12) Зміни до 5.3.2

12) Modifications to 5.3.2

Пункт "(7)", "Рисунок 5.3", замінюється 4 рази "e_{0,d}" на "e₀".

Paragraph "(7)", "Figure 5.3", replace 4 times "e_{0,d}" with "e₀".

Пункт "(11)", рівняння "(5.6)", замінюється:

Paragraph "(11)", equation "(5.6)", replace:

$$\eta_{\text{init}}(x) = e_{0,d} \frac{N_{\text{cr},m}}{EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}} \eta_{\text{cr}}(x)$$

$$\eta_{\text{init}}(x) = e_{0,d} \frac{N_{\text{cr},m}}{EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}} \eta_{\text{cr}}(x)$$

with:

на:

$$\eta_{\text{init}}(x) = e_0 \frac{N_{\text{cr},m}}{EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|} \eta_{\text{cr}}(x)$$

Пункт “(11)”, формула “(5.7)”, “ $e_{0,d}$ ” замінюється на “ e_0 ”.

Пункт “(11)”, замінюється:

“та m визначає поперечний переріз, де $|\eta''_{\text{cr}}|$ досягає свого максимуму.”

на:

“та m визначає поперечний переріз, де $|\eta''_{\text{cr}}|$ досягає свого максимуму у випадку рівномірної нормальної сили та рівного поперечного перерізу.”

Пункт “(11)”, замінюється:

“ $EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}$ – згинальний момент”

на:

“ $EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|$ – згинальний момент”

Пункт “(11)”, “Примітка 2”, замінюється

“коефіцієнт “ $\frac{1}{EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ ” на “коефіцієнт $\frac{1}{EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|}$ ”

Пункт “(11)”, “Примітка 2”, замінюється “може замінятись з використанням

$\frac{|\eta^{\text{II}}|_{\text{max}}}{|M^{\text{II}}_{\eta_{\text{cr},m}}| |\eta_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ на “може бути замінено

з використанням $\frac{|\eta^{\text{II}}|_{\text{max}}}{|M^{\text{II}}_{\eta_{\text{cr},m}}| |\eta_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ ”, тобто замінюється “ I ” на “ Π ”.

$$\eta_{\text{init}}(x) = e_0 \frac{N_{\text{cr},m}}{EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|} \eta_{\text{cr}}(x)$$

Paragraph “(11)”, formula “(5.7)”, replace “ $e_{0,d}$ ” with “ e_0 ”.

Paragraph “(11)”, replace:

„and m denotes the cross-section where $|\eta''_{\text{cr}}|$ reaches its maximum.”

with:

“and m denotes the cross-section where $|\eta''_{\text{cr}}|$ reaches its maximum in the case of uniform normal force and uniform cross-section.”

Paragraph “(11)”, replace:

“ $EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}$ is the bending moment”

with:

“ $EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|$ is the bending moment”.

Paragraph “(11)”, “Note 2”, replace

“The ratio “ $\frac{1}{EI_m |\eta''_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ ” with “The ratio $\frac{1}{EI_m |\eta''_{\text{cr},m}|}$ ”

Paragraph “(11)”, “Note 2”, replace “may be

replaced by $\frac{|\eta^{\text{II}}|_{\text{max}}}{|M^{\text{II}}_{\eta_{\text{cr},m}}| |\eta_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ with “may be

replaced by $\frac{|\eta^{\text{II}}|_{\text{max}}}{|M^{\text{II}}_{\eta_{\text{cr},m}}| |\eta_{\text{cr}}|_{\text{max}}}$ ”, i.e. replace “ I ” with “ Π ”.

Paragraph “(11)”, “Note 2”, replace:

“ $|\eta_{\text{cr}}|_{\text{max}}$ is the maximum amplitude of...”

with:

Пункт “(11)”, “Примітка 2”, замінюється:

“ $|\eta_{cr}|_{\max}$ є максимальною амплітудою ...”

на:

“ $|\eta_{cr}|_{\max}$ є максимальним значенням амплітуди...”

Пункт “(11)”, “Примітка 2”, замінюється:

“ $|\eta^{\text{II}}|_{\max}$ – максимальне відхилення конструкції, розраховане за допомогою аналізу другого порядку відносно...”

на:

“ $|\eta^{\text{II}}|_{\max}$ – максимальне відхилення конструкції, розраховане за допомогою аналізу другого порядку відносно (позначеними II) для...”

Пункт “(11)”, “Примітка 2”, рівняння “(5.8)”, замінюється:

$$M_{\eta^{\text{II}}_{\text{init}}}(x) = \frac{e_{0,d} N_{cr,m} |\eta^{\text{II}}|_{\max}}{M_{\eta_{cr,m}} |\eta_{cr}|_{\max}} M_{\eta_{cr}}^{\text{II}}(x)$$

на:

$$M_{\eta^{\text{II}}_{\text{init}}}(x) = \frac{e_0 N_{cr,m} |\eta^{\text{II}}|_{\max}}{M_{\eta_{cr,m}} |\eta_{cr}|_{\max}} M_{\eta_{cr}}^{\text{II}}(x)$$

13) Зміни до 5.3.4

Пункт “(2)”, замінюється " $e_{0,9}$ " на " e_0 ".

Пункт “(3)”, замінюється двічі " $e_{0,9}$ " на " e_0 ".

14) Зміни до 6.1.4.3

“ $|\eta_{cr}|_{\max}$ is the maximum value of the amplitude of...”

Paragraph “(11)”, “Note 2”, replace:

“ $|\eta^{\text{II}}|_{\max}$ is the maximum deflection of the structure calculated using second order analysis for...”

with:

“ $|\eta^{\text{II}}|_{\max}$ is the maximum deflection of the structure calculated using second order analysis (symbolised by II) for...”

Paragraph “(11)”, “Note 2”, equation “(5.8)”, replace:

$$M_{\eta^{\text{II}}_{\text{init}}}(x) = \frac{e_{0,d} N_{cr,m} |\eta^{\text{II}}|_{\max}}{M_{\eta_{cr,m}} |\eta_{cr}|_{\max}} M_{\eta_{cr}}^{\text{II}}(x)$$

with:

$$M_{\eta^{\text{II}}_{\text{init}}}(x) = \frac{e_0 N_{cr,m} |\eta^{\text{II}}|_{\max}}{M_{\eta_{cr,m}} |\eta_{cr}|_{\max}} M_{\eta_{cr}}^{\text{II}}(x)$$

13) Modifications to 5.3.4

Paragraph “(2)”, replace " $e_{0,9}$ " with " e_0 ".

Paragraph “(3)”, replace twice " $e_{0,9}$ " with " e_0 ".

14) Modification to 6.1.4.3

Пункт “(3)”, вступ “е)”, замінюється "6.1.4.3(1)а" на "6.1.4.3(1)".

Paragraph “(3)”, entry “e)”, replace "6.1.4.3(1)a" with "6.1.4.3(1)".

15) Зміни до 6.1.6.2

15) Modification to 6.1.6.2

Пункт “(2)”, замінюється "f_a, h_{az}" на "f_u, h_{az}".

Paragraph “(2)”, replace "f_a, h_{az}" with "f_u, h_{az}".

16) Зміни до 6.1.6.3

16) Modifications to 6.1.6.3

Пункт “(5)”, замінюється :

Paragraph “(5)”, replace:

"6xxx or 7xxx рядів сплавів, або рядів 5xxx

"6xxx or 7xxx series alloys, or 5xxx series..."

на:

with:

"6xxx та 7xxx рядів сплавів, та в 3xxx, а також 5xxx рядів ...".

"6xxx and 7xxx series alloys, and in 3xxx and 5xxx series..."

Пункт “(6)”, замінюється:

Paragraph “(6)”, replace:

"або робота з загартуванням рядів 5xxx "

"or work-hardened 5xxx series..."

на:

with:

"та робота з загартуванням рядів 3xxx та 5xxx ...".

"and work-hardened 3xxx and 5xxx series..."

Пункт “(8)” замінюється :

Paragraph “(8)”, replace:

" або робота з загартуванням ряду 5xxx ..."

"or work-hardened 5xxx series..."

на:

with:

" та робота з загартуванням рядів 3xxx та 5xxx...";

"and work-hardened 3xxx and 5xxx series...";

і замінюється:

and replace:

" та робота з загартуванням ряду 5xxx ..."

"and work-hardened 5xxx series..."

на:

with:

" та робота з загартуванням рядів 3xxx та 5xxx...".

"and work-hardened 3xxx and 5xxx series..."

Пункт “(8)”, вступ “а)” замінюється:

"Якщо перехідна температура $T_1(^{\circ}\text{C})$, знаходиться десь в межах від 60°C до 120°C , то при консервативному підході передбачається, що для рядів 6xxx, 7xxx або роботою з загартуванням сплавів ряду 5xxx значення b_{haz} повинно перемножуватись на коефіцієнт α_2 наступним чином:"

на:

"Якщо перехідна температура $T_1(^{\circ}\text{C})$, знаходиться в межах від 60°C до 120°C , то при консервативному підході для рядів 6xxx, 7xxx або роботою з загартуванням сплавів ряду 3xxx та 5xxx значення b_{haz} підлягає перемноженню на коефіцієнт α_2 наступним чином:"

17) Зміни до 6.2.2.2

Замінюється останній підрозділ з номером “(0)” на “(5)”.

Пункт “(2)”, видаляється “великий”.

18) Зміни до 6.2.3

Зміщується останнє речення підрозділу “6.2.3” наліво (для форматування) і йому надається номер “(4)”.

Пункт “(3)”, замінюється "дивись 6.3.1.5" на "дивись 8.5.2.3".

Пункт “(1)”, додається наступна “Примітка”:

"Примітка Ексцентриситет від зміщення вісі центру мас асиметричних зварних перерізів можна не брати до уваги."

19) Зміни до 6.2.4

Paragraph “(8)”, entry “a)”, replace:

"If the interpass temperature $T_1(^{\circ}\text{C})$, which should be somewhere between 60°C and 120°C , it is conservative to assume that for 6xxx, 7xxx or workhardened 5xxx series alloys b_{haz} will be multiplied by a factor α_2 , as follows:"

with:

"If the interpass temperature $T_1(^{\circ}\text{C})$ is between 60°C and 120°C , it is conservative for 6xxx, 7xxx and work-hardened 3xxx and 5xxx alloys to multiply b_{haz} by a factor α_2 as follows:"

17) Modifications to 6.2.2.2

Replace the last subclause number “(0)” with “(5)”.

Paragraph “(2)”, delete “gross”.

18) Modifications to 6.2.3

Move the last sentence of subclause “6.2.3” to the left (for alignment) and give it the number “(4)”.

Paragraph “(3)”, replace "see 6.3.1.5" with "see 8.5.2.3".

Paragraph “(1)”, add the following “Note”:

"Note Eccentricity due to the shift of centroidal axis of asymmetric welded sections may be neglected."

19) Modification to 6.2.4

Пункт “(1)”, додається наступна “Примітка”:

"Примітка Ексцентриситет від зміщення вісі центру мас асиметричних зварних перерізів можна не брати до уваги."

20) Зміни до 6.2.5

Пункт “(1)”, додається наступна “Примітка”:

"Примітка Ексцентриситет від зміщення вісі центру мас асиметричних зварних перерізів можна не брати до уваги."

21) Зміни до 6.2.5.1

Пункт “(2)”, останній рядок, замінюється " β_2/β_3 " на " β_2/β ".

22) Зміни до 6.2.8

У розділах “(5)” та “(8)”, замінюється “(2)” на “(6)”; потім замінюється “(3)” на “(7)”; наприкінці зміщується розділ “(6)” на ліву сторону (для форматкування).

Пункт “(6)”, замінюється "дивись 6.7.6." на "дивись 6.2.5."

Пункт “(8)” замінюється "дивись 6.7.8." на "дивись 6.7.6."

23) Зміни до 6.2.9.3

Пункт “(2)”, замінюється “розміщено” на “поширювати”.

24) Зміни до 6.3.1.1

Пункт “(2)”, при поясненні значення “ κ ”, замінюється "згідно з 6.3.3.3." на "згідно з 6.3.3.3. $\kappa = 1$, у випадку відсутності зварювальних швів."

Paragraph “(1)”, add the following “Note”:

"Note Eccentricity due to the shift of centroidal axis of asymmetric welded sections may be neglected."

20) Modification to 6.2.5

Paragraph “(1)”, add the following “Note”:

"Note Eccentricity due to the shift of centroidal axis of asymmetric welded sections may be neglected."

21) Modification to 6.2.5.1

Paragraph “(2)”, last line, replace " β_2/β_3 " with " β_2/β ".

22) Modifications to 6.2.8

In clauses between “(5)” and “(8)”, replace “(2)” with “(6)”; then replace “(3)” with “(7)”; finally move clause “(6)” to the left (for alignment).

Paragraph “(6)”, replace "see 6.7.6." with "see 6.2.5."

Paragraph “(8)”, replace "see 6.7.8." with "see 6.7.6."

23) Modification to 6.2.9.3

Paragraph “(2)”, replace “extend” with “extends”.

24) Modification to 6.3.1.1

Paragraph “(2)”, in the explanation for “ κ ”, replace "according to 6.3.3.3." with "according to 6.3.3.3. $\kappa = 1$ if there are no welds."

25) Зміни до 6.3.1.2

Пункт “(1)”, у “(6.50)”, замінюється " $\chi < 1,0$ " на " $\chi \leq 1,0$ ".

26) Зміни до 6.3.1.3

Замінюються пункти “(1)” та “(2)” на:

(1) Відносна гнучкість $\bar{\lambda}$ приводиться у вигляді:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_o}{N_{\text{cr}}}} = \frac{L_{\text{cr}}}{i} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_o}{A E}} \quad (6.52)$$

де:

L_{cr} – вільна довжина у площині деформації, що розглядається у даному випадку

i – радіус інерції відносно відповідної осі, що визначається з поперечного перерізу.

(2) Вільна довжина L_{cr} повинна прийматись як kL , де L є довжиною між точками бокової опори, для кронштейну, L є його довжиною. Значення k , коефіцієнта приведеної довжини деформації для елементів повинен оцінюватись в залежності від умов закріплення. Якщо не виконується більш точний аналіз, то можна використовувати Таблицю 6.8

ПРИМІТКА Коефіцієнти приведеної довжини k зростають у порівнянні з теоретичною величиною для закріплених кінців що сприяє виникненню різних деформацій у з'єднаннях між різними конструктивними частинами

25) Modification to 6.3.1.2

Paragraph “(1)”, in “(6.50)”, replace " $\chi < 1,0$ " with " $\chi \leq 1,0$ ".

26) Modification to 6.3.1.3

Replace paragraphs “(1)” and “(2)” with:

(1) The relative slenderness $\bar{\lambda}$ is given by:

where:

L_{cr} is the buckling length in the buckling plane considered

i is the radius of gyration about the relevant axis, determined using the properties of gross cross-section.

(2) The buckling length L_{cr} should be taken as kL , where L is the length between points of lateral support; for a cantilever, L is its length. The value of k , the buckling length factor for members, should be assessed from knowledge of the end conditions. Unless more accurate analysis is carried out, Table 6.8 should be used.

NOTE The buckling length factors k are increased compared to the theoretical value for fixed ends to allow for various deformations in the connection between different structural parts.

Таблиця 6.8 – Коефіцієнт приведеної довжини деформації для елементів

Table 6.8 - Buckling length factor k for members

End conditions Кінцеві умови	k
1. Held in position and restrained in direction at both ends Закріплений і розкріплений в обох кінцях	0,7
2. Held in position at both ends and restrained in direction at one end Закріплений в обох кінцях і розкріплений в одному кінці	0,85
3. Held in position at both ends, but not restrained in direction Закріплений в обох кінцях, але без розкріплення	1,0
4. Held in position at one end and restrained at both ends Закріплений в одному кінці і розкріплений в обох кінцях	1,25
5. Held in position and restrained in direction at one end, and partially restrained in direction but not held in position at the other end Закріплений і розкріплений в одному кінці, але не закріплений в іншому кінці	1,5
6. Held in position and restrained in direction at one end, but not held in position or restrained at the other end Закріплений і розкріплений в одному кінці, але не закріплений або розкріплений на іншому кінці	2,1

".

27) Зміни до 6.3.1.2

Пункт "(1)", додається примітка в кінці "(1)":

"ПРИМІТКА В елементі з локальним зварювальним швом коефіцієнт гнучкості $\bar{\lambda}_{\text{haz}}$ згідно з 6.3.3.3 (3) повинен застосовуватись для перерізу із зварювальним швом".

28) Зміни до 6.3.1.5

Пункт "(1)", вступ "d)", замінюється "один" на "один".

29) Зміни до 6.3.2.1

Пункт "(1)", замінюється "більший" на "більший".

30) Зміни до 6.3.3.1

Пункт (1)", замінюється "в іншому випадку 6.3.3 та 6.3.3.4" на "в іншому випадку 6.3.3, 6.3.3.4 та 6.3.3.5".

27) Modification to 6.3.1.2

Paragraph "(1)", add note at the end of "(1)":

"NOTE In a member with a local weld the slenderness parameter $\bar{\lambda}_{\text{haz}}$ according to 6.3.3.3 (3) should be used for the section with the weld".

28) Modification to 6.3.1.5

Paragraph "(1)", entry "d)", replace "ingle" with "single".

29) Modification to 6.3.2.1

Paragraph "(1)", replace "mayor" with "major".

30) Modification to 6.3.3.1

Paragraph "(1)", replace "otherwise 6.3.3 and 6.3.3.4" with "otherwise 6.3.3, 6.3.3.4 and 6.3.3.5".

31) Зміни до 6.3.3.5

31) Modification to 6.3.3.5

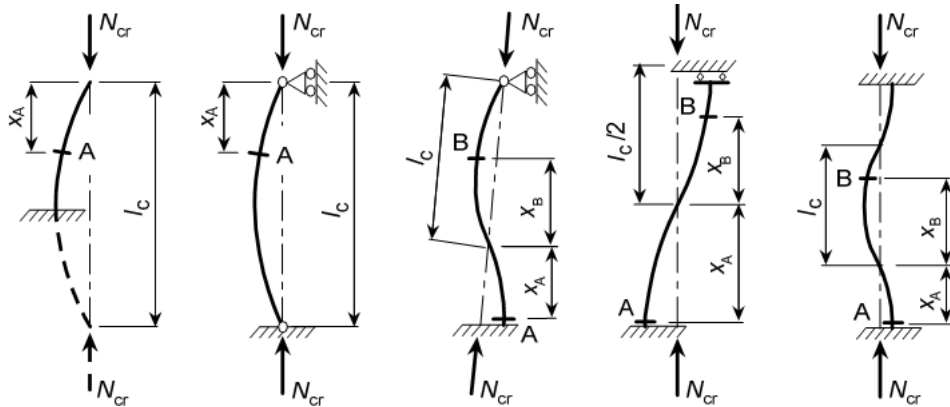
Пункт “(2)”, замінюється підпункт “(2)” на:

Paragraph “(2)”, replace clause “(2)” with:

“(2) Тільки для кінцевих моментів $M_{Ed,1} > M_{Ed,2}$ відстань x_s можна визначити виходячи з

“(2) For end moments $M_{Ed,1} > M_{Ed,2}$ only, the distance x_s can be calculated from

$$\cos\left(\frac{x_s \pi}{l_c}\right) = \frac{(M_{Ed,1} - M_{Ed,2})}{M_{Rd}} \cdot \frac{N_{Rd}}{N_{Ed}} \cdot \frac{1}{\pi(1/\chi - 1)} \quad \text{but } x_s \geq 0 \quad (6.71)$$



A та B це приклади перерізів, що розглядаються, відмічені поперечними відрізки. Дивись Таблицю 6.8 для встановлення величини деформаційної довжини $l_c = KL$.

A and B are examples of studied sections marked with transverse lines. See Table 6.8 for value of buckling length $l_c = KL$.

Рисунок 6.14 – Деформаційна довжина l_c та визначення $x_s (= x_A \text{ or } x_B)$ ”.

Figure 6.14 - Buckling length l_c and definition of $x_s (= x_A \text{ or } x_B)$ ”.

32) Зміни до 6.5.2 та 6.5.3

32) Modification to 6.5.2 and 6.5.3

“Рисунок 6.22” зміщується у Підпункт “6.5.1”.

Move “Figure 6.22” into Subclause “6.5.1”.

33) Зміни до 6.5.2

33) Modification to 6.5.2

Пункт “(4)”, вступ “b)”, замінюється двічі “ λ ” на “ $\bar{\lambda}$ ”.

Paragraph “(4)”, entry “b)”, replace twice “ λ ” with “ $\bar{\lambda}$ ”.

34) Зміни до 6.5.3

34) Modifications to 6.5.3

Пункт “(2)”, останній рядок, замінюється “ $M_{a,Rd}$ ” на “ $M_{u,Rd}$ ”.

Paragraph “(2)”, last line, replace “ $M_{a,Rd}$ ” with “ $M_{u,Rd}$ ”.

Пункт “(3)”, замінюється “Клас 1 та 2 поперечного перерізу” на “Клас 1 та 2 поперечних перерізів”.

Paragraph “(3)”, replace “Class 1 and 2 cross-section” with “Class 1 and 2 cross-sections”.

Пункт “(3)”, останній рядок розділу видаляється:

Paragraph “(3)”, last line of the clause, delete:

" f_0 – характеристична величиною міцності для загальної текучості".

" f_0 is the characteristic value of strength for overall yielding".

35) Зміни до 6.5.4

35) Modifications to 6.5.4

Пункт “(1)”, замінюється текст підрозділу на:

Paragraph “(1)”, replace text of the clause with:

"(1) Якщо прикладені навантаження на кінці прямокутної плити в результаті впливають на градієнт поперечного напруження, то такі напруження додаються до осевого зусилля а згинальний момент розглядаються окремо згідно з 6.5.2 та 6.5.3. Комбінація навантажень розглядається як вказано у 6.5.6.”.

"(1) If the applied actions at the end of a rectangular plate result in a transverse stress gradient, the stresses are transferred into an axial force and a bending moment treated separately according to 6.5.2 and 6.5.3. The load combination is then treated as in 6.5.6.”.

Пункт “(2)”, у 4-му рядку замінюється “може бути задовільнено” на “повинно бути виконано”.

Paragraph “(2)”, in the 4th line, replace “may be satisfied” with “should be performed”.

36) Зміни до 6.5.5

36) Modifications to 6.5.5

Пункт “(3)”, вступ “а”, замінюється " $\rho_{u,haz}$ " на " $\rho_{o,haz}$ ".

Paragraph “(3)”, entry “a”, replace " $\rho_{u,haz}$ " with " $\rho_{o,haz}$ ".

Пункт “(3)”, вступ “б”, замінюється:

Paragraph “(3)”, entry “b”, replace:

$$\text{"де ... } v_1 = k_\tau \frac{430t^2 \varepsilon^2}{b^2}$$

$$\text{"where ... } v_1 = k_\tau \frac{430t^2 \varepsilon^2}{b^2}$$

на:

with:

$$\text{"де ... } v_1 = k_\tau \frac{430t^2 \varepsilon^2}{b^2} \text{ та } v_1 \leq 1,0\text{"}$$

$$\text{"where ... } v_1 = k_\tau \frac{430t^2 \varepsilon^2}{b^2} \text{ and } v_1 \leq 1,0\text{"}$$

37) Зміни до 6.5.6

37) Modifications to 6.5.6

Пункт “(3)”, замінюється “умови” на “умова”.

Paragraph “(3)”, replace “conditions” with “condition”.

Пункт “(3)”, замінюється “(6.90)” на “(6.90a)”.

Paragraph “(3)”, replace “(6.90)” with “(6.90a)”.

Пункт “(4)”, замінюється розділ “(4)” на:

Paragraph “(4)”, replace clause “(4)” with:

“(4) Якщо об’єднані зусилля включають супутні зсувні зусилля, V_{Ed} , то тоді V_{Ed} можна не брати до уваги, якщо це значення не перевищує $0,5V_{Rd}$ (дивись 6.5.8). Якщо ж $V_{Ed} > V_{Rd}$ то потрібно щоб виконувалась наступна умова:

“(4) If the combined action includes the effect of a coincident shear force, V_{Ed} , then V_{Ed} may be ignored if it does not exceed $0,5V_{Rd}$ (see 6.5.8). If $V_{Ed} > V_{Rd}$ the following condition should be satisfied:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{Rd}} - 1 \right)^2 \leq 1,00 \quad (6.90b).”.$$

38) Зміни до 6.6.1

38) Modifications to 6.6.1

Пункт “(4)”, замінюється “прикладений” на “поздовжній”.

Paragraph “(4)”, replace “applied” with “longitudinal”.

Пункт “(4)”, замінюється “поперечне навантаження ” на “поперечно у площині безпосереднього напруження”.

Paragraph “(4)”, replace “transverse load” with “transverse in-plane direct stress”.

39) Зміни до 6.6.2

39) Modifications to 6.6.2

Пункт “(2)”, видалити “локальна втрата стійкості”.

Paragraph “(2)”, delete “local buckling and”.

Пункт “(3)”, у другому рядку, замінюється “ 2_{aw} ” на “ 2_a ”.

Paragraph “(3)”, in the second line, replace “ 2_{aw} ” with “ 2_a ”.

Пункт “(5)”, замінюється “всі елементи жорсткості в межах ширини листа b ” на “всі елементи жорсткості та обшивка в межах ширини b ”.

Paragraph “(5)”, replace “all stiffeners within the plate width b ” with “all stiffeners and plating within the width b ”.

40) Зміни до 6.6.3

40) Modifications to 6.6.3

Пункт “(2)”, третій рядок, замінюється “можна припускати” на “необхідно припускати”.

Paragraph “(2)”, third line, replace “it may generally be assumed” with “it should generally be assumed”.

Пункт “(4)”, замінюється тричі “ χ_c ” на “ χ ”.

Paragraph “(4)”, replace three times “ χ_c ” with “ χ ”.

41) Зміни до 6.6.5

Пункт “(2)”, видаляється “а також загальна товщина t , що визначена”.

Пункт “(3)”, замінюється:

" $B_x = \dots$ площа елемента жорсткості"

на:

" $B_x = \dots$ площа елементів жорсткості", тобто додається множина у вигляді літери "s".

42) Зміни до 6.6.6

Пункт “(1)”, замінюється з “(6.99) до (6.110)” на “з (6.104) до (6.110)”.

43) Зміни до 6.7.4.1

Нижче “Таблиці 6.13”, замінюється двічі " f_{aw} " на " f_{uw} ".

44) Зміни до 6.7.4.2

Додається номер “(12)” на початку останнього рядка.

У “(6.125)”, замінюється " V_{Rd} " на " $V_{w,Rd}$ " (4).

Пункт “(6)”, замінюється "від їх фактичної величини" на "від їх величини".

Пункт “(7)”, замінюється "являє собою суму жорсткості для окремих елементів жорсткості" на "являє собою другий момент площі всіх окремих елементів жорсткості".

45) Зміни до 6.7.6.1

Пункт “(2)”, у поясненні " $M_{f,Rd}$ ",

41) Modifications to 6.6.5

Paragraph “(2)”, delete “and the same general thickness t , found”.

Paragraph “(3)”, replace:

" $B_x = \dots$ area of stiffener"

with:

" $B_x = \dots$ area of stiffeners", i.e. add "s".

42) Modification to 6.6.6

Paragraph “(1)”, replace “(6.99) to (6.110)” with “(6.104) to (6.110)”.

43) Modification to 6.7.4.1

Under “Table 6.13”, replace twice " f_{aw} " with " f_{uw} ".

44) Modifications to 6.7.4.2

Add number “(12)” in front of the last line.

In “(6.125)”, replace " V_{Rd} " with " $V_{w,Rd}$ " (4).

Paragraph “(6)”, replace "of their actual value" with "of its value".

Paragraph “(7)”, replace "is the sum of the stiffness for the individual stiffeners" with "is the second moment of area of all individual stiffeners".

45) Modification to 6.7.6.1

Paragraph “(2)”, in explanation of " $M_{f,Rd}$ ",

замінюється ", дивись 6.7.5(9)" на "

replace ", see 6.7.5(9)" with "

$(= \min(A_{F1} \cdot h_{ef} / \gamma_{M1}, A_{F2} \cdot h_{ef} / \gamma_{M1}))$."

$(= \min(A_{F1} \cdot h_{ef} / \gamma_{M1}, A_{F2} \cdot h_{ef} / \gamma_{M1}))$."

46) Зміни до 6.7.7

46) Modifications to 6.7.7

Пункт "(1)", додається пояснення "f_{of}":

Paragraph "(1)", add explanation of "f_{of}":

"f_{of} 0,2% умовної межі текучості матеріалу фланців".

"f_{of} is the 0,2% proof strength of the flange material".

Пункт "(1)", замінюється:

Paragraph "(1)", replace:

"- пластичний момент опору, використаний як $k = 0,55$ "

"- plastic moment of resistance utilized $k = 0,55$ "

на :

with:

"- пружний момент опору, використаний як $k = 0,55$ ".

"- elastic moment of resistance utilized $k = 0,55$ ".

47) Зміни до 6.7.8.1

47) Modification to 6.7.8.1

Замінюється "(4)", "(5)" та "(6)" на "(3)", "(4)" та "(5)".

Replace "(4)", "(5)" and "(6)" with "(3)", "(4)" and "(5)".

48) Зміни до 7.1

48) Modification to 7.1

Пункт "(1)", замінюється "алюміній" на "алюміній".

Paragraph "(1)", replace "A aluminium" with "An aluminium".

49) Зміни до 7.2.4

49) Modification to 7.2.4

Пункт "(2)", у поясненні "l_{eff}", замінюється "дивись 6.7.5" на "дивись 6.2.5.2".

Paragraph "(2)", in explanation of "l_{eff}", replace "see 6.7.5" with "see 6.2.5.2".

50) Зміни до 8.1.1

50) Modification to 8.1.1

"Таблиця 8.1", замінюється "Таблиця 8.1" на:

"Table 8.1", replace "Table 8.1" with:

Таблиця 8.1 – Рекомендовані часткові коефіцієнти γ_M для вузлів
Table 8.1 - Recommended partial factors γ_M for joints

Resistance of members and cross-sections Опір елементів та поперечних перерізів	γ_{M1} and γ_{M2} see 6.1.3
Resistance of bolt connections Опір болтових з'єднань	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistance of rivet connections Опір клепаних з'єднань	
Resistance of plates in bearing Опір несучих пластин	
Resistance of pin connections Опір штифтових з'єднань	$\gamma_{Mp} = 1,25$
Resistance of welded connections Опір зварних з'єднань	$\gamma_{Mw} = 1,25$
Slip resistance, see 8.5.9.3 Опір проковзуванню, дивись 8.5.9.3 - for serviceability limit states (для другого граничного стану) - for ultimate limit states (для першого граничного стану)	$\gamma_{Ms,ser} = 1,1$ $\gamma_{Ms,ult} = 1,25$
Resistance of adhesive bonded connections Опір клеєних фіксуєючих з'єднань	$\gamma_{Ma} \geq 3,0$
Resistance of pins at serviceability limit state Опір штифтів для другого граничного стану	$\gamma_{Mp,ser} = 1,0$

51) Зміни до 8.1.4

Пункт “(1)”, вступ “(b)”, замінюється “кожні частини” на “кожна частина”.

52) Зміни до 8.3

Замінюються пункти “(1)”, “(2)” та “(3)” на:

“(1) У випадках, якщо на вузол діють часті удари або значні коливання, то необхідно використовувати зварювання, попередньо напружені болти, ін'єкційні болти, або інші типи болтів, які ефективно запобігають руху і ослабленню кріплення елементів.

(2) У випадках, коли у вузлі не повинно бути прослизання, тому що на нього діє знакозмінне поперечне навантаження (або з якоїсь іншої причини), то слід використовувати попередньо напружені

51) Modification to 8.1.4

Paragraph “(1)”, entry “(b)”, replace “each parts” with “each part”.

52) Modification to 8.3

Replace paragraphs “(1)”, “(2)” and “(3)” with:

“(1) Where a joint loaded in shear is subject to frequent impact or significant vibration either welding, preloaded bolts, injection bolts or other types of bolts, which effectively prevent movement and loosening of fastener, should be used.

(2) Where slipping is not acceptable in a joint because it is subject to reversal of shear load (or for any other reason), preloaded bolts in a slip-resistant connection (category B or C as appropriate, see 8.5.3), fitted bolts or welding

болти у з'єднаннях, що протидіють проковзуванню (категорії В чи С, або відповідні їм, дивись 8.5.3), підігнані болти або зварювання.

(3) Для вітрових /або стабілізаційних розкосів можуть використовуватись болти для несучих типів з'єднань (категорія А у 8.5.3) ”.

53) Зміни до 8.5.1

Пункт “(12)”, додається новий підрозділ “(12)”:

“(12) Отвори, які перевищують встановлені норми, у болтових з'єднаннях Категорії А мають бути застосовані при наявності таких умов:

– можна приймати до уваги більш можливе розташування конструкції або її компонента ніж встановлено ;

– відсутні знакозмінні навантаження ;

– нестандартні отвори використовуються на одній стороні вузла, де вони повинні застосовуватися у з'єднуваному елементі або у з'єднуючих елементах (накладки чи фасонки);

– потрібно виконувати правила для геометричних допусків нестандартних отворів, наведених у EN 1090-3;

– для болтів з діаметром $10 \leq d$ мм розрахунковий опір несучої групи болтів є меншим, ніж розрахунковий опір групи болтів на зріз. Дивись також 8.5.5 (7).”.

“Таблиця 8.2”, у рядках 5 та 6, замінюється двічі “8.5.1 (4)” на “8.5.1 (5)”.

“Таблиця 8.2”, у виносці “2)”, замінюється “6.4 як ” на “6.3 як”; видаляється “як колона з втратою стійкості”; потім видаляється “Кінцева відстань не залежить

should be used.

(3) For wind and/or stability bracings, bolts in bearing type connections (category A in 8.5.3) may be used.”.

53) Modifications to 8.5.1

Paragraph “(12)”, add new clause “(12)”:

“(12) Oversized holes in bolted connections of Category A may be used if the following conditions are met:

– a possible greater setting of the structure or of the component can be accepted;

– no reversal loads are acting;

– oversized bolts holes are used on one side of a joint, where they should be applied in the component to be connected or in the connecting devices (cover plates, gussets);

– the rules for geometrical tolerances for oversized holes given in EN 1090-3 are applied;

– for bolts with diameter $10 \leq d$ mm the design resistance of the bolt group based on bearing is less than the design resistance of the bolt group based on shear. See also 8.5.5 (7).”.

“Table 8.2”, in rows 5 and 6, replace twice “8.5.1 (4)” with “8.5.1 (5)”.

“Table 8.2”, in footnote “2)”, replace “6.4 as” with “6.3 as”; delete “as column like buckling”; then delete “The end distance is not affected by this requirement”.

від цієї вимоги".

54) Зміни до 8.5.2.3

Пункт "(1)", замінюється "з'єднуючі елементи " на "на з'єднуючі елементи, що зазнають розтягу або стиску".

Видаляється пункт "(3)".

Замінюється назва "Рисунок 8.6" на "З'єднання кутиків".

55) Зміни до 8.5.3.1

Пункт "(2)", "(3)" та "(4)", видаляється останнє речення у кожному з нижченаведених пунктів.

"Таблиця 8.4", у Рядку 5, для Категорії С, замінюється остання умова для даної категорії на:

$$" \sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd,ser} "$$

56) Зміни до 8.5.5

Пункт "(6)", замінюється друге речення на:

"Для болтів із зрізаною різьбою відповідні величини з Таблиці 8.5 повинні зменшуватись шляхом їх перемноження на коефіцієнт 0,85."

Пункт "(7)", замінюється "(7)" на:

"(7) Величини для розрахункового опору зрізу $F_{v,Rd}$, наведені у Таблиці 8.5 застосовуються виключно у випадках, коли болти використовуються у отворах з номінальними габаритами, що не перевищують встановлених для стандартних отворів, як це визначено у EN 1090-3. Для нестандартних отворів чи прорізних отворів

54) Modifications to 8.5.2.3

Paragraph "(1)", replace "connected members" with "connected members under tension and compression".

Delete paragraph "(3)".

Replace the title of "Figure 8.6" with "Connection of angles".

55) Modifications to 8.5.3.1

Paragraphs "(2)", "(3)" and "(4)", delete the last sentence in each one of these paragraphs.

"Table 8.4", in Row 5, for category C, replace the last condition for this category with:

56) Modifications to 8.5.5

Paragraph "(6)", replace the second sentence with:

"For bolts with cut threads, the relevant values from Table 8.5 should be reduced by multiplying them by a factor of 0,85."

Paragraph "(7)", replace "(7)" with:

"(7) The values for design shear resistance $F_{v,Rd}$ given in Table 8.5 apply only where the bolts are used in holes with nominal clearances not exceeding those for standard holes as specified in EN 1090-3. For oversized holes and slotted holes $F_{v,Rd}$ is reduced by a factor of 0,7."

значення $F_{v, RD}$ множать на коефіцієнт 0,7.”.

57) Зміни до 8.5.6

Видаляється пункт “(6)”.

Видаляється пункт “(7)”.

Пункт “(8)”, замінюється номер пункту “(8)” на “(6)”.

Пункт “(9)”, замінюється номер пункту “(9)” на “(7)”.

58) Зміни до 8.5.7

Анулюються пункти “(7)” та “(8)”.

Пункт “(9)”, замінюється номер пункту “(9)” на “(7)”.

Пункт “(10)”, замінюється номер пункту “(10)” на “(8)”.

59) Зміни до 8.5.9.2

Пункт “(1)”, видаляється “або стиск чи згин”.

60) Зміни до 8.5.14.1

Назва, змінюється “Розділ” на “Загальну частину”.

Змінюються пункти “(1)” та “(2)” на приведені нижче:

“(1) Штифтові з’єднання, в яких відбувається поворот повинні розраховуватись у відповідності з 8.5.14.2 – 8.5.14.3.

(2) Штифтові з’єднання, в яких не відбувається повороту можуть бути розраховані як одноболтові з’єднання за

57) Modifications to 8.5.6

Delete paragraph “(6)”.

Delete paragraph “(7)”.

Paragraph “(8)”, replace paragraph number “(8)” with “(6)”.

Paragraph “(9)”, replace paragraph number “(9)” with “(7)”.

58) Modifications to 8.5.7

Delete paragraphs “(7)” and “(8)”.

Paragraph “(9)”, replace paragraph number “(9)” with “(7)”.

Paragraph “(10)”, replace paragraph number “(10)” with “(8)”.

59) Modification to 8.5.9.2

Paragraph “(1)”, delete “or compression or bending”.

60) Modifications to 8.5.14.1

Title, replace “Scope” with “General”.

Replace paragraphs “(1)” and “(2)” with the following ones:

“(1) Pin connections where rotation is required should be designed according to 8.5.14.2 – 8.5.14.3.

(2) Pin connections in which no rotation is required may be designed as single bolted

умови, що довжина штифта є меншою ніж три діаметри штифта, дивись 8.5.3. Для всіх інших випадків необхідно користуватись методом, викладеним у 8.5.14.3 .”.

connections, provided that the length of the pin is less than 3 times the diameter of the pin, see 8.5.3. For all other cases the method in 8.5.14.3 should be followed.”.

61) Зміни до 8.5.14.2

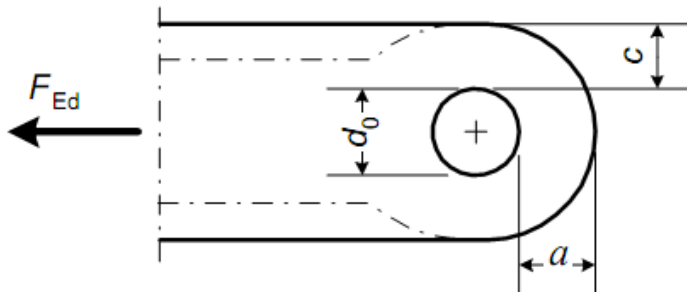
61) Modification to 8.5.14.2

Замінюється пункт “(1)”, “(2)” та “(3)” на:

Replace paragraphs “(1)”, “(2)” and “(3)” with:

“(1) Геометрія листів у штифтових з’єднаннях повинна відповідати вимогам щодо розмірів, дивись Рисунок 8.12.

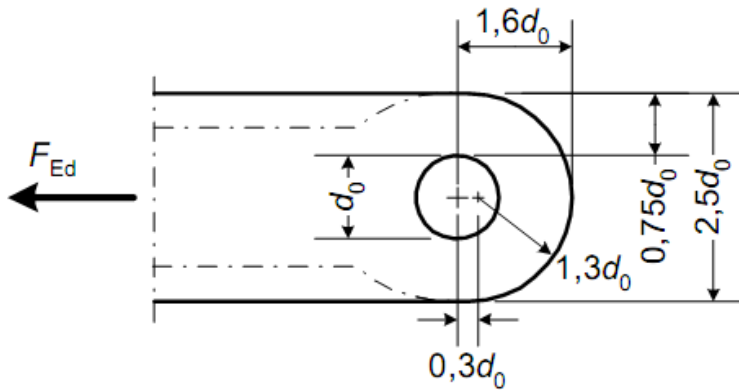
“(1) The geometry of plates in pin connections should be in accordance with the dimensional requirements, see Figure 8.12.



a) Given thickness and diameter of hole
а) Наведена товщина та діаметр отворів

$$a \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{2t f_0} + \frac{2d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{2t f_0} + \frac{d_0}{3}$$



b) Given geometry
б) Наведена геометрія

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{f_0}}$$

$$d_0 \geq 1,75 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M1}}{f_0}}$$

Рисунок 8.12 – Вимоги до геометрії для елементів з штифтовими кінцями
Figure 8.12 – Geometrical requirements for pin ended members

(2)Р При граничному стані розрахункова сила F_{Ed} у листі не повинна перевищувати розрахункового опору, наведеного у Таблиці 8.7.

(2)P At the ultimate limit state the design force F_{Ed} in the plate shall not exceed the design resistance given in Table 8.7.

(3) Штифтові листи забезпечують

збільшення робочої площі елемента або збільшення несучої здатності штифта, при цьому він повинен мати достатній розмір для передачі розрахункового зусилля від штифта до елемента, а також повинен бути розміщений таким чином, щоб запобігти ексцентриситету.».

62) Зміни до 8.5.14.3

Замінюється пункти «(1)» та «(2)» на такі пункти:

«(1) Штифти не повинні завантажуватись одиничним зрізом, таким чином кінці одного із з'єднуючих елементів повинні бути виделочного типу або в вигляді скоби. Система утримання штифта, наприклад, пружний фіксатор повинен бути розрахований на протидію боковому навантаженню, що становить не менш ніж 10% від загального перерізу чого навантаження на штифт.

(2) Згинальний момент у штифті повинен розраховуватись як вказано на Рисунку 8.13.

(3) При граничному стані розрахункова сила та моменти у штифті не повинні перевищувати відповідного розрахункового опору, наведеного у Таблиці 8.7

(4) Якщо штифт підлягає заміні (при багаторазовий монтаж чи демонтаж конструкції), то як доповнення до умов, наведених у 8.5.14.2 та 8.5.14 необхідно щоб виконувалась умова контактної несучого напруження:

$$\sigma_{h,Ed} \leq f_{h,Rd} \quad (8.28a)$$

де, where:

$$\sigma_{h,Ed} = 0,591 \sqrt{\frac{F_{Ed,ser}(d_0 - d)}{d^2 t}} \sqrt{\frac{2E_p E_{pl}}{E_p + E_{pl}}} \quad (8.28b)$$

(3) Pin plates provided to increase the net area of a member or to increase the bearing resistance of a pin should be of sufficient size to transfer the design force from the pin into the member and should be arranged to avoid eccentricity.”.

62) Modification to 8.5.14.3

Replace paragraphs “(1)” and “(2)” with the following paragraphs:

“(1) Pins should not be loaded in single shear, so one of the members to be joined should have a fork end, or clevis. The pin retaining system, e.g. spring clip, should be designed to withstand a lateral load not less than 10% of the total shear load of the pin.

(2) The bending moments in a pin should be calculated as indicated in Figure 8.13.

(3) At the ultimate limit state the design forces and moments in a pin should not exceed the relevant design resistances given in Table 8.7.

(4) If the pin is intended to be replaceable (multiple assembling and disassembling of a structure), in addition the provisions given in 8.5.14.2 and 8.5.14.3 the contact bearing stress should satisfy:

$$f_{h,Rd} = 2,5 f_o / \gamma_{M6,ser}$$

де:

d діаметр штифта

d_0 діаметр штифтового отвору

$F_{Ed,ser}$ розрахункова величина сили, що передається в несучому стані при комбінаціях характеристичних навантажень з метою забезпечення працездатності граничного стану

E_p, E_{pl} модуль пружності для штифта та листового матеріалу відповідно.

Where:

d is the diameter of the pin

d_0 is the diameter of the pin hole

$F_{Ed,ser}$ is the design value of the force to be transferred in bearing under the characteristic load combination for serviceability limit state

E_p, E_{pl} is the elastic modulus of the pin and the plate material respectively.

Таблиця 8.7 – Розрахунковий опір для штифтових з'єднань
Table 8.7 – Design resistances for pin connections

Criterion Критерії	Resistance Опір
Shear of the pin Зріз штифта If the pin is intended to be replaceable this requirement should also be satisfied Якщо передбачений демонтаж штифта то також потрібно щоб забезпечувалась вимога	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{Mp} \geq F_{v,Ed}$ $F_{v,Rd, ser} = 0,6 A f_{op} / \gamma_{M6,ser} \geq F_{v,Ed,ser}$
Bearing of the plate and the pin Утримання листа та штифта If the pin is intended to be replaceable this requirement should also be satisfied Якщо передбачена зміна місцеположення штифта то таку вимогу також необхідно задовольнити	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_{o,min} / \gamma_{M1} \geq F_{b,Ed}$ $F_{b,Rd} = 0,6 t d f_o / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Bending of the pin Згин штифта If the pin is intended to be replaceable this requirement should also be satisfied Якщо передбачена зміна місцеположення штифта то таку вимогу також необхідно задовольнити	$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_{op} / \gamma_{M1} \geq M_{Rd}$ $M_{Rd} = 0,8 W_{el} f_{op} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Combined shear and bending of the pin Сумісна дія поперечної сили і згинального моменту	$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 \leq 1,0$
d is the diameter of the pin діаметр штифта $f_{o,min}$ is lower of design strength of the pin and the connected part	

	меншим із значень розрахункового опору штифта або з'єднувальної частини
f_{up}	is the ultimate tensile strength of the pin межа міцності при розриві або розтягненні штифта
f_{op}	is the yield strength of the pin межа текучесті штифта
t	is the thickness of the connected part товщина з'єднуваної частини
A	is the cross sectional area of a pin. площа поперечного перерізу штифта

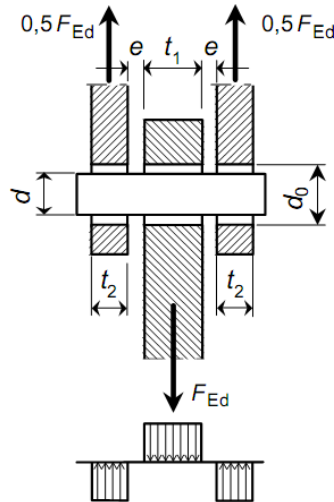


Рисунок 8.13 – Дії та результати їх впливу на штифт
Figure 8.13 - Actions and action effects on a pin

$$M_{Ed} = F_{Ed} (2t_2 + 4e + t_1) / 8 \quad (8.28c)$$

63) Зміни до 8.6.1

Пункт "(2)", у першому дефісі видаляється "та для ремонту".

63) Modification to 8.6.1

Paragraph "(2)", in first hyphen, delete "and for repair".

64) Зміни до 8.6.2

Замінюється двічі "6.5" на "6.1.6".

64) Modification to 8.6.2

Replace twice "6.5" with "6.1.6".

65) Зміни до 8.6.3.1

"Таблиця 8.8", у виносці "2", замінюється "Якщо використовується метал-заповнювач 5056, 5356A, 5183 " на "Якщо використовуються метали-заповнювачі 5056, 5356A, 5556A/5556B, 5183/5183A".

65) Modification to 8.6.3.1

"Table 8.8", in footnote "2", replace "If filler metals 5056, 5356A, 5183 are used" with "If filler metals 5056, 5356A, 5556A/5556B, 5183/5183A are used".

66) Зміни до 8.6.3.2.3

66) Modifications to 8.6.3.2.3

Пункт "(1)", Рівняння "(8.30)", замінюється
 $\tau_{Ed} \leq 0,6 \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}$ на $\tau_{Ed} \leq \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}$.

Пункт "(2)", видаляється речення "це застосовується у випадках нормального напруження, паралельного вісі зварювального шва."

67) Зміни до 8.6.3.3

Замінюється пункт "(4)" на:

"(4) Якщо довжина зварювального шва є меншою ніж катет шва помножити на 8, то опір зварювального шва до уваги не приймається. Якщо розподілення напружень вздовж довжини зварювального шва не є постійним, дивись Рисунок 8.16b, а якщо довжина зварювального шва перевищує у 100 разів товщину катета шва, то дійсна розрахункова довжина зварювального шва повинна прийматись як:

$$L_{w,eff} = (1,2 - 0,2 L_w / 100 a) L_w \text{ with } L_w \geq 100 a \quad (8.32)$$

де:

$L_{w,eff}$ = дійсна довжина поздовжніх кутових швів

L_w = загальна довжина поздовжніх кутових швів

a = катет шва, дивись Рисунок 8.17.

ПРИМІТКА При нерівномірному розподіленні напружень та наявності тонких та довгих зварювальних швів деформаційний потенціал біля кінців може бути вичерпаний перед середньою частиною зварювальних швів з текучістю, таким чином з'єднання не спрацьовує, характеризуючись ефектом типу «блискавки»

Paragraph "(1)", Equation "(8.30)", replace
 $\tau_{Ed} \leq 0,6 \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}$ with $\tau_{Ed} \leq \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}$.

Paragraph "(2)", delete the sentence "This applies specifically to the normal stress parallel to the axis of a weld."

67) Modifications to 8.6.3.3

Replace paragraph "(4)" with:

"(4) If the length of the weld is less than 8 times the throat thickness the resistance of the weld should not be taken into account. If the stress distribution along the length of the weld is not constant, see Figure 8.16b, and the length of the weld exceeds 100 times the throat thickness the effective weld length of longitudinal welds should be taken as:

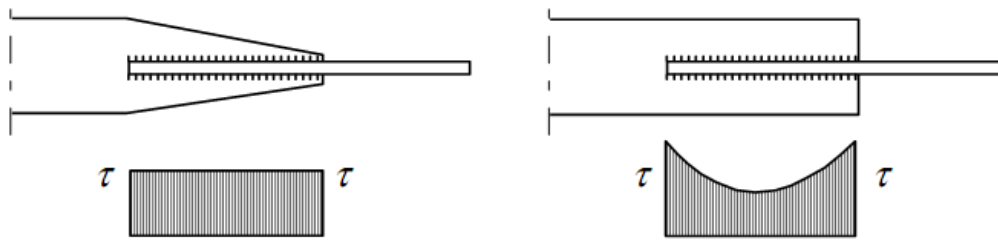
where:

$L_{w,eff}$ = effective length of longitudinal fillet welds

L_w = total length longitudinal fillet welds

a = effective throat thickness, see Figure 8.17.

NOTE With non-uniform stress distributions and thin, long welds the deformation capacity at the ends may be exhausted before the middle part of the weld yields; thus the connection fails by a kind of zipper-effect.



a) Example of a uniform stress distribution

a) Приклад рівномірного розподілення напружень

b) Example of a non uniform stress distribution

b) Приклад нерівномірного розподілення напружень

Рисунок 8.16 – Розподілення напружень у вузлах з кутовими зварними швами".

Figure 8.16 - Stress Distributions in Joints with Fillet Welds".

Пункт "(9)", Рівняння "(8.34)", замінюється "

$$a \geq 0,7 \frac{\sigma_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}} \text{ на } a \geq \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\sigma_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}}$$

Paragraph "(9)", Equation "(8.34)", replace "

$$a \geq 0,7 \frac{\sigma_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}} \text{ with } a \geq \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\sigma_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}}$$

Пункт "(9)", Рівняння "(8.36)", замінюється

$$a \geq 0,85 \frac{\tau_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}} \text{ на } a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\tau_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}}.$$

Paragraph "(9)", Equation "(8.36)", replace

$$a \geq 0,85 \frac{\tau_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}} \text{ with } a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\tau_{Ed} t}{f_w / \gamma_{Mw}}.$$

68) Зміни до 8.6.3.4

Пункт "(1)", вступ "a)", видаляється визначення of "t".

Paragraph "(1)", list entry "a)", delete the definition of "t".

Пункт "(1)", перелік вступів "a)" та "b)", замінюється двічі “коефіцієнт матеріалу” на “частковий коефіцієнт безпеки”.

Paragraph "(1)", list entries "a)" and "b)", replace twice “material factor” with “partial safety factor”.

Пункт "(1)", перелік вступів "b)" та "c)", для рівнянь "(8.41)" та "(8.43)", замінюється "біля кромки зовнішньої поверхні" на "біля межі проплавлення та біля кромки зовнішньої поверхні".

Paragraph "(1)", list entries "b)" and "c)", for equations "(8.41)" and "(8.43)", replace "at the toe" with "at the fusion boundary and at the toe".

Пункт "(1)", перелік вступів "a)", "b)" та "c)", для рівнянь "(8.38)", "(8.40)" та "(8.42)", замінюється “при наявності шва біля краю полиці (повний поперечний переріз)” на “при наявності шва біля краю полиці (повний поперечний переріз) для повного проплавлення зварювальних швів та фактичної товщини ділянки зварювального

Paragraph "(1)", list entries "a)", "b)" and "c)", for equations "(8.38)", "(8.40)" and "(8.42)", replace “at the toe of the weld (full cross section)” with “at the toe of the weld (full cross section) for full penetration welds and effective throat section te for partial penetration welds”.

шва при частковому проплавленні швів”.

69) Зміни до Додатку А

Замінюється повністю "Додаток А" наступним чином:

"Додаток А [інформативний] – Диференціація надійності

A.1 Вступна частина

(1) У розділі 2 EN 1990 містяться основні вимоги для перевірки конструкції на вимоги надійності. У Додатку В знаходиться класи послідовності та класи надійності, а також вказівки щодо вибору послідовності класів з метою диференціації надійності. Класи послідовності для будівельних елементів підрозділяються на три рівні, вираженими як CСi (i = 1, 2 або 3)

(2) Клас послідовності та суміжні класи надійності для конструкції або їх елементів мають визначення щодо вимог відносно розрахунку та монтажу конструкції, а також зокрема стосовно контролю за розрахунками та перевіркою при виконанні робіт.

(3) Цей додаток є інструкцією для застосування різних частин EN 1999 та складання плану розробки технічних умов, що передбачені у EN 1090-3.

A.2 Розрахункові умови для диференціації надійності – Рівні контролю розрахунків

(1) Інструкції, що містяться у EN 1990, Додаток В щодо диференціації передбачає наявність:

- правил для контролю за розрахунками та перевірки конструкторської документації, що виражені у Рівнях Контролю Розрахунків;
- правил визначення проектних навантажень

69) Modification to Annex A

Replace the whole "Annex A" with the following:

"Annex A [informative] – Reliability differentiation

A.1 Introduction

(1) EN 1990 gives in its section 2 basic requirements to ensure that the structure achieves the required reliability. Its Annex B introduces consequence classes and reliability classes and gives guidelines for the choice of consequence class for the purpose of reliability differentiation. Consequence classes for structural components are divided in three levels noted CСi (i = 1, 2 or 3)

(2) The consequence class and the associated reliability class for a structure or component have implications for the requirements for the design and execution of the structure, and in particular to requirements to design supervision and to inspection of execution.

(3) This annex is a guide for the application of the various parts of EN 1999 and for drafting the execution specification required by EN 1090-3.

A.2 Design provisions for reliability differentiation - Design supervision levels

(1) The guidance in EN 1990, Annex B for reliability differentiation provides:

- rules for design supervision and checking of structural documentation, expressed by Design Supervision Levels;
- rules for determination of design actions and

та комбінації навантажень, що виражені частковими коефіцієнтами для навантажень.

combination of actions, expressed by the partial factors for actions.

ПРИМІТКА Національний Додаток може містити правила щодо застосування класів по наслідкам руйнування та класів надійності, а також взаємоз'язків між ними та вимог стосовно контролю за розрахунками. . Рекомендації наведені у EN 1990 Додаток В.

NOTE The National Annex may give rules for the application of consequence classes and reliability classes and for the connection between them and requirements for design supervision. Recommendations are given in EN 1990 Annex B.

A.3 Виконання умов для диференціації надійності – Класи виконання

A.3 Execution provisions for reliability differentiation – Execution classes

(1) Класи виконання застосовуються з метою диференціація вимог щодо конструкцій та їх компонентів для керування питаннями надійності при виконанні робіт у відповідності з EN 1990, розділ 2.2 та його інформаційного Додатку В.

(1) Execution classes are introduced in order to differentiate in requirements to structures and their components for reliability management of the execution work, in accordance with EN 1990, clause 2.2 and its informative Annex B.

(2) Алюмінієві конструкції класифікуються за 4 -ма класами виконання, виражених EXC1, 2, 3 та 4, де клас 4 характеризується найбільш суворими вимогами.

(2) Aluminium structures are classified in 4 execution classes denoted EXC1, 2, 3 and 4, where class 4 has the most stringent requirements.

ПРИМІТКА EN 1990 рекомендує використовувати три класи по наслідкам руйнування, а також 3 класи надійності. Але EN 1990 не передбачає включення конструкцій, які підлягають дії втомних навантажень, як визначено у EN 1999-1-3.

NOTE EN 1990 recommends three consequence classes and three reliability classes. EN 1990 does, however, not include structures subject to fatigue that is covered in EN 1999-1-3.

(3) Класи виконання можуть застосовуватись як до всієї конструкції взагалі, так і до частини конструкції, до одного чи декількох компонентів або до конкретних деталей. Конструкція може включати більше ніж один клас виконання.

(3) The execution class may apply to the whole structure, to a part of a structure, to one or more components or to specific details. A structure may include more than one execution class.

(4) Обумовлено, що виконання конструкції та конструктивних частин проводиться у відповідності з EN 1090-3 дотримуючись правил щодо різних класів виконання, наведених у EN 1090-3.

(4) It is a condition that the execution of structures and structural components is undertaken according to EN 1090-3 following the rules for the various execution classes given in EN 1090-3.

A.4 Фактори, якими необхідно керуватись при виборі класу виконання.

A.4 Governing factors for choice of execution class

(1) Клас виконання встановлюється на основі таких трьох умов:

а. наслідки від руйнування конструкції, людські, економічні втрати, вплив на навколишнє середовища;

б. типу навантаження, тобто, чи підлягає конструкція переважно статичному навантаженню або значному втомному навантаженню;

с. використаних технологій та методик в процесі виконання робіт згідно з вимогами щодо рівня якості елемента.

(2) Для аналізу умов згідно (а.) при присвоєнні класів по наслідкам руйнування, дивись А.1

(3) Тип невизначеності при впливі і дії (б.) та складності виконання робіт (с.) являє небезпеку, що може привести до дефекту конструкції та до невідповідного функціонування конструкції в період використання. Для розгляду таких категорій небезпеки по обслуговуванню і виробництву дивись Таблицю А.1 та А.2.

(1) The execution class should be selected based on the following three conditions:

a. the consequences of a structural failure, either human, economical or environmental;

b. the type of loading, i.e. whether the structure is subject to predominantly static loading or a significant fatigue loading;

c. the technology and procedures to be used for the work connected with the requirements for the quality level of the component.

(2) For considerations of the conditions under (a.) by use of consequence classes, see A.1.

(3) The type of uncertainty in exposure and actions (b.) and the complexity in work execution (c.) represent hazards that can impose flaws in the structure leading to its malfunction during use. To consider such hazards service categories and production categories are introduced, see Table A.1 and A.2.

Таблиця А.1: Критерії для категорії експлуатації

Table A.1: Criteria for service category

Category Категорія	Criterion Критерій
SC1 S	Structures subject to quasi static actions ^{a)} Конструкції, під дією квазістатичних впливів ^{a)}
SC2	Structures subject to repeated actions of such intensity that the inspection regime specified for components subject to fatigue is required. ^{b)} Конструкції, що зазнають повторюваного впливу такого режиму інтенсивності, що для них назначається режим огляду як для елементів, підданих втомному навантаженню. ^{b)}
^{a)} Guidance is given in EN 1999-1-3 whether a component or structure may be regarded as subject to quasi static actions and classified in category SC1. ^{a)} інструкція з цього приводу наведена у EN 1999-1-3, де елемент або конструкція можуть розглядатись як такі, що зазнають квазістатичного впливу та класифікуються по категорії SC1. ^{b)} Service category SC2 should be used for cases not covered by SC1.	

b) Категорію експлуатації SC2 слід використовувати у випадках, не передбачених у SC1.

Таблиця А.2: Критерії для категорій виготовлення
Table A.2: Criteria for production category

Category Категорія	Criterion Критерій
PC1	Non welded components Не зварювані компоненти
PC2	Welded components Зварні елементи

<p>ПРИМІТКА 1 Визначення класу виконання для конструкції повинно враховуватись разом як проектувальником так і керівником будівельних робіт, згідно з національними положеннями щодо місця використання споруди. EN 1090-3 вимагає щоб клас виконання визначався технічним завданням на виконання робіт.</p> <p>ПРИМІТКА 2 EN 1090-3 містить правила на виконання робіт, включаючи правила проведення контролю. Така перевірка зокрема передбачена правилами виконання зварних конструкцій та вимогами щодо рівня якості, допустимих розмірів та видів зварювальних дефектів, типів та тривалістю перевірки, а також вимогами щодо інспекції та рівня компетентності інспекторів в галузі зварювання та персоналу, що веде зварювання у відповідності з класом виконання.</p> <p>Таблиця А.3 містить рекомендації для вибору класу виконання базуючись на вищезазначених критеріях. У випадку, коли клас виконання не визначений, то рекомендовано застосовувати клас виконання EXC2.</p>	<p>NOTE 1 The determination of the execution class for a structure/component should be taken jointly by the designer and the owner of the construction works, following national provisions in the place of use for the structure. EN 1090-3 requires that the execution class is defined in the execution specification.</p> <p>NOTE 2 EN 1090-3 gives rules for the execution of work including rules for inspection. The inspection includes in particular rules for welded structures with requirements for quality level, allowable size and kind of weld defects, type and extent of inspection, requirements to supervision and competence of welding supervisors and welding personnel, in relation to the execution class.</p> <p>Table A.3 gives recommendations for selection of execution class based on the above criteria. In case that no execution class has been specified, it is recommended that execution class EXC2 applies.</p>
<p>A.5 Визначення класу виконання</p> <p>(1) Рекомендована методика для визначення класу виконання виглядає наступним чином:</p> <p>a) Визначення класу по наслідкам від руйнування, вираженого в прогнозованій послідовності руйнування або виходу з ладу елементу, дивись EN 1990;</p> <p>b) визначення категорії експлуатації та категорії виробництва, дивись Таблицю А.1</p>	<p>A.5 Determination of execution class</p> <p>(1) The recommended procedure for determination of the execution class is the following:</p> <p>a) Determination of consequence class, expressed in terms of predictable consequences of a failure or collapse of a component, see EN 1990;</p> <p>b) determination of service category and production category, see Table A.1 and A.2;</p>

<p>та А.2.</p> <p>с) визначення класу виконання на основі результатів робіт а) та б) у відповідності з рекомендованою матрицею, що міститься у Таблиці А.3.</p>	<p>c) determination of execution class from the results of the operations a) and b) in accordance with the recommended matrix in Table A.3.</p>
---	---

Таблиця А.3 Визначення класу виконання
Table A.3 Determination of execution class

Consequence class Клас по наслідкам від руйнування		CC1		CC2		CC3	
Service category Категорія експлуатації		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production category Категорія виробництва	PC1	EXC1	EXC1	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC3 ^{a)}
	PC2	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC4
<p>^{a)} EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure also in the indicated categories as required by national provisions.</p> <p>^{a)} EXC4 потрібно застосовувати для спеціальних конструкцій або для конструкцій з найтяжчими наслідками руйнування, також у визначених категоріях згідно умов національних положень.</p>							

А.6 Ступені використання

(1) Ступені використання застосовуються для визначення вимог щодо важливості контролю та критеріїв приймання зварювальних швів, дивись EN 1090-3.

(2) Ступінь використання U для конструкцій та елементів, що зазнають переважно статичне навантаження визначається

A.6 Utilization grades

(1) Utilization grades are used to determine requirements to the amount of inspection and to the acceptance criteria for welds, see EN 1090-3.

(2) The utilization grade U for structures and components subject to predominantly static loading is defined by

$$U = \frac{E_k \gamma_F}{R_k / \gamma_M} \quad (A.1)$$

де:

E_k характеристичне навантаження;
 R_k характеристичний опір.

where:

E_k is the characteristic action effect;
 R_k is the characteristic resistance.

Для комбінованих дій значення U

For combined actions U is given by the

встановлюються за допомогою проміжних формул.

(3) Ступінь використання для конструкцій та компонентів, що піддаються втомним навантаженням визначено у EN 1999-1-3."

70) Зміни до В.1

Пункт "(6)", "Таблиця В.1", додається наступна "ПРИМІТКА до таблиці:

"ПРИМІТКА Дивись рисунки з 8.1 по 8.4."

71) Зміни до С.3.3

Пункт "(1)", замінюється "EN AC-44100" на "EN AC-44200".

72) Зміни до С.3.4.2

Пункт "(2)", перелік вступу "с)", замінюється "prEN 12681" на "EN 12681".

73) Зміни до D.3.2

Пункт "(1)", замінюється "EN 508-2:1996" на "EN 508-2".

Пункт "(5)", "Таблиця 1", "ПРИМІТКА", замінюється "EN 508-2:1996" на "EN 508-2".

74) Зміни до D.3.3

Пункт "(1)", замінюється "EN 508-2:1996" на "EN 508-2".

75) Зміни до D.3.4.5

"Таблиця D.2", "Примітка 3", замінюється "EN 508-2:1996" на "EN 508-2".

76) Зміни до D.3.4.7

interaction formulae.

(3) The utilization grade for structures and components subject to fatigue loads is defined in EN 1999-1-3."

70) Modification to B.1

Paragraph "(6)", "Table B.1", add the following "NOTE" to the table:

"NOTE See figures 8.1 to 8.4."

71) Modification to C.3.3

Paragraph "(1)", replace "EN AC-44100" with "EN AC-44200".

72) Modification to C.3.4.2

Paragraph "(2)", list entry "c)", replace "prEN 12681" with "EN 12681".

73) Modifications to D.3.2

Paragraph "(1)", replace "EN 508-2:1996" with "EN 508-2".

Paragraph "(5)", "Table 1", "NOTE", replace "EN 508-2:1996" with "EN 508-2".

74) Modification to D.3.3

Paragraph "(1)", replace "EN 508-2:1996" with "EN 508-2".

75) Modification to D.3.4.5

"Table D.2", "Note 3", replace "EN 508-2:1996" with "EN 508-2".

76) Modification to D.3.4.7

"Таблиця D.2", замінюється:

"Умовні позначення:

Види обробки, що застосовуються для контактних поверхонь конструктивних елементів"

на:

" Умовні позначення :

M = метал, B = болт, R = заклепка,

Види обробки, що застосовуються для контактних поверхонь конструктивних елементів"

77) Зміни до Н.10

Замінюється "Н.5" на "Н.4".

78) Зміни до Е.2.1.1

Пункт "(1)", у рівнянні"(Е.1)", замінюється "0 < $\epsilon \leq \epsilon_p$ " на "0 ≤ $\epsilon \leq \epsilon_p$ ".

Пункт "(3)", замінюється:

" ϵ_u = номінальна величина критичної деформації (дивись Розділ 3)"

на:

" ϵ_u = номінальна величина критичної деформації (дивись Е.3)".

Пункт "(3)", замінюється:

" f_{max} = номінальна величина f_u (дивись Розділ 3)"

на:

"Table D.2", replace:

"Legend:

Treatments applied to the contact areas of structural members"

with:

"Legend:

M = metal, B = bolt, R = rivet,

Treatments applied to the contact areas of structural members".

77) Modification to H.10

Replace "H.5" with "H.4".

78) Modifications to E.2.1.1

Paragraph "(1)", in equation "(E.1)", replace "0 < $\epsilon \leq \epsilon_p$ " with "0 ≤ $\epsilon \leq \epsilon_p$ ".

Paragraph "(3)", replace:

" ϵ_u = nominal value of ultimate strain (see Section 3)"

with:

" ϵ_u = nominal value of ultimate strain (see E.3)".

Paragraph "(3)", replace:

" f_{max} = nominal value of f_u (see Section 3)"

with:

" f_{\max} = номінальна величина f_u (дивись Рисунок E.1a та Розділ 3) або f_p (дивись Рисунок E.1b)".

79) Зміни до E.2.1.2

Пункт "(1)", у рівнянні "(E.3)", замінюється " $0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p$ " на " $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_p$ ".

Пункт "(1)", замінюється:

" f_p = межа пропорційності (= $R_{p0,001}$)"

на:

" f_p = умовна межа пружності (дивись E.2.1.2(3))".

Пункт "(1)", замінюється:

" f_e = межа пружності (= $R_{p0,2}$)"

на:

" f_e = умовна межа пружності (дивись E.2.1.2(3))".

У кінці підрозділу додається наступний пункт:

"(3) За відсутністю більш точної оцінки вище перелічених параметрів, можна розглядати наступні величини стосовно обох моделей на Рисунках E.2a) та E.2b):

$$f_p = f_{01,0}$$

f_e = номінальна величина f_o (дивись Розділ 3)

f_{\max} = номінальна величина f_u (дивись Рисунок E.2a та Розділ 3) або f_e (Дивись Рисунок E.2b)

ε_u = номінальна величина критичної

" f_{\max} = nominal value of f_u (see Figure E.1a and Section 3) or f_p (see Figure E.1b)".

79) Modifications to E.2.1.2

Paragraph "(1)", in equation "(E.3)", replace " $0 < \varepsilon \leq \varepsilon_p$ " with " $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_p$ ".

Paragraph "(1)", replace:

" f_p = limit of proportionality (= $R_{p0,001}$)"

with:

" f_p = conventional elastic limit of proportionality (see E.2.1.2(3))".

Paragraph "(1)", replace:

" f_e = limit of elasticity (= $R_{p0,2}$)"

with:

" f_e = conventional limit of elasticity (see E.2.1.2(3))".

End of the Subclause, add the following paragraph:

"(3) In the absence of more accurate evaluation of the above parameters the following values may be assumed for both models of Figures E.2a) and E.2b):

$$f_p = f_{01,0}$$

f_e = nominal value f_o (see Section 3)

f_{\max} = nominal value of f_u (see Figure E.2a and Section 3) or f_e (See Figure E.2b)

ε_u = nominal value of ultimate strain (see E.3)

деформації (дивись Е.3)

$$\varepsilon_{\max} = 0,5\varepsilon_u$$

$$\varepsilon_p = f_{0,01}/E$$

$$E_1 = (f_e - f_p)/(\varepsilon_e - \varepsilon_p)$$

$$E_2 = (f_{\max} - f_e)/(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_e) \text{ на Рисунок Е.2а)".}$$

80) Зміни до Е.2.2.1

Пункт "(2)", у рядку перед рівнянням "(Е.6)", замінюється "0 < $\varepsilon \leq \varepsilon_p$ " на "0 $\leq \varepsilon \leq \varepsilon_p$ ".

Пункт "(2)", для "Регіон 2", видаляється " на $\varepsilon_p = 0,5\bar{\varepsilon}_e$ та $\bar{\varepsilon}_e = f_e/E$ ".

Пункт "(2)", замінюється:

" f_e = умовна межа пружності"

на:

" f_e = умовна межа пружності".

Пункт "(3)", замінюється:

" ε_u = номінальна величина критичної деформації (дивись Розділ 3)"

на:

" ε_u = номінальна величина критичної деформації (дивись Е.3)".

81) Зміни до Е.2.2.2

Замінюються номери формул з "(Е.10)" по "(Е.19)" на номери з "(Е.9)" по "(Е.18)".

Пункт "(1)", замінюється:

$$\varepsilon_{\max} = 0,5\varepsilon_u$$

$$\varepsilon_p = f_{0,01}/E$$

$$E_1 = (f_e - f_p)/(\varepsilon_e - \varepsilon_p)$$

$$E_2 = (f_{\max} - f_e)/(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_e) \text{ in Figure E.2a)".}$$

80) Modifications to E.2.2.1

Paragraph "(2)", in the line before equation "(E.6)", replace "0 < $\varepsilon \leq \varepsilon_p$ " with "0 $\leq \varepsilon \leq \varepsilon_p$ ".

Paragraph "(2)", for "Region 2", delete " with $\varepsilon_p = 0,5\bar{\varepsilon}_e$ and $\bar{\varepsilon}_e = f_e/E$ ".

Paragraph "(2)", replace:

" f_e = conventional elastic limit"

with:

" f_e = conventional limit of elasticity".

Paragraph "(3)", replace:

" ε_u = nominal value of ultimate strain (see Section 3)"

with:

" ε_u = nominal value of ultimate strain (see E.3)".

81) Modifications to E.2.2.2

Replace formula numbers "(E.10)" to "(E.19)" with numbers "(E.9)" to "(E.18)".

Paragraph "(1)", replace:

" f_e = умовна межа пружності"

" f_e = conventional elastic limit"

на:

with:

" f_e = умовна межа пружності".

" f_e = conventional limit of elasticity".

Пункт "(3)", замінюється "A_s умовна межа пружності" на "A_s умовну межу пружності".

Paragraph "(3)", replace "A_s conventional elastic limit" with "A_s conventional limit of elasticity".

Пункт "(4)", Рівняння "(E.14)", замінюється

Paragraph "(4)", Equation "(E.14)", replace

$$"n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{o,max})}{\ln(f_o / f_{max})}" \text{ на } "n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{o,max})}{\ln(f_o / f_{max})}."$$

$$"n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{o,max})}{\ln(f_o / f_{max})}" \text{ with } "n = \frac{\ln(0,002 / \varepsilon_{o,max})}{\ln(f_o / f_{max})}."$$

Пункт "(4)", Рівняння "(E.13)", замінюється

Paragraph "(4)", Equation "(E.13)", replace

$$"n = \frac{\ln 2}{\ln f_o / f_{0,1}}" \text{ на } "n = \frac{\ln 2}{\ln (f_o / f_{0,1})}."$$

$$"n = \frac{\ln 2}{\ln f_o / f_{0,1}}" \text{ with } "n = \frac{\ln 2}{\ln (f_o / f_{0,1})}."$$

Пункт "(5)", замінюється:

Paragraph "(5)", replace:

"(5) На основі випробувань на розтяг можна прийняти наступні величини:"

"(5) Based on extensive tests, the following values may be assumed:"

на:

with:

"(5) На основі випробувань на розтяг можна прийняти наступні величини замість тих, що наведені у E.2.2.2(4):".

"(5) Based on extensive tests, the following values may be assumed instead of the ones given in E.2.2.2(4):".

82) Зміни до E.3

82) Modification to E.3

Замінюються номери формул з "(E.20)" по "(E.21)" на з "(E.19)" по "(E.20)".

Replace formula numbers "(E.20)" to "(E.21)" with "(E.19)" to "(E.20)".

83) Зміни до F.2

83) Modifications to F.2

Пункт "(4)", замінюється "A_s умовна межа пружності" на "A_s умовна межа пружності".

Paragraph "(4)", replace "A_s conventional elastic limit" with "A_s conventional limit of elasticity".

Пункт "(5)", замінюється "A_s умовна межа

Paragraph "(5)", replace "A_s conventional elastic limit" with "A_s conventional limit of

пружності" на "A_s умовна межа пружності".

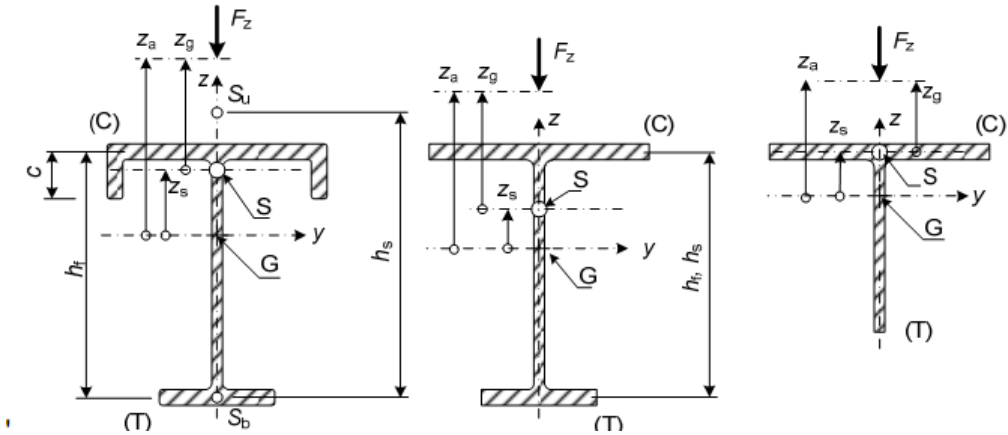
elasticity".

84) Зміни до I.1.2

84) Modification to I.1.2

"Рисунок I.1", на *рисунку*, *замінюється тричі "С" на "G" таким чином:*

"Figure I.1", *in the figure*, *replace three times "C" with "G" thus:*



85) Зміни до I.3

85) Modifications to I.3

Пункт "(1)", *змінюється* "при стандартних умовах обмеження (дивись I.1.1(2)) на кожному кінці" на "при різних умовах на його кінцях".

Paragraph "(1)", *replace* "under standard conditions of restraint (see I.1.1(2)) at each end" *with* "under various conditions at its ends".

Пункт "(1)", *під рівнянням* "(I.16)", *змінюється* "I_t, I_w, I_z, k_v," на "I_t, I_w, I_z, k_y,".

Paragraph "(1)", *under equation* "(I.16)", *replace* "I_t, I_w, I_z, k_v," *with* "I_t, I_w, I_z, k_y,".

86) Зміни до M.3.3

86) Modification to M.3.3

Пункт "(1)", *замінюється* "коефіцієнт матеріалу" на "частковий коефіцієнт безпеки".

Paragraph "(1)", *replace* "material factor" *with* "partial safety factor".

УКНД 91.010.30; 91.080.10

Ключові слова: алюмінієві сплави, вузлові з'єднання, клейові з'єднання, конструкції, корозія, моделювання, нормативні посилання, проектування.

Голова правління ВАТ «УкрНДІпроектсталь-конструкція ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф.	О. Шимановський
Перший заступник голови правління, д.т.н., проф.	В. Гордєєв
Керівник розробки, д.т.н., проф.	В. Гордєєв
Завідувач відділу НДВТР, к.т.н.	А. Гром
Завідувач групи НДВТР	Г. Ленда
Провідний інженер	В. Артюшенко
Інженер II категорії	М. Бурчик
Інженер III категорії	О. Кордун
Інженер III категорії	Я. Левченко
Інженер-перекладач	В. Бродовой
Інженер-перекладач	П. Ковернінський