НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN 1993-1-8:20__

(EN 1993-1-8:2024, IDT)

ЄВРОКОД 3
ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Частина 1-8. З’єднання

(Проєкт, перша редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
20__

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Металобудівництво» (ТК 301)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від ___._____. 20__ р. № _____ з 20___–___–___

3 Національний стандарт відповідає EN 1993-1-8:2024 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-8: Joints (Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-8. З'єднання) і внесений з дозволу CEN-CENELEC, Rue de la Science 23, B-1040 Brussels, Belgium. Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CEN-CENELEC

Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України

5 НА ЗАМІНУ ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 (EN 1993-1-8:2005, IDT);

Зміни № 1 до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 (EN 1993-1-8:2005, IDT)

**Право власності на цей національний стандарт належить державі.
Заборонено повністю або частково видавати, відтворювати
задля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи**

ДП «УкрНДНЦ», 20XX

ЗМІСТ

С.
Національний вступ ... IX
Передмова до EN 1993-1-8:2024 ... XI
0 Вступ ... XIV
1 Сфера застосування ... 1
2 Нормативні посилання ... 2
3 Терміни, визначення понять та познаки ... 3
3.1 Терміни та визначення понять ... 3
3.2 Познаки та скорочення ... 5
4 Основи проєктування ... 40
4.1 Загальні правила ... 40
4.1.1 Основні вимоги ... 40
4.1.2 Додаткові вимоги ... 40
4.2 Проєктні припущення ... 41
4.3 Конструкційні властивості з’єднань ... 42
4.3.1 Загальні положення ... 42
4.3.2 Часткові коефіцієнти ... 43
4.4 Комбіновані способи з'єднання ... 44
4.5 З’єднання, що працюють на зсув та піддані ударній, вібраційній та/або знакозмінній навантазі ... 44
4.6 Ексцентриситет на перетині елементів ... 45
5 З'єднання із застосуванням болтів, заклепок чи штифтів ... 46
5.1 Болти, гайки та шайби ... 46
5.1.1 Класи міцності ... 46
5.1.2 Болти для застосування з попереднім натягом ... 47
5.2 Заклепки ... 47
5.3 Анкерні болти та кріпильні вироби для з’єднання сталевого елемента з бетоном ... 47
5.4 Болтові з'єднання ... 48
5.4.1 Класи болтових з'єднань ... 48
5.4.2 Ін'єкційні болти ... 49
5.4.3 Комбіновані з'єднання ... 49
5.4.4 З'єднання із застосуванням з’єднувальних кутиків ... 49

5.5 Штифтові з'єднання 51
5.6 Заклепкові з'єднання 52
5.7 Розрахункові критерії 53
5.7.1 Розрахункові критерії для болтових з'єднань 53
5.7.2 Розрахункові критерії для з'єднань із застосуванням ін'єкційних болтів 55
5.7.3 Розрахункові критерії для штифтових з'єднань 58
5.7.4 Розрахункові критерії для заклепкових з'єднань 61
5.8 Розташування отворів для болтів і заклепок 61
5.9 Розрахунковий опір окремих кріпильних виробів, які піддано зрізу, зминанню та/або розтягу 66
5.9.1 Заклепки та болти у звичайних круглих чи прорізних отворах 66
5.9.2 Високоточні болти 72
5.9.3 Болти в отворах із наріззю 73
5.9.4 Ін'єкційні болти 74
5.9.5 Сили відриву 76
5.9.6 Кріпильні вироби для з'єднання сталевого елемента з бетоном 76
5.10 Розрахунковий опір проковзуванню окремих болтів із попереднім натягом 77
5.10.1 Загальні положення 77
5.10.2 Комбінація розтягу та зсуву 79
5.11 Розрахунковий опір групи кріпильних виробів у з'єднаннях, що працюють на зминання за дії осьової сили 79
5.12 Розрахунковий опір групи кріпильних виробів у з'єднаннях, що працюють на проковзування за дії осьової сили 82
5.13 Розрахунковий опір з'єднань класів A, B та C за дії згинальної та осьової сили 82
5.14 Розрахунковий опір розриву цілісності з'єднання 83
5.15 Розрахунковий опір кутиків, прикріплених однією полицею, та інших несиметрично з'єднаних елементів, підданих розтягу 85
6 Зварні з'єднання 86
6.1 Загальні положення 86
6.2 Зварювальні матеріали 87
6.3 Геометричні параметри та розміри 87
6.3.1 Тип зварного шва 87
6.3.2 Кутові зварні шви 88
6.3.3 Кутові зварні шви по замкненому периметру з'єднання 91

6.3.4 Стикові зварні шви 91
6.3.5 Коркові зварні шви 92
6.3.6 Зварні шви з розвальцюванням 93
6.4 Зварні шви з фасонками 93
6.5 Розрахунковий опір кутових зварних швів 94
6.5.1 Довжина зварних швів 94
6.5.2 Розрахункова товщина зварного шва 94
6.5.3 Розрахунковий опір кутових зварних швів 96
6.6 Розрахунковий опір кутових зварних швів по замкненому периметру з'єднання 100
6.7 Розрахунковий опір стикових зварних швів 101
6.7.1 Стикові зварні шви з повним проплавленням 101
6.7.2 Стикові зварні шви з неповним проплавленням 101
6.7.3 Таврові з'єднання елементів 102
6.8 Розрахунковий опір коркових зварних швів 103
6.9 Розподіл зусиль 103
6.10 З'єднання з полицями без елементів жорсткості 105
6.11 Розрахунковий опір довгомірних з'єднань 107
6.12 Позацентрово навантажені односторонні кутові чи односторонні стикові зварні шви з неповним проплавленням 108
6.13 Кутики, прикріплені однією полицею 109
6.14 Зварювання в зонах холодного формування 110
7 Конструкційний розрахунок 110
7.1 Загальний розрахунок 110
7.1.1 Загальні положення 110
7.1.2 Пружний загальний розрахунок 111
7.1.3 Жорстко-пластичний загальний розрахунок 113
7.1.4 Пружно-пластичний загальний розрахунок 113
7.1.5 Загальний розрахунок ґратчастих ферм із порожнистого профілю 114
7.2 Моделювання з'єднань балки з колоною 118
7.2.1 Сфера застосування 118
7.2.2 Загальна методика 118
7.2.3 Спрощена методика 120
7.2.4 Крива розрахунку залежності «момент-кут повертання» 122

7.2.5 Опір щодо моменту 124
7.2.6 Поворотна жорсткість 124
7.2.7 Поворотна здатність 125
7.3 Класифікація з'єднань елементів 126
7.3.1 Загальні положення 126
7.3.2 Класифікація за поворотною жорсткістю 128
7.3.3 Класифікація за опором щодо моменту 128
8 Конструкційні з'єднання двотаврових профілів нормальних чи широкополичних 130
8.1 Загальні положення 130
8.2 Конструкційні властивості 135
8.3 Еквівалентний Т-подібний елемент, підданий розтягу 137
8.3.1 Застосування 137
8.3.2 Тип відмови 137
8.3.3 Загальна ефективна довжина 137
8.3.4 Розрахунковий опір розтягу 138
8.3.5 Коефіцієнт жорсткості 141
8.3.6 Окремі ряди болтів, групи болтів та групи рядів болтів 141
8.4 Еквівалентний Т-подібний елемент, підданий стиску 142
8.4.1 Застосування 142
8.4.2 Загальна ефективна довжина та ширина 142
8.4.3 Розрахунковий опір стиску 143
8.4.4 Коефіцієнт жорсткості 145
9 З'єднання елементів із порожнистих профілів 145
9.1 Загальні положення 145
9.2 Параметри з'єднань елементів із порожнистих профілів 146
9.3 Спеціальні вимоги 149
9.4 Проєктування 151
9.4.1 Загальні положення 151
9.4.2 Типи відмови з'єднань елементів із порожнистих профілів 157
9.5 Розрахунковий опір зварних швів 161
9.6 Зварні з'єднання елементів в'язей з елементами поясу CHS 163
9.6.1 Загальні положення 163
9.6.2 Конфігурації плоских з'єднань 164
9.6.3 Конфігурації просторових з'єднань 173

9.7 Зварні з’єднання пластин, в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу RHS 174
9.7.1 Загальні положення 174
9.7.2 Конфігурації плоских з’єднань 176
9.7.3 Конфігурації просторових з’єднань 192
9.8 Зварні з’єднання в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу, виконаними з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних 193
9.9 Зварні з’єднання унапуск в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу CHS, RHS, виконаними з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних або зі швелера 199
Додаток А (обов’язковий) Конструкційні властивості базових компонентів 206
А.1 Використання цього додатка 206
А.2 Сфера застосування та область застосовних значень 206
А.3 Загальні положення 206
А.4 Ділянка стінки колони, піддана зсуву 206
А.5 Стінка колони, піддана поперечному стиску 214
А.6 Стінка колони, піддана поперечному розтягу 219
А.7 Полиця колони, піддана згину 222
А.8 Торцева пластина, піддана згину 229
А.9 Підсилювальна кутикова накладка, піддана згину 235
А.10 Полиця балки чи колони та стінка, піддані стиску 236
А.11 Стінка балки чи колони, піддана розтягу 237
А.12 Пластина, піддана розтягу чи стиску 238
А.13 Болти, піддані розтягу 238
А.14 Болти, піддані зрізу 239
А.15 Зминання болтів у зоні отворів 239
А.16 Бетон та опорна плита, піддані стиску 242
А.17 Опорна плита, піддана згину з розтягом 243
А.18 Анкерний болт, підданий розтягу 244
А.19 Кріпильні вироби для з’єднання сталевого елемента з бетоном, піддані розтягу 246
А.20 Анкерні болти, піддані зрізу 247
А.21 Кріпильні вироби для з’єднання сталевого елемента з бетоном, піддані зрізу 247
А.22 Зварні шви 248

A.23 Підсилена вутом балка, піддана стиску 248
Додаток B (обов'язковий) Проєктування призначених для сприймання моменту з'єднань балки з колоною та балкових стикових з'єднань 250
B.1 Використання цього додатка 250
B.2 Сфера застосування та область застосовних значень 250
B.3 Розрахунковий опір 250
B.4 Поворотна жорсткість 263
B.5 Поворотна здатність 269
Додаток C (обов'язковий) Проєктування номінально шарнірних з'єднань 273
C.1 Використання цього додатка 273
C.2 Сфера застосування та область застосовних значень 273
C.3 Вимоги щодо пластичності та поворотної здатності 275
C.4 Розрахунковий опір 279
Додаток D (обов'язковий) Проєктування основ колон 295
D.1 Використання цього додатка 295
D.2 Сфера застосування та область застосовних значень 295
D.3 Проєктування основ колон з анкерними болтами 296
D.4 Розрахунковий опір основ колон із кріпильними виробами для з'єднання сталевого елемента з бетоном 302
Бібліографія 305
Додаток НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським та міжнародним нормативним документам, посилання на які є в цьому стандарті 310

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 1993-1-8:20_ (EN 1993-1-8:2024, IDT) «Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-8. З'єднання», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо EN 1993-1-8:2024 (версія en) «Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-8: Joints».

Технічний комітет стандартизації, відповідальний за цей стандарт в Україні, – ТК 301 «Металобудівництво».

Цей стандарт розроблено на заміну ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 (EN 1993-1-8:2005, IDT) та Зміни № 1 до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 (EN 1993-1-8:2005, IDT).

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

– слова «цей європейський стандарт», «ця частина стандарту» і «цей документ» замінено на «цей стандарт»;

– у цьому стандарті визначення терміну *joint* відрізняється від поданого в інших частинах Єврокоду, наприклад, як у EN 1999-1-1:2023 та EN 1993-1-3:2024, і стосується лише двох з'єднаних один з одним елементів, тоді як в інших частинах Єврокоду кількість з'єднаних елементів не обмежена двома і може бути більшою; тому у цьому стандарті термін *joint* перекладено не як «вузол», а як «з'єднання (елементів)», ґрунтуючись на визначеннях у 3.1.1 та 3.1.2;

– структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, розділ «Бібліографічні дані» – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

– у Вступі, розділі 2 «Нормативні посилання» та «Бібліографії» подано «Національне пояснення», виділене рамкою;

– рисунки подано відразу після тексту, де вперше виконано посилання на них, або на наступній сторінці;

– долучено довідковий додаток НА (Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським та міжнародним нормативним документам, посилання на які є в цьому стандарті).

Копії нормативних документів, посилання на які є в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

ПЕРЕДМОВА ДО EN 1993-1-8:2024

Цей стандарт (EN 1993-1-8:2024) розроблено Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого діє за підтримки BSI (*British Standards Institution* – Британський інститут стандартів). CEN/TC 250 є відповідальним за всі будівельні Єврокоди, і на нього організацією CEN покладено відповідальність за питання в сфері конструкційного та геотехнічного проєктування.

Цьому стандарту має бути надано статус національного стандарту за публікації ідентичного тексту чи схваленням не пізніше вересня 2027 року, а національні стандарти, положення яких суперечать цьому стандарту, має бути скасовано не пізніше березня 2028 року.

Потрібно звернути увагу на те, що деякі елементи цього стандарту можуть бути предметом патентних прав. CEN не несе відповідальності за ідентифікацію будь-якого чи всіх таких патентних прав.

Цей стандарт уведено на заміну EN 1993-1-8:2005 та змін і поправок до нього.

Комплекс стандартів EN першого покоління Єврокодів було опубліковано у період від 2002 до 2007 року. Цей стандарт є частиною комплексу стандартів другого покоління Єврокодів, які розроблено згідно з дорученням M/515, виданим CEN Європейською комісією та Європейською асоціацією вільної торгівлі.

Ці Єврокоди містять положення, у яких установлено вимоги щодо виконання конструкцій, використання матеріалів, продукції та випробувань, які призначено для застосування разом із відповідними стандартами на виконання конструкцій, на матеріали, продукцію та випробування.

У Єврокодах зазначено відповідальність кожної з держав-членів ЄС та забезпечено їхнє право за допомогою національних додатків

установлювати на національному рівні значення, пов’язані з нормативними вимогами щодо безпеки.

Нижче наведено основні зміни порівняно з попередньою редакцією стандарту:

– сферу застосування розширено долученням марок сталі до S700 включно;

– до сфери застосування долучено проєктування номінально шарнірних з'єднань;

– уведено нові положення щодо проєктування та виконання з’єднань з установленням болтів у отворах із наріззю;

– уведено нові положення щодо проєктування стикових зварних з’єднань із застосуванням сталі марок вище S460;

– уведено нові положення щодо проєктування основ колон із застосуванням кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном;

– переглянуто зміст та уведено чотири обов’язкові додатки (A–D), в яких узагальнено конструкційні властивості базових компонентів (додаток A), уведено положення щодо проєктування призначених для сприймання моменту з’єднань балки з колоною і балкових стикових з’єднань (додаток B), положення щодо проєктування номінально шарнірних з’єднань (новий додаток C), а також положення щодо проєктування основ колон (додаток D);

– уведено нелінійну модель для розрахунку деформації отвору для болта внаслідок зминання кріпильних виробів, розташованих поряд із пластиною, а також переглянуто формулювання розрахункового значення опору зминанню;

– переглянуто вимоги щодо проєктування групи кріпильних виробів у стійких до зминання з'єднаннях;

– запроваджено альтернативний метод перевіряння розрахункового опору зварних швів, згідно з яким чітко враховано властивості присадного матеріалу;

– переглянуто вимоги щодо проектування з’єднань із застосуванням штифтів;

– переглянуто вимоги щодо визначення розрахункового опору та коефіцієнтів жорсткості компонента «піддана зсуву ділянка стінки колони»;

– переглянуто й уточнено дані таблиць, застосовних для розрахунку з’єднань порожнистих профілів.

Усі відгуки й запитання щодо цього стандарту має бути спрямовано до національних органів зі стандартизації у країнах користувачів. Повний перелік цих органів опубліковано на веб-сторінці CEN.

Відповідно до внутрішніх настановних документів CEN-CENELEC цей стандарт зобов’язані прийняти національні органи стандартизації таких країн: Австрії, Бельгії, Болгарії, Хорватії, Кіпру, Чеської Республіки, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Республіки Північної Македонії, Румунії, Сербії, Словаччини, Словенії, Іспанії, Швеції, Швейцарії, Туреччини та Великої Британії.

0 ВСТУП

0.1 Вступ до комплексу Єврокодів

Комплекс будівельних Єврокодів містить наведені нижче стандарти, що зазвичай складаються з кількох частин:

– EN 1990 Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проєктування;

– EN 1991 Єврокод 1. Дії на конструкції;

– EN 1992 Єврокод 2. Проєктування залізобетонних конструкцій;

– EN 1993 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій;

– EN 1994 Єврокод 4. Проєктування сталезалізобетонних конструкцій;

– EN 1995 Єврокод 5. Проєктування дерев'яних конструкцій;

– EN 1996 Єврокод 6. Проєктування кам'яних конструкцій;

– EN 1997 Єврокод 7. Геотехнічне проектування;

– EN 1998 Єврокод 8. Проєктування сейсмостійких конструкцій;

– EN 1999 Єврокод 9. Проєктування алюмінієвих конструкцій;

– нові Єврокоди, що перебувають у стадії розроблення, зокрема, Єврокод із проєктування скляних конструкцій.

0.2 Вступ до EN 1993

EN 1993 (усі частини) застосовують для проєктування будівель і споруд зі сталі. Єврокод відповідає принципам і вимогам щодо безпеки та експлуатаційної придатності конструкцій, основним правилам їхнього проєктування та перевіряння, які викладено в EN 1990 «Основи будівельного та геотехнічного проєктування».

В EN 1993 (усі частини) розглянуто лише вимоги щодо опору, експлуатаційної придатності, довговічності та вогнестійкості сталевих

конструкцій. Інші вимоги, зокрема, щодо тепло- чи звукоізоляції, в Єврокоді не охоплено.

EN 1993 містить такі частини:

– EN 1993-1 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1. Загальні правила і правила для будівель;

– EN 1993-2 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 2. Сталеві мости;

– EN 1993-3 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 3. Башти, щогли і димові труби;

– EN 1993-4 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4. Силоси і резервуари;

– EN 1993-5 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 5. Палі;

– EN 1993-6 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 6. Підкранові конструкції;

– EN 1993-7 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 7. Проєктування сендвіч-панелей.

EN 1993-1 як єдиний документ фізично не існує, він складається із зазначених нижче 14 окремих стандартів, серед яких основною частиною є EN 1993-1-1:

EN 1993-1-1 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила та правила для будівель;

EN 1993-1-2 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Протипожежне проєктування конструкцій;

EN 1993-1-3 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Холодноформовані елементи та профільовані листи;

Примітка. В EN 1993-1-1 охоплено холодноформовані порожнисті профілі, які постачають згідно з EN 10219 (усі частини).

EN 1993-1-4 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-4. Конструкції з нержавкої сталі;

EN 1993-1-5 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-5. Пластинчасті конструкційні елементи;

EN 1993-1-6 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-6. Міцність та стійкість оболонкових конструкцій;

EN 1993-1-7 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції, навантажувані поза межами площини;

EN 1993-1-8 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Примикання;

EN 1993-1-9 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Втома;

EN 1993-1-10 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Властивості тріщиностійкості й міцності матеріалу у напрямі товщини прокату;

EN 1993-1-11 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проєктування конструкцій із розтягнутими елементами;

EN 1993-1-12 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-12. Додаткові правила для сталі марок щонайвище до S960;

EN 1993-1-13 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-13. Правила для балок із великими отворами в стінці;

EN 1993-1-14 Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-14. Проєктування із застосуванням розрахунку методом скінченних елементів.

В усіх частинах стандарту від EN 1993-1-2 до EN 1993-1-14 розглянуто загальні теми, незалежно від типу конструкції, наприклад, протипожежне проєктування конструкцій, холодноформовані елементи та

профільовані листи, конструкції з нержавкої сталі, пластинчасті конструкційні елементи тощо.

В усіх частинах стандарту від EN 1993-2 до EN 1993-7 розглянуто теми, що стосуються конкретних типів конструкцій, наприклад, сталеві мости, башти, щогли й димові труби, силоси й резервуари, палі, підкранові конструкції тощо. Частини стандарту від EN 1993-2 до EN 1993-7 містять посилання на загальні правила, викладені в EN 1993-1, а також доповнюють, змінюють чи замінюють їх (якщо застосовно).

0.3 Вступ до EN 1993-1-8

В EN 1993-1-8 викладено правила проєктування з'єднань елементів у сталевих конструкціях. Стандарт містить правила щодо опору, жорсткості й деформаційної здатності компонентів та рекомендації стосовно властивостей, які використовують для розрахунків. Стандарт ґрунтується на припущеннях, що його положення виконануватимуть з урахуванням вимог, наведених у EN 1090-2.

0.4 Дієслівні форми, які використано в Єврокодах

За допомогою дієслова «shall» виражають вимогу, якої має бути суворо дотримано і від якої, задля досягнення відповідності Єврокодам, не допустимо жодного відхилення.

За допомогою дієслова «should» виражають настійно рекомендований варіант чи спосіб дії. Відповідно до національних регуляторних вимог та/або будь-яких відповідних договірних положень може бути використано/прийнято альтернативні підходи, якщо їхню доцільність технічно обґрунтовано.

За допомогою дієслова «may» виражають спосіб дії, допустимий у межах сфери застосування Єврокодів.

За допомогою дієслова «can» виражають можливість і здатність; його використовують для констатування фактів та роз’яснення понять.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Для перекладу цього стандарту використано положення довідкового додатка Е ДСТУ 1.5:2015 «Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів» з урахуванням вимоги щодо дотримання принципу зворотності ідентичного перекладу згідно з ДСТУ 1.7:2015 «Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів», зокрема:

– вимоги, яких має бути суворо дотримано і від яких не допустимо жодного відхилення, сформульовано за допомогою висловів: «(не) потрібно + *дієслово в неозначеній формі*», «потрібно, щоб + *стверджувальний вислів*»; «(не) треба + *дієслово в неозначеній формі*», «має(-ють) + *дієслово в неозначеній формі*»;

– настійно рекомендований вибір чи спосіб дії сформульовано за допомогою висловів: «(не) рекомендовано + *дієслово в неозначеній формі*», «*дієслово у формі 3 особи множини в безособовому значенні*» (як усталена практика, рекомендована за умовчанням);

– спосіб дії, (не) допустимий у межах сфери застосування стандарту, сформульовано за допомогою вислову: «(не) допустимо + *дієслово в неозначеній формі*»; «(не) можна + *дієслово в неозначеній формі*»;

– спосіб дії, (не) можливий чи такий, що обумовлено (не) здатністю суб’єкта дії або (не) придатністю об’єкта дії для реалізації поставленої цілі, сформульовано за допомогою висловів: «(не) можливо + *дієслово в неозначеній формі*» «(не) може бути + *дієслово в безособовій формі*».

0.5 Національний додаток до EN 1993-1-8

Цей стандарт містить параметри, визначення яких допустимо на національному рівні, якщо про це чітко зазначено в примітках. Призначення параметрів, які визначають на національному рівні, означає обрання значень для національно визначених параметрів (*Nationally Determined Parameters, NDP*).

Національний стандарт, який імплементує EN 1993-1-8, може мати національний додаток, що містить усі визначені на національному рівні параметри, які має бути використано для проєктування будівель і споруд, що буде зведено у відповідній країні.

Якщо відкриті для національного вибору параметри не визначено на національному рівні, то, за умовчанням, потрібно використовувати значення параметрів, наведені у цьому стандарті.

Якщо відкриті для національного вибору параметри не визначено на національному рівні, а в цьому стандарті не наведено застосовні за умовчанням значення параметрів, то параметри на національному рівні може бути визначено компетентним органом влади, або ж, якщо ним не визначено ці параметри, то їх мають узгодити відповідні сторони-учасники конкретного проєкту.

Визначення на національному рівні параметрів, зазначених у EN 1993-1-8, дозволено за такими пунктами:

4.2(4)	4.3.1(2)	4.3.2(1)	5.1.1(3)
5.2(1)	5.9.3(1)	5.9.3(3)	6.2(3)
7.3.1(1)	9.1(5)	9.1(5)	A.17.1(2)
B.3.2.2(9)	C.2(5)		

Національний додаток може містити, безпосередньо чи за допомогою посилання, додаткову інформацію, що не суперечить положенням стандарту і призначена для спрощення процесу його впровадження, не змінюючи жодним чином будь-яких положень Єврокодів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 3. ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

ЧАСТИНА 1-8. З'ЄДНАННЯ

EUROCODE 3 – DESIGN OF STEEL STRUCTURES –

PART 1-8: JOINTS

Чинний від 20XX-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Сфера застосування EN 1993-1-8

(1) EN 1993-1-8 містить правила конструкційного проєктування з'єднань елементів, які піддано переважно статичній навантазі, з використанням усіх марок сталі від S235 до S700 включно, якщо іншого не зазначено в окремих розділах.

Примітка. Крім викладених у розділі 9 правил проєктування як альтернативні може бути використано правила проєктування, подані в CEN/TS 1993-1-801[1] «Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-801. Проєктування з'єднань порожнистих профілів за методом компонентів».

(2) Положення цього стандарту застосовують до сталей, що відповідають вимогам EN 1993-1-1, за товщини матеріалу, яка перевищує чи дорівнює 3 мм, якщо в окремих розділах не зазначено іншого.

1.2 Припущення

(1) Якщо не зазначено іншого, застосовують стандарти EN 1990, EN 1991 (усі частини) та інші відповідні стандарти EN 1993-1 (усі частини).

(2) Методи проєктування, наведені в EN 1993-1-8, застосовують, якщо:

– якість виконання конструкцій відповідає EN 1090-2, а також

[1] На розгляді. Етап розроблення на час публікації цього стандарту: prCEN/TS 1993-1-801.

– використовувані будівельні матеріали та вироби відповідають застосовним стандартам EN 1993 (усі частини) або специфікаціям на застосовні матеріали та вироби.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Цей стандарт містить посилання на зазначені нижче документи у такий спосіб, що частина чи весь їхній зміст обґрунтовує викладені в ньому вимоги. У разі датованих посилань застосовують лише зазначені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням нормативних документів (разом зі змінами).

EN 1090-2:2018 Execution of steel structures and aluminium structures – Part 2: Technical requirements for steel structures

EN 1990 Eurocode – Basis of structural and geotechnical design

EN 1991 (all parts) Eurocode 1 – Actions on structures

EN 1993 (all parts) Eurocode 3 – Design of steel structures

EN 1993-1-1:2022 Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1090-2:2018 Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій

EN 1990 Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проєктування

EN 1991 (всі частини) Єврокод 1. Дії на конструкції

EN 1993 (всі частини) Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій

EN 1993-1-1:2022 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для будівель

3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ ТА ПОЗНАКИ

3.1 Терміни та визначення понять

У цьому стандарті вжито терміни та визначення позначених ними понять згідно з EN 1993-1-1, а також подані нижче.

3.1.1 з’єднання; з’єднання елементів *(joint)*

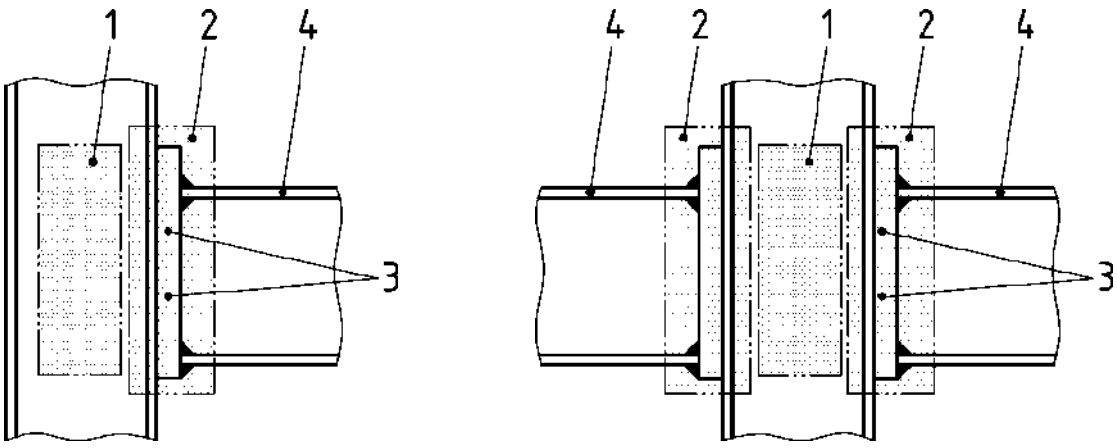
Зона, в якій два елементи з’єднано один з одним

3.1.2 конфігурація з’єднання *(joint configuration)*

Тип чи схема з’єднання чи з’єднань у межах зони, в якій перетинаються осі двох чи кількох з’єднуваних один з одним елементів.

Примітка 1. Див. рисунки 3.1 та 8.1.

Примітка 2. З’єднання балки з колоною у площині головної осі містить ділянку стінки колони та одне з’єднання (конфігурація одностороннього з’єднання) чи два з’єднання (конфігурація двостороннього з’єднання)



З'єднання елементів: піддана зсуву ділянка стінки колони та спосіб з’єднання

З'єднання ліворуч: піддана зсуву ділянка стінки колони та спосіб з'єднання ліворуч.
З'єднання праворуч: піддана зсуву ділянка стінки колони та спосіб з’єднання праворуч

a) конфігурація одностороннього з'єднання

b) конфігурація двостороннього примикання

Рисунок 3.1 – Деталі конфігурації з’єднання балки з колоною за головною віссю

Умовні познаки:

1 – ділянка стінки колони, піддана зсуву;

2 – спосіб з'єднання;

3 – компоненти (наприклад, болти, торцева пластина);

4 – підтримуваний елемент

Рисунок 3.1 – аркуш 2

3.1.3 з’єднання; спосіб з’єднання *(connection)*

Набір компонентів, використовуваних для передавання зусиль та/або моментів на межі взаємодії двох з’єднаних один з одним елементів

3.1.4 з’єднаний елемент *(connected member)*

Будь-який елемент, який з’єднано з іншим елементом

3.1.5 базовий компонент; базовий компонент з’єднання *(basic component; basic component of a joint)*

Частина з’єднання, що впливає на одну чи більше його конструкційних властивостей

3.1.6 конструкційні властивості; конструкційні властивості з’єднання *(structural properties; structural properties of a joint)*

Опір внутрішнім зусиллям і моментам у з’єднаних елементах, поворотна жорсткість і поворотна здатність

3.1.7 поворотна жорсткість *(rotational stiffness)*

Момент, потрібний, щоб спричинити поворот з’єднання на одиничний кут

3.1.8 поворотна здатність *(rotation capacity)*

Кут повороту з’єднання, за якого забезпечено заданий рівень опору пластичній деформації

3.1.9 ін’єкційний болт *(injection bolt)*

Болт спеціальної призначеності, який уможливлює заповнення просвіту між болтом і внутрішньою поверхнею отвору впорскуванням ін’єкційної смоли через невеликий отвір у головці болта

3.1.10 плоске з’єднання *(uniplanar joint)*

З’єднання елементів ґратчастої конструкції, розташованих в одній площині

3.1.11 просторове з’єднання *(multiplanar joint)*

З’єднання елементів ґратчастої конструкції, розташованих у більше ніж одній площині

3.1.12 основа колони *(column base)*

Зона, в якій колону приєднано до бетонного фундаменту із застосуванням анкерних болтів чи кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном.

Примітка 1. Визначення конструкційних властивостей не охоплює власну загальну реакцію бетонного блоку, наприклад, повзучість, а також взаємодію блока з ґрунтом

3.2 Познаки та скорочення

У цьому стандарті застосовують подані нижче познаки.

Розділ 4

γ_{C} – частковий коефіцієнт для врахування опору бетону;

γ_{M} – частковий коефіцієнт (загальна познака);

γ_{M0} – частковий коефіцієнт для врахування опору поперечних перерізів;

γ_{M1} – частковий коефіцієнт для врахування опору втраті стійкості елементів, величину якого визначають розрахунковим

перевірянням елементів;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт для врахування опору розриву поперечних перерізів, підданих розтягу, а також частковий коефіцієнт для врахування опору зминанню болтів, заклепок, штифтів, зварних швів та пластин;

γ_{M3} – частковий коефіцієнт для врахування опору проковзуванню за умов граничного стану за несною здатністю (клас С);

$\gamma_{M3,ser}$ – частковий коефіцієнт для врахування опору проковзуванню за умов граничного стану експлуатаційної придатності (клас В);

γ_{M4} – частковий коефіцієнт для врахування опору зминанню ін'єкційних болтів;

γ_{M5} – частковий коефіцієнт для врахування опору з'єднань елементів із порожнистих профілів;

$\gamma_{M6,ser}$ – частковий коефіцієнт для врахування опору штифтів за умов граничного стану експлуатаційної придатності;

γ_{Mu} – частковий коефіцієнт для врахування опору компонентів під час перевіряння цілісності конструкції (сполучний опір)

Розділ 5

A – площа поперечного перерізу брутто кріпильного виробу (болта чи штифта);

A_0 – площа отвору під заклепку;

A_f – площа однієї полиці швелера чи подібного з'єднаного елемента;

A_{gv} – площа брутто, піддана зсуву;

A_{leg1} – площа полиці кутика (з'єднаного елемента), яку сполучено

зі з’єднувальним кутиком;

A_{leg2} – площа полиці кутика (з’єднаного елемента), яку сполучено з тримальним елементом;

A_{m} – площа поперечного перерізу з’єднаного елемента;

A_{net} – площа нетто кутикового профілю;

A_{nt} – площа нетто, піддана розтягу;

A_{nv} – площа нетто, піддана зсуву;

A_{s} – площа напруження за розтягу болта;

A_{w} – площа стінки швелера чи подібного з’єднаного елемента;

$B_{\mathrm{p,Rd}}$ – розрахункове значення опору зрізу з продавлюванням;

$F_{\mathrm{b,Ed}}$ – розрахункове значення навантажувальної здатності болта чи штифта;

$F_{\mathrm{b,Ed,ser}}$ – розрахункове значення навантажувальної здатності за умов граничного стану експлуатаційної придатності;

$F_{\mathrm{b,Rd}}$ – розрахункове значення опору зминанню болта чи штифта;

$F_{\mathrm{b,Rd,ser}}$ – розрахункове значення опору зминанню за умов граничного стану експлуатаційної придатності;

$F_{\mathrm{b,Rd,resin}}$ – розрахункове значення опору зминанню ін’єкційної смоли;

$F_{\mathrm{b,x,Ed}}$ – ортогональні компоненти $F_{\mathrm{b,Ed}}$;

та $F_{\mathrm{b,y,Ed}}$

$F_{\mathrm{b,x,Rd}}$ – ортогональні компоненти $F_{\mathrm{b,Rd}}$;

та $F_{\mathrm{b,y,Rd}}$

F_{Ed} – розрахункове значення осьової сили;

$F_{\mathrm{p,C}}$ – зусилля попереднього натягу болта;

$F_{\mathrm{s,Rd}}$ – розрахункове значення опору проковзуванню болта в

граничному стані за несною здатністю;

$F_{s,Rd,ser}$ – розрахункове значення опору проковзуванню болта в граничному стані експлуатаційної придатності;

$F_{t,Ed}$ – розрахункове значення розтягувального зусилля болта чи заклепки у граничному стані за несною здатністю;

$F_{t,Ed,ser}$ – розрахункове значення розтягувального зусилля болта у граничному стані експлуатаційної придатності;

$F_{t,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу болта чи заклепки;

$F_{v,Ed}$ – розрахункове значення сили зрізу кріпильного виробу в граничному стані за несною здатністю;

$F_{v,Ed,ser}$ – розрахункове значення сили зрізу болта в граничному стані експлуатаційної придатності;

$F_{v,Rd}$ – розрахункове значення опору зрізу кріпильного виробу;

L – мінімальна відстань між сусідніми кріпильними виробами, розташованими в шаховому порядку (див. рисунок 5.3);

L_j – відстань між центрами крайніх кріпильних виробів у з’єднанні, виміряна паралельно напрямку передавання зусилля;

L_t – довжина зачеплення нарізі;

M_{Ed} – розрахункове значення згинального моменту;

M_{Rd} – розрахункове значення опору згинальному моменту;

$M_{Ed,ser}$ – розрахункове значення згинального моменту штифта в граничному стані експлуатаційної придатності;

$M_{Rd,ser}$ – розрахункове значення опору штифта щодо дії згинального моменту в граничному стані експлуатаційної придатності;

$N_{u,Rd}$ – розрахункове значення граничного опору (межі міцності) перерізу нетто кутика щодо осьової сили, яка діє в отворах для кріпильних виробів;

$V_{eff,1,Ed}$ – розрахункове значення зсувної сили, див. рисунок 5.13;

$V_{eff,1,Rd}$ – розрахункове значення опору розриву цілісності з'єднання;

або $V_{eff,2,Rd}$

W_{el} – момент пружного опору перерізу;

a – найкоротша відстань від кромки отвору для штифта до краю елемента, виміряна паралельно напрямку дії сили, див. таблицю 5.3;

c – найкоротша відстань від кромки отвору для штифта до краю елемента, виміряна перпендикулярно напрямку дії сили, див. таблицю 5.3;

d – діаметр кріпильного виробу (болта, штифта чи заклепки);

d_0 – діаметр отвору для болта чи штифта;

d_m – середнє значення розмірів «описаного кола» або розмірів «під ключ» болта чи гайки, залежно від того, яке значення є меншим;

e_1 – відстань від центра отвору для кріпильного виробу до найближчого кінця (торця елемента), виміряна паралельно напрямку передавання навантаги, див. рисунок 5.3;

e_2 – відстань від центра отвору для кріпильного виробу до найближчої кромки (краю елемента), виміряна перпендикулярно напрямку передавання навантаги, див. рисунок 5.3;

e_3 – відстань від осі прорізного отвору до найближчого торця

чи кромки (краю елемента), див. рисунок 5.3;

e_4 – відстань від центра радіуса заокруглення прорізного отвору до найближчого торця чи кромки (краю елемента), див. рисунок 5.3;

$f_{b,resin}$ – міцність на зминання ін'єкційної смоли;

$f_{H,Rd}$ – розрахункове значення тиску за Герцем;

f_u – межа міцності за розтягу;

f_{ub} – межа міцності болта за розтягу;

f_{up} – межа міцності штифта за розтягу;

f_{ur} – зазначена межа міцності заклепки за розтягу;

f_y – границя текучості;

f_{yb} – границя текучості болта;

f_{yp} – границя текучості штифта;

g – проміжок;

k_b – понижувальний коефіцієнт для врахування опору зминанню болтів у прорізних отворах;

k_m – понижувальний коефіцієнт за матеріалом для врахування опору зминанню;

k_s – понижувальний коефіцієнт для врахування опору зминанню залежно від просвіту отвору;

k_t – коригувальний коефіцієнт для врахування опору зминанню;

m – різниця між розмірами звичайного круглого отвору та збільшеного чи прорізного отвору (мм);

n – кількість площин тертя чи кількість отворів для кріпильних

виробів на площині підданої зсуву поверхні;

p_1 – відстань між центрами кріпильних виробів, вимірювана паралельно напрямку передавання зусилля, див. рисунок 5.3;

$p_{1,0}$ – відстань між центрами крайніх кріпильних виробів, вимірювана паралельно напрямку передавання зусилля, див. рисунок 5.3;

$p_{1,i}$ – відстань між центрами кріпильних виробів усередині ряду, вимірювана паралельно напрямку передавання зусилля, див. рисунок 5.3;

p_2 – відстань між центрами кріпильних виробів усередині ряду, вимірювана перпендикулярно до напрямку передавання зусилля, див. рисунок 5.3;

t – товщина;

$t_{b,resin}$ – ефективна несна товщина ін’єкційної смоли;

t_p – товщина пластини;

t_{pp} – товщина ущільнювальних прокладок;

x – відстань від площини зрізу до початку перехідної ділянки між ненарізною частиною (хвостовиком) болта та наріззю;

α – геометричний коефіцієнт для штифтів;

α_b – коригувальний коефіцієнт опору зминанню;

або $\alpha_{b,red}$

α_v – понижувальний коефіцієнт для врахування опору зсуву;

β – коефіцієнт для врахування співвідношення значень товщини з’єднаних пластин;

β_{LF} – понижувальний коефіцієнт для довгомірних з’єднань;

β_{p} – понижувальний коефіцієнт для з’єднань із застосуванням ущільнювальних пластин;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів за розтягу до настання руйнування, а також частковий коефіцієнт опору болтів, заклепок, штифтів і пластин за умов зминання;

γ_{M3} – частковий коефіцієнт для врахування опору проковзуванню в граничному стані за несною здатністю (клас С);

$\gamma_{\mathrm{M3,ser}}$ – частковий коефіцієнт для врахування опору проковзуванню в граничному стані експлуатаційної придатності (клас В);

γ_{M4} – частковий коефіцієнт для врахування опору зминанню ін'єкційних болтів;

$\gamma_{\mathrm{M6,ser}}$ – частковий коефіцієнт для врахування опору штифтів у граничному стані експлуатаційної придатності;

ε – параметр матеріалу залежно від f_{y};

μ – коефіцієнт ковзання (тертя);

ΣF_{Rd} – розрахункове значення опору групи кріпильних виробів;

$\sigma_{\mathrm{H,Ed,ser}}$ – контактне напруження штифта, встановленого з обпиранням на пластину, у граничному стані експлуатаційної придатності;

Розділ 6

A_{w} – розрахункова площа поперечного перерізу зварного шва;

$F_{\mathrm{w,Ed}}$ – розрахункове значення сили, що діє на одиницю довжини зварного шва;

$F_{w,Rd}$ – розрахункове значення опору на одиницю довжини зварного шва;

L_1 або L_2 – відстань між зварними елементами в переривчастих кутових зварних швах;

L_j – загальна довжина з’єднання, що містить зварні шви внапуск паралельно напрямку передавання зусилля;

L_w – довжина зварного елемента в переривчастих зварних швах;

L_{we} – довжина переривчастого шва на кінцях з'єднаних деталей;

$L_{w,f}$ – довжина кутового зварного шва;

L_{tot} – загальна довжина переривчастого зварного шва;

a – розрахункова товщина зварного шва;

$a_{nom,1}$ та $a_{nom,2}$ – загальна номінальна товщина зварного шва з повним проплавленням у таврових стикових з’єднаннях;

b або b_1 – ширина;

b_{eff} – ефективна ширина непідкріпленого таврового з'єднання;

b_p – ширина пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

c_{nom} – незаварений проміжок у тавровому зварному з'єднанні з повним проплавленням;

e – ексцентриситет навантаги;

f_u – межа міцності за розтягу елементів з'єднання зі сталі найнижчої марки;

$f_{u,FM}$ – межа міцності за розтягу присадного матеріалу;

$f_{u,p}$ – межа міцності за розтягу пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

$f_{vw,d}$ – розрахункова міцність на зсув зварного шва;

f_y – границя текучості;

$f_{y,f}$ – границя текучості полиці з двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

$f_{y,p}$ – границя текучості пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

k – параметр для визначення ефективної ширини;

r – радіус заокруглення валика (зварного шва);

s – геометричний параметр;

t або t_1 – товщина;

t_f – товщина полиці;

t_p – товщина пластини;

t_{pp} – товщина ущільнювальних пластин;

t_w – товщина стінки;

z – довжина катета (зварного шва);

z_{req} – потрібна довжина катета (зварного шва);

$\beta_{Lw,i}$ – понижувальний коефіцієнт для довгомірних зварних швів;

β_w – коефіцієнт кореляції для кутових зварних швів;

$\beta_{w,mod}$ – модифікований коефіцієнт кореляції для кутових зварних швів;

ε – параметр матеріалу залежно від f_y;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт опору для поперечних перерізів;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт опору для зварних швів;

$\sigma_{v,Rd}$ – опір стикових зварних з'єднань;

$\sigma_{\parallel}$ – нормальне напруження паралельно осі зварного шва;

$\sigma_{\perp}$ – нормальне напруження перпендикулярно до перерізу зварного шва;

$\tau_{\parallel}$ – напруження зсуву, що діє в перерізі зварного шва паралельно до його осі;

$\tau_{\perp}$ – напруження зсуву перпендикулярно до осі зварного шва

Розділ 7

E – модуль пружності сталі;

K_{b} – середнє значення $I_{\mathrm{b}}/L_{\mathrm{b}}$ для всіх балок у верхній частині розглядуваного поверху;

K_{c} – середнє значення $I_{\mathrm{c}}/L_{\mathrm{c}}$ для всіх колон розглядуваного поверху;

I – момент інерції (момент інерції приведеного перерізу);

I_{b} та I_{c} – момент інерції (момент інерції приведеного перерізу) (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

L – геометрична довжина елемента;

L_{b} – прогін балки (відстань між центрами колон);

L_{c} – висота в межах поверху;

$M_{\mathrm{b,Ed}}$ та $M_{\mathrm{c,Ed}}$ – розрахункове значення згинального моменту на периферії ділянки стінки елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$M_{\mathrm{b,pl,Rd}}$ та $M_{\mathrm{c,pl,Rd}}$ – розрахункове значення опору пластичному згинальному моменту (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

M_{j} – згинальний момент у з’єднанні;

$M_{\mathrm{j,b,Ed}}$ та $M_{\mathrm{j,c,Ed}}$ – розрахункове значення згинального моменту на перетині осьових ліній елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$M_{\mathrm{j,Ed}}$ – розрахункове значення згинального моменту в з’єднанні;

$M_{\mathrm{j,Rd}}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту в з’єднанні;

$N_{\mathrm{b,Ed}}$ та $N_{\mathrm{c,Ed}}$ – розрахункове значення осьової сили на периферії ділянки стінки елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$N_{\mathrm{j,b,Ed}}$ та $N_{\mathrm{j,c,Ed}}$ – розрахункове значення осьової сили на перетині осьових ліній елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$N_{\mathrm{j,Ed}}$ – розрахункове значення осьової сили, прикладеної до з’єднання;

Q_{f} – функція напружень у з’єднанні;

S_{j} – січна поворотна жорсткість з’єднання;

$S_{\mathrm{j,ini}}$ – початкова поворотна жорсткість з’єднання;

$S_{\mathrm{j,\eta}}$ – розрахункова поворотна жорсткість з’єднання;

$V_{\mathrm{b,Ed}}$ та $V_{\mathrm{c,Ed}}$ – розрахункове значення зсувної сили на периферії ділянки стінки елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$V_{\mathrm{j,b,Ed}}$ та $V_{\mathrm{j,c,Ed}}$ – розрахункове значення зсувної сили на перетині осьових ліній елемента (для балки та колони застосовують підрядкові індекси «b» та «c» відповідно);

$V_{\mathrm{j,Ed}}$ – розрахункове значення зсувної сили, прикладеної до

з’єднання;

$V_{wp,Ed}$ – розрахункове значення зсувної сили для ділянки стінки колони;

d_0 – діаметр поясу;

e – ексцентриситет з’єднання порожнистого профілю у ґратчастій фермі, із додатним знаком у напрямку від розпірок;

h_0 – висота перерізу поясу в площині ґратчастої ферми;

k_{br} – коефіцієнт для врахування ефективності в’язей;

y_s – відстань від нейтральної осі до зовнішньої поверхні стінки швелера;

z – важільне плече (розрахункове плече пари сил);

β – коефіцієнт перетворення;

η – коефіцієнт переходу до модифікованої жорсткості;

$\bar{\lambda}_0$ – гнучкість шарнірно обпертої колони;

μ – коефіцієнт жорсткості;

ψ – коефіцієнт форми для нелінійної частини кривої «момент-кут повороту»;

ϕ – кут повороту з’єднання;

ϕ_{Cd} – розрахункове значення поворотної здатності з’єднання;

ϕ_{Ed} – розрахункове значення повороту з’єднання;

ϕ_{Xd} – кут повороту з’єднання, за якого $M_{j,Ed}$ вперше досягає $M_{j,Rd}$

Розділ 8

A_s – площа напруження підданого розтягу болта;

$F_{b,Ed}$ – розрахункове значення навантажувальної здатності болта;

$F_{c,Ed}$ – розрахункове значення стискальної сили;

$F_{C,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску еквівалентного Т-подібного елемента;

$F_{c,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску;

F_{Rdu} – розрахункове значення зосередженої сили опору згідно з EN 1992-1-1;

$F_{t,Ed}$ – розрахункове значення розтягувальної сили;

$F_{T,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу еквівалентного Т-подібного елемента;

$F_{T,i,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу еквівалентного Т-подібного елемента у разі i-го типу відмови внаслідок розтягу (i = 1, 2, 3 або 1-2);

$F_{t,Rd}$ – ефективний розрахунковий опір розтягу ряду болтів r;

$F_{t,r,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу еквівалентного Т-подібного стрижня у разі i-го типу відмови внаслідок розтягу (i = 1, 2, 3 або 1-2);

$F_{v,Ed}$ – розрахункове значення зрізного зусилля болта;

L_b – довжина видовження болта;

M – згинальний момент;

$M_{b,Ed}$ – розрахункове значення згинального моменту балки по периферії ділянки стінки;

$M_{bp,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту підкладних пластин;

$M_{pl,i,Rd}$ – розрахункове значення опору пластичному згинальному моменту еквівалентного Т-подібного елемента у разі i-го типу

відмови внаслідок розтягу (i = 1 або 2);

Q – сила відриву;

S_{j} – січна поворотна жорсткість примикання;

V – поперечна сила (зсувне зусилля);

$V_{\mathrm{wp,Ed}}$ – розрахункове значення зсувного зусилля ділянки стінки колони;

a – розрахункова товщина зварного шва;

b_{eff} – ефективна ширина еквівалентного Т-подібного елемента;

c – додаткова ширина площі, підданої зминанню;

d_{w} – діаметр шайби, або ширина описаного кола головки болта чи гайки;

e – відстань до кромки;

f_{jd} – розрахункова навантажувальна здатність з'єднання у разі частково навантажених ділянок;

f_{y} – границя текучості;

$f_{\mathrm{y,bp}}$ – границя текучості підкладних пластин;

l_{eff} – ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу;

m – відстань від центра болта до точки, розташованої на 20 % відстані в напрямку до середини перерізу кореня шва чи до зварного шва;

n – ефективна відстань до кромки;

n_{b} – кількість рядів болтів, підданих розтягу (по 2 болти в ряду);

t_{bp} – товщина підкладних пластин;

t_{f} – товщина полиці еквівалентного Т-подібного елемента;

z – важільне плече (розрахункове плече пари сил);

β_j – коефіцієнт за матеріалом з'єднання залізобетонного елемента;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів

Розділ 9

A_0 – площа поперечного перерізу поясу;

A_i – площа поперечного перерізу i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$A_{v,0,gap}$ – ефективна площа зсуву поясу в зоні проміжку;

C_1 – показник степеня функції напружень у поясі, визначений з відповідної таблиці;

C_{ui} – відношення межі міцності на розтяг до границі текучості елемента, що утворює напуск;

C_{uj} – відношення межі міцності на розтяг до границі текучості елемента, перекритого внапуск;

C_f – коефіцієнт за матеріалом;

E – модуль пружності сталі;

$M_{ip,0,Ed}$ – розрахункове значення згинального моменту в площині поясу;

$M_{ip,i,Ed}$ – розрахункове значення згинального моменту в площині i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$M_{ip,0,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту в площині поясу;

$M_{ip,i,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту в площині i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$M_{op,i,Ed}$ – розрахункове значення згинального моменту із площини i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$M_{op,i,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту із

площини i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$N_{0,Ed}$ – розрахункове значення осьової сили, прикладеної до поясу, що відповідає найменшому значенню Q_f;

$N_{0,gap,Ed}$ – розрахункове значення осьової сили, прикладеної до поясу в проміжку примикання К-подібної конфігурації;

$N_{0,Rd}$ – розрахункове значення опору осьовій силі поясу;

$N_{i,Ed}$ – розрахункове значення осьової сили, прикладеної до i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$N_{i,Rd}$ – розрахункове значення опору осьовій силі i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

$N_{s,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву елемента(ів) в'язей в зоні з'єднання з поясом;

$N_{0,V,Rd}$ – розрахункове значення опору осьовій силі поясу, приведене з урахуванням зсувного зусилля $V_{0,gap,Ed}$;

Q_f – функція напружень у поясі;

$V_{0,Ed}$ – розрахункове значення поперечної сили, прикладеної до поясу;

$V_{0,gap,Ed}$ – розрахункове значення зсувного зусилля в поясі в зоні проміжку з'єднання К-подібної конфігурації;

$V_{0,gap,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву поясу в зоні проміжку з'єднання К-подібної конфігурації;

$V_{0,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву поясу;

$W_{ip,el,0}$ – момент пружного опору перерізу поясу в площині з'єднання;

$W_{ip,pl,0}$ – момент пластичного опору перерізу поясу в площині з'єднання;

$W_{op,el,0}$ – момент пружного опору перерізу поясу із площини з'єднання;

$W_{op,pl,0}$ – момент пластичного опору перерізу поясу із площини з'єднання;

$W_{ip,el,i}$ – модуль пружності перерізу i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3) в площині з'єднання;

$W_{op,el,i}$ – модуль пружності перерізу i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3) із площини з'єднання;

a – товщина зварного шва;

b_0 – ширина поясу RHS;

$b_{e,ov}$ – ефективна ширина елемента в'язей, який утворює напуск із перекритим елементом в зоні з'єднання внапуск;

$b_{e,p}$ – ефективна ширина елемента в'язей RHS за зсуву з продавлюванням;

b_{eff} – ефективна ширина з'єднання елемента в'язей RHS із поясом;

b_i – ширина із площини i-го елемента в'язей RHS (i = 1, 2 або 3);

b_p – ширина підсилювальної листової накладки;

b_w – ефективна ширина стінки поясу з таврового профілю нормального чи широкополичного;

c_s – коефіцієнт;

$d_{e,ov}$ – ефективна ширина елемента в'язей CHS, який утворює напуск із перекритим елементом в зоні з'єднання внапуск;

d_{eff} – ефективна ширина з'єднання елемента в'язей CHS із поясом;

$d_{e,p}$ – ефективна ширина елемента в'язей CHS за зсуву з продавлюванням;

d_0 – діаметр поясу;

d_i – діаметр i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

e – ексцентриситет у з’єднанні ґратчастих ферм із порожнистого профілю із додатним знаком у напрямку від в’язей;

f_{b} – межа стійкості бічної стінки поясу;

f_{u0} – межа міцності на розтяг елемента поясу;

f_{ui} – межа міцності на розтяг i-го елемента в’язей (i = 1,2 або 3) або елемента в’язей, що утворює напуск;

f_{uj} – межа міцності на розтяг перекритого внапуск в’язевого елемента;

f_{bp} – межа міцності підсилювальної листової пластини;

f_{y} – границя текучості;

f_{y0} – границя текучості елемента поясу;

f_{yi} – границя текучості i-го елемента в’язей (i = 1, 2 або 3);

f_{yp} – границя текучості пластини;

g чи g_{t} – проміжок між елементами в’язей;

h_0 – висота перерізу поясу RHS;

h_{i} – висота перерізу в площині i-го елемента в’язей RHS (i = 1, 2 або 3);

h_{w} – висота стінки елемента поясу з таврового профілю нормального чи широкополичного;

h_{z} – відстань між центрами ваги за ефективної ширини елементів RHS, з’єднаних із колоною з таврового профілю нормального чи широкополичного;

$l_{\mathrm{b,eff}}$ – довжина ефективного периметра в ситуації відмови в’язевого елемента, що утворює напуск;

l_{p} – висота поперечного перерізу підсилювальної листової накладки;

n_0 – коефіцієнт напружень у поясі;

p – відстань, див. рисунок 9.2;

q – перекривання унапуск, утворене в'язевими елементами з'єднання K- чи N-подібної конфігурації, див. рисунок 9.2;

r – радіус заокруглення кореня кутового зварного шва поясу з таврового профілю нормального чи широкополичного;

t_0 – товщина стінки поясу;

t_f – товщина полиці;

t_i – товщина стінки i-го елемента в'язей (i = 1, 2 або 3);

t_p – товщина пластини;

t_w – товщина стінки поясу з таврового профілю нормального чи широкополичного чи швелера;

y_s – відстань від нейтральної осі до зовнішньої грані стінки швелера;

α – коефіцієнт для визначення ефективної площі зсуву поясу в зоні проміжку;

β – відношення значень діаметра чи ширини елементів в'язей до поясу (для підсилювальних листових накладок застосовують підрядковий індекс «p»);

γ – відношення значень ширини чи діаметра поясу до подвійної товщини його стінки;

γ_{M5} – частковий коефіцієнт опору з'єднання порожнистих профілів;

ε – параметр матеріалу залежно від f_y;

η – відношення висоти стінки елемента в'язі до діаметра чи ширини поясу (для підсилювальних листових накладок

застосовують підрядковий індекс «p»);

κ – максимальний коефіцієнт використання для врахування взаємодії *M-N*;

$\bar{\lambda}$ – гнучкість;

λ_{ov} – коефіцієнт перекривання унапуск;

θ_i – гострий кут між поясом та *i*-тим елементом в'язей (i = 1, 2 чи 3);

μ – коефіцієнт просторовості, визначений з відповідної таблиці;

χ – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості за згинальною формою;

φ – кут, утворений між площинами у конфігурації просторового з'єднання

Додаток А

A_s – площа напруження за розтягу (номінальна робоча площа) болта;

A_{wp} – площа ділянки стінки колони;

E – модуль пружності сталі;

E_{cm} – січний модуль пружності бетону;

$F_{b,Rd}$ – розрахункове значення опору зминанню болта;

$F_{c,bp,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску бетону й опорної плити;

$F_{c,fb,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску полиці та стінки балки (чи колони);

$F_{c,wc,Rd}$ – розрахункове значення опору поперечному стиску стінки колони;

$F_{T,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу еквівалентного Т-подібного елемента;

$F_{t,bp,Rd}$ – розрахункове значення опору згину з розтягом опорної плити;

$F_{t,cl,Rd}$ – розрахункове значення опору згину підсилювальної кутикової накладки;

$F_{t,ep,Rd}$ – розрахункове значення опору згину торцевої пластини;

$F_{t,fc,Rd}$ – розрахункове значення опору згину полиці колони;

$F_{t,wb,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу стінки балки;

$F_{t,wc,Rd}$ – розрахункове значення опору поперечному розтягу стінки колони;

$F_{v,Ed}$ – розрахункове значення сили зрізу болта;

$F_{vb,Rd}$ – розрахункове значення опору зрізу анкерного болта;

L_b – довжина видовження болта;

$M_{c,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту перерізу балки;

$\overline{S}_b$ – відносна навантажувальна жорсткість;

$V_{wp,add,Rd}$ – розрахункове значення додаткового опору зсуву підкріпленої ділянки стінки колони;

$V_{wp,Ed}$ – розрахункове значення зсувного зусилля в ділянці стінки колони;

$V_{wp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву непідкріпленої ділянки стінки колони;

a – товщина кутового зварного шва (для балки, колони і плити застосовують підрядкові індекси «b», «c» і «p» відповідно);

b_{cl} – ширина кутикової накладки;

$b_{eff,b,fc}$ – ефективна ширина непідкріпленої полиці колони за згину в

зварних з'єднаннях;

$b_{\mathrm{eff,c,wc}}$ – ефективна ширина стінки колони, підданої поперечному стиску;

$b_{\mathrm{eff,t,wb}}$ – ефективна ширина стінки балки, підданої розтягу;

$b_{\mathrm{eff,t,wc}}$ – ефективна ширина стінки колони, підданої поперечному розтягу;

b_{fb} – ширина полиці балки;

b_{fc} – ширина полиці колони;

b_{p} – ширина торцевої пластини;

b_{s} – ширина підсилювальної листової накладки;

d – діаметр болта;

d_0 – діаметр отвору для болта;

d_{M16} – номінальний діаметр болта М16;

d_{s} – відстань між осьовими лініями елементів жорсткості;

d_{wc} – висота прямої ділянки стінки колони (висота в просвіті);

e – відстань до кромки (для виступної частини торцевої пластини застосовують підрядковий індекс «X»);

e_1 – відстань від болтового ряду до вільної кромки пластини в напрямку передавання навантаги;

e_{c} – відстань від центрів отворів крайнього ряду до сусідньої вільної кромки полиці колони, виміряна в напрямку осі профілю колони;

e_{bp} – відстань від центра отвору для болта до прилеглої до краю елемента кромки опорної пластини полиці колони;

h_{bp} – висота опорної пластини полиці колони;

f_{u} – межа міцності за розтягу;

f_{y} – границя текучості;

f_{yb} – границя текучості анкерного болта;

$f_{\mathrm{y,fc}}$ – границя текучості полиці колони;

$f_{\mathrm{y,st}}$ – границя текучості елемента жорсткості;

$f_{\mathrm{y,wb}}$ – границя текучості стінки балки;

$f_{\mathrm{y,wc}}$ – границя текучості стінки колони;

h – висота перерізу балки;

h_{st} – висота елемента жорсткості торцевої пластини, див. рисунок А.9;

h_{wc} – висота стінки, виміряна всередині колони між полицями;

k_{b} – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих зминанню;

$k_{\mathrm{c,bp}}$ – коефіцієнт жорсткості бетону та опорної пластини, підданих стиску;

$k_{\mathrm{c,fb}}$ – коефіцієнт жорсткості полиці балки та стінки, підданих стиску;

$k_{\mathrm{c,p}}$ – коефіцієнт жорсткості пластини, підданої стиску;

$k_{\mathrm{c,wc}}$ – коефіцієнт жорсткості стінки колони, підданої поперечному стиску;

k_{hb} – коефіцієнт жорсткості підсиленої вутом балки;

k_{t} – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих розтягу, застосовний для одного ряду болтів;

k_{tb} – коефіцієнт жорсткості анкерних болтів, підданих розтягу;

$k_{\mathrm{t,bp}}$ – коефіцієнт жорсткості опорної пластини, підданої згину з

розтягом;

$k_{t,cl}$ – коефіцієнт жорсткості підсилювальної кутикової накладки, підданої згину;

$k_{t,ep}$ – коефіцієнт жорсткості торцевої пластини, підданої згину;

$k_{t,fc}$ – коефіцієнт жорсткості полиці колони, підданої згину;

$k_{t,p}$ – коефіцієнт жорсткості пластини, підданої розтягу;

$k_{t,wb}$ – коефіцієнт жорсткості стінки балки, підданої розтягу;

$k_{t,wc}$ – коефіцієнт жорсткості стінки колони, підданої поперечному розтягу;

k_v – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих зрізу, застосовний для одного ряду болтів;

k_w – коефіцієнт жорсткості зварних швів;

k_{wp} – коефіцієнт жорсткості ділянки стінки колони, підданої зсуву;

k_{wc} – понижувальний коефіцієнт для врахування взаємодії з нормальними напруженнями в ділянці стінки колони;

l_{eff} – ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу (для колової та неколової схеми розташування лінії текучості застосовують підрядкові індекси «cp» та «nc» відповідно);

l_s – довжина підсилювальної листової накладки;

l_{st} – довжина елемента жорсткості торцевої пластини, див. рисунок А.9;

m – відстань від центра болта до точки, розташованої на 20 % відстані в напрямку до середини перерізу кореня шва чи до зварного шва (для виступної частини торцевої пластини застосовують підрядковий індекс «X»);

n – кількість болтів;

n_b – кількість рядів болтів (по два болти в кожному ряду);

p – відстань між центрами болтів (крок);

p_1 – відстань між рядами болтів у напрямку передавання навантаги;

r – радіус заокруглення валика кутового зварного шва (для балки, колони та кутикової накладки застосовують підрядкові індекси «b», «c» та «cl» відповідно);

s_p – довжина, виміряна вздовж розрізу під кутом 45° крізь торцеву пластину;

s_s – довжина жорсткої опори;

t_{cl} – товщина кутикової накладки;

t_{fb} – товщина полиці балки;

t_{fc} – товщина полиці колони;

t_j – товщина компонента *j;*

t_p – товщина пластини;

t_s – товщина підсилювальної листової накладки;

$t_{w,eff}$ – ефективна товщина підкріпленої стінки колони;

t_{wb} – товщина стінки балки;

t_{wc} – товщина стінки колони;

u – видовження болтового отвору;

w – відстань по горизонталі між рядами болтів у з’єднанні торцевої пластини («шаблон»);

z – важільне плече (розрахункове плече пари сил);

α – коефіцієнт модифікації для врахування схем розташування ліній текучості поряд з елементом жорсткості чи полицею;

α_{bc} – коефіцієнт;

β – коефіцієнт перетворення;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт для врахування опору поперечних перерізів;

γ_{M1} – частковий коефіцієнт для врахування опору втраті стійкості елементів, величину якого визначають розрахунковим перевірянням елементів;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт для врахування опору болтів;

ε – параметр матеріалу залежно від f_{y};

η – коефіцієнт для врахування площі, підданої зсуву;

$\bar{\lambda}_{\mathrm{p}}$ – гнучкість пластини;

ρ – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості пластини;

$\bar{\sigma}_{\mathrm{b}}$ – безвимірна величина середнього напруження зминання;

$\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}}$ – безвимірна величина розрахункового напруження зминання;

$\sigma_{\mathrm{com,Ed}}$ – максимальне поздовжнє стискальне напруження внаслідок дії осьової сили та згинального моменту в колоні;

ω – понижувальний коефіцієнт для врахування взаємодії за умов зсуву в ділянці стінки колони

Додаток В

E – модуль пружності сталі;

$F_{\mathrm{c,fb,Rd}}$ – розрахункове значення опору полиці та стінки балки,

підданих стиску;

$F_{c,wc,Rd}$ – розрахункове значення опору стінки колони, підданої поперечному стиску;

$F_{r,Rd}$ – зусилля болтового ряду r (r = 1 або 2);

F_{Rd} – загальний розрахунковий опір;

$F_{t,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу болта;

$F_{t,ep,Rd}$ – розрахункове значення опору згину торцевої пластини;

$F_{t,fc,Rd}$ – розрахункове значення опору згину полиці колони;

$F_{t,r,Rd}$ – ефективний розрахунковий опір розтягу ряду болтів r;

$F_{t,wb,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу стінки балки;

$F_{t,wc,Rd}$ – розрахункове значення опору поперечному розтягу стінки колони;

$F_{t,x,Rd}$ – ефективний розрахунковий опір розтягу ряду болтів x;

$M_{j,Ed}$ – розрахункове значення згинального моменту, прикладеного до з’єднання;

$M_{j,Rd}$ – розрахункове значення опору згинальному моменту з’єднання;

$M_{pl,Rd}$ – розрахункове значення опору з'єднаного елемента пластичній деформації внаслідок дії згинального моменту;

N_{Ed} – розрахункове значення осьового зусилля у з'єднаному елементі;

$N_{j,Ed}$ – розрахункове значення осьової сили, прикладеної до з’єднання;

$N_{j,Rd}$ – розрахункове значення осьового опору з’єднання;

$S_{j,ini}$ – початкова поворотна жорсткість з’єднання;

$V_{j,Ed}$ – розрахункове значення зсувної сили з’єднання;

$V_{j,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву з’єднання;

$V_{wp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву непідкріпленої ділянки стінки колони;

d – діаметр болта;

f_{ub} – межа міцності болта за розтягу;

f_y – границя текучості

h_b – висота балки;

h_c – висота колони;

h_r – відстань від ряду болтів r до центра ділянки, підданої стиску;

h_x – відстань від ряду болтів x до центра ділянки, підданої стиску;

k_b – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих зминанню;

$k_{c,wc}$ – коефіцієнт жорсткості стінки колони, підданої поперечному стиску;

$k_{eff,r}$ – ефективний коефіцієнт жорсткості болтового ряду r;

k_{eq} – еквівалентний коефіцієнт жорсткості;

k_i – коефіцієнт жорсткості базового компонента i;

$k_{i,r}$ – коефіцієнт жорсткості основного компонента i залежно від болтового ряду r;

k_t – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих розтягу, застосовний для окремого ряду болтів;

$k_{t,cl}$ – коефіцієнт жорсткості підсилювальної кутикової накладки, підданої згину;

$k_{t,ep}$ – коефіцієнт жорсткості торцевої пластини, підданої згину;

$k_{t,fc}$ – коефіцієнт жорсткості полиці колони, підданої згину;

$k_{t,wc}$ – коефіцієнт жорсткості стінки колони, підданої поперечному розтягу;

k_v – коефіцієнт жорсткості болтів, підданих зрізу, застосовний для окремого ряду болтів;

k_{wp} – коефіцієнт жорсткості ділянки стінки колони, підданої зсуву;

t – товщина;

t_{cl} – товщина кутикової накладки;

t_{fb} – товщина полиці балки;

z – важільне плече (розрахункове плече пари сил);

z_{eq} – еквівалент важільного плеча;

β – коефіцієнт перетворення;

γ_{rm} – коефіцієнт надміцності;

ϕ_{Cd} – розрахункове значення поворотної здатності з'єднання

Додаток С

A_v – площа зсуву підтримуваної балки чи тримального елемента;

$A_{v,cl}$ – площа зсуву кутикової накладки;

$A_{v,ep}$ – площа зсуву торцевої пластини;

$A_{v,net}$ – площа зсуву нетто підтримуваної балки чи тримального елемента;

$A_{v,net,cl}$ – площа зсуву нетто кутикової накладки;

$A_{v,fp}$ – площа зсуву реберної пластини;

$A_{v,net,ep}$ – площа зсуву нетто торцевої пластини;

$A_{v,net,fp}$ – площа зсуву нетто реберної пластини;

E – модуль пружності сталі;

$F_{b,hor,Rd}$ – вертикальні та горизонтальні компоненти $F_{b,Rd}$; та $F_{b,ver,Rd}$

$F_{v,Rd}$ – розрахункове значення опору зрізу болта;

I – параметр;

T_{Ed} – розрахункова величина сполучної сили;

$T_{u,w,Rd}$ – розрахункове значення сполучного опору стінки тримального елемента;

$T_{u,wb,Rd}$ – розрахункове значення сполучного опору стінки балки;

$V_{b,fp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву внаслідок втрати стійкості реберної пластини;

$V_{c,ep,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву внаслідок згину торцевої пластини;

$V_{c,fp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву внаслідок згину реберної пластини;

V_{Ed} – розрахункове значення зсувної сили;

V_{Rd} – розрахункове значення опору зсуву;

$V_{u,cl,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу нетто полиці кутикової накладки;

$V_{u,ep,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу нетто торцевої пластини;

$V_{u,fp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу нетто реберної пластини;

$V_{u,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу нетто

підтримуваної балки чи тримального елемента;

$V_{v,cl,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу брутто полиці кутикової накладки;

$V_{v,ep,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу брутто торцевої пластини;

$V_{v,fp,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву перерізу брутто реберної пластини;

$V_{v,wb,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву стінки балки;

a – товщина зварного шва;

d_0 – діаметр отвору для болта;

d_{wb} – висота прямої ділянки стінки підтримуваної балки (висота в просвіті);

d_2 – висота прямої ділянки стінки тримального елемента (висота в просвіті);

e_1 – відстань до кінця/торця елемента;

e_2 – відстань до кромки;

h_{cl} – висота кутикової накладки;

h_e – відстань до нижньої полиці балки, див. таблицю С.1;

h_{ep} – висота торцевої пластини;

h_{fp} – висота реберної пластини;

h_p – висота;

f_u – межа міцності за розтягу, або межа міцності за розтягу з'єднуваного елемента зі сталі нижчої марки;

$f_{u,2}$ – межа міцності за розтягу тримального елемента;

$f_{u,cl}$ – межа міцності за розтягу кутикової накладки;

$f_{u,fp}$ – межа міцності за розтягу реберної пластини;

f_y – границя текучості;

$f_{y,cl}$ – границя текучості кутикової накладки;

$f_{y,ep}$ – границя текучості торцевої пластини;

$f_{y,fp}$ – границя текучості реберної пластини;

$f_{y,wb}$ – границя текучості стінки балки;

g_h – проміжок між з'єднуваними елементами;

l_{eff} – ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента за розтягу;

n – загальна кількість болтів;

n_1 – кількість горизонтальних рядів болтів;

n_2 – кількість вертикальних рядів болтів;

p_1 – відстань по вертикалі між болтами для з'єднань торцевої пластини та реберної пластини («крок»);

p_2 – поперечна відстань між осьовими лініями болтів у з'єднаннях із використанням реберних пластин;

p_3 – відстань, виміряна між центрами болтів перпендикулярно їхнім осьовим лініям («шаблон болтів»);

t – товщина;

t_{cl} – товщина кутикової накладки;

t_{ep} – товщина торцевої пластини;

t_{fp} – товщина реберної пластини;

t_{wb} – товщина стінки балки;

$t_{w,2}$ – товщина стінки тримального елемента;

z – ексцентриситет зсувної сили;

z_0 – геометричний параметр;

z_p – відстань від лицьової поверхні тримального елемента до вертикальної осі першого болта;

α та α_1 – параметр;

β та β_1 – параметр;

β_w – коефіцієнт кореляції для кутових швів;

γ_1 – параметр;

γ_{M0} – частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів;

γ_{M1} – частковий коефіцієнт опору елементів щодо втрати стійкості, який визначають розрахунковим перевірянням елементів;

γ_{M2} – частковий коефіцієнт опору поперечних перерізів за розтягу до настання руйнування, а також частковий коефіцієнт опору зминанню болтів, зварних швів і пластин;

γ_{Mu} – частковий коефіцієнт опору компонентів, застосовний під час перевіряння цілісності конструкції (сполучний опір);

η_1 – параметр;

λ_1 – параметр;

$\bar{\lambda}_{\mathrm{LT}}$ – гнучкість ребеної пластини;

χ_{LT} – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості за поперечно-крутильною формою реберної пластини;

ϕ_{Cd} – розрахункове значення поворотної здатності з’єднання;

ϕ_{Ed} – розрахункове значення кута повертання з’єднання

Додаток D

$C_{f,d}$ – коефіцієнт тертя між контактними поверхнями опорної плити та шару будівельного розчину;

E – модуль пружності сталі;

$F_{C,Rd}$ – розрахунковий опір стиску з одного боку з'єднання;

$F_{c,bp,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску бетону та опорної плити;

$F_{c,fb,Rd}$ – розрахункове значення опору стиску полиці та стінки балки (або колони);

$F_{f,Rd}$ – розрахункове значення опору тертю;

$F_{T,Rd}$ – розрахункове значення опору розтягу з одного боку з'єднання;

$F_{t,bp,Rd}$ – розрахункове значення опору згину з розтягом опорної плити;

$F_{t,wc,Rd}$ – розрахункове значення опору поперечному розтягу стінки колони;

$F_{v,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву контактних поверхонь опорної плити колони та шару будівельного розчину;

$F_{va,Rd}$ – розрахункове значення опору зрізу кріпильного виробу, яким з'єднують сталевий елемент із бетоном;

$F_{vb,Rd}$ – розрахункове значення опору зрізу анкерного болта;

M_{Ed} – розрахункове значення згинального моменту;

$M_{j,Rd}$ – розрахункове значення опору з'єднання щодо моменту;

$N_{c,Ed}$ – розрахункове значення нормального стискального зусилля в колоні;

N_{Ed} – розрахункове значення осьової сили;

$N_{j,Rd}$ – розрахункове значення осьового опору з'єднання;

$S_{j,ini}$ – вихідна поворотна жорсткість з’єднання;

e – ексцентриситет;

f_{jd} – розрахункова навантажувальна здатність з’єднання;

k_C – коефіцієнт стискальної жорсткості;

$k_{c,bp}$ – коефіцієнт стискальної жорсткості бетону та опорної плити;

k_T – коефіцієнт розтягувальної жорсткості;

k_{tb} – коефіцієнт розтягувальної жорсткості анкерних болтів;

$k_{t,bp}$ – коефіцієнт жорсткості опорної плити, підданої згину з розтягом;

n – кількість анкерних болтів;

z – важільне плече (розрахункове плече пари сил);

z_C та z_T – важільні плечі (стискальної і розтягувальної сил).

Інші символьні познаки зазначено у відповідних пунктах, у яких їх застосовано.

4 ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ

4.1 Загальні правила

4.1.1 Основні вимоги

(1) Проєктування сталевих конструкцій має відповідати загальним правилам, зазначеним у EN 1990 та EN 1991 (усі частини), а також спеціальним положенням щодо проєктування сталевих конструкцій з інших застосовних частин EN 1993-1 (усі частини).

(2) Сталеві конструкції, запроєктовані згідно з цим стандартом, потрібно виконувати відповідно до EN 1090-2 із використанням будівельних матеріалів і виробів, які зазначено у відповідних частинах EN 1993 або у застосовних специфікаціях на матеріали та вироби.

4.1.2 Додаткові вимоги

(1) Положення, викладені в цьому стандарті, потрібно застосовувати до сталей, які відповідають вимогам EN 1993-1-1, а також до з’єднань елементів, що сприймають переважно статичну навантагу.

(2) Викладені в цьому стандарті положення застосовують до матеріалів, товщина яких більше чи дорівнює 3 мм, якщо в окремих пунктах не зазначено іншого.

(3) Потрібно, щоб з’єднання елементів мали такий розрахунковий опір, щоб конструкція відповідала всім основним вимогам, установленим у цьому стандарті та в EN 1993-1-1.

(4) Проєктування з’єднань, підданих іншим видам навантаження, крім статичного, також має відповідати принципам, зазначеним у відповідних частинах EN 1993, наприклад, щодо з’єднань, підданих втомлювальним діям, див. EN 1993-1-9.

4.2 Проєктні припущення

(1) Сили та моменти, прикладені до з’єднань елементів, потрібно визначати згідно з принципами, зазначеними в EN 1993-1-1.

(2) З’єднання мають бути запроєктовані, ґрунтуючись на реалістичному припущенні щодо розподілу внутрішніх зусиль через базові компоненти (див. 3.1.5).

(3) Щодо визначення розподілу зусиль застосовують такі припущення:

a) внутрішні зусилля у з’єднаннях за припущенням є рівнодійними сил і моментів, прикладених до з’єднання;

b) передбачені за цього розподілу сили не перевищуватимуть опір базових компонентів;

c) передбачені за цього розподілу деформації не перевищуватимуть деформаційної здатності базових компонентів;

d) згідно з припущенням, розподіл внутрішніх зусиль є реалістичним за врахування відносної жорсткості у межах з’єднання.

Примітка. Подані в цьому стандарті правила застосування відповідають (3).

(4) Проєктуючи з’єднання, можна застосовувати лінійно-пружний чи пружно-пластичний розрахунок. У межах з’єднання завжди можна припустити лінійно-пружний розподіл внутрішніх зусиль. У разі марок сталі вище S460 припускають пружний розподіл зусиль у з’єднанні.

Примітка. Правила пружно-пластичного розрахунку, застосовні до проєктування з’єднань, а також загального пластичного конструкційного розрахунку у разі марок сталі вище S460 може бути встановлено в Національному додатку. Це може обумовити застосування пунктів, наприклад, 8.1(5) та B.5.1(2), із відповідними змінами.

4.3 Конструкційні властивості з’єднань

4.3.1 Загальні положення

(1) Опір з’єднання ґрунтується на опорі його компонентів.

(2) Конструкційні властивості з’єднань елементів можна визначити аналітично, дотримуючи викладених у цьому стандарті правил. Як альтернативний варіант, можна також застосовувати випробування згідно з EN 1990, числові методи чи інші аналітичні методи.

Примітка 1. Відповідну інформацію щодо числових методів може бути отримано з EN 1993-1-14.

Примітка 2. Випробування виконують згідно з додатком D «Розрахунок за результатами випробувань» EN 1990:2023.

Примітка 3. Додаткові вимоги та інформацію щодо експериментального випробування може бути подано в Національному додатку.

4.3.2 Часткові коефіцієнти

(1) Для обчислення розрахункового опору компонентів з'єднань застосовують часткові коефіцієнти γ_M, зазначені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Часткові коефіцієнти

Конструкційний компонент	Частковий коефіцієнт
Опір елементів і поперечних перерізів	γ_{M0}, γ_{M1} та γ_{M2}, див. EN 1993-1-1
Опір залізобетону	γ_c, див. EN 1992-1-1
Опір болтів	γ_{M2}
Опір заклепок	
Опір штифтів	
Опір зварних швів	
Опір зминанню пластин	
Опір проковзуванню: – у граничному стані за несною здатністю (клас С); – у граничному стані експлуатаційної придатності (клас В);	γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Опір зминанню ін'єкційних болтів	γ_{M4}
Опір з'єднань порожнистих профілів	γ_{M5}
Опір штифтів у граничному стані експлуатаційної придатності	$\gamma_{M6,ser}$
Сполучний опір	γ_{Mu}

Примітка 1. Для γ_M приймають такі значення: γ_{M2} = 1,25; γ_{M3} = 1,25 та $\gamma_{M3,ser}$ = 1,1; γ_{M4} = 1,0; γ_{M5} = 1,0; $\gamma_{M6,ser}$ = 1,0; γ_{Mu}= 1,1, якщо в Національному додатку не встановлено інших значень.

Примітка 2. У формулах для розрахунку з'єднань порожнистих профілів у розділі 9 застосовано γ_{M5} = 1,0, оскільки часткові коефіцієнти визначено в правилах розрахунку.

4.4 Комбіновані способи з'єднання

(1) Якщо використовують комбіновані способи з'єднання чи з'єднання кріпильними виробами чи зварними швами, які мають різну жорсткість, то у розподілі зусиль через з'єднання враховують різну жорсткість цих з'єднань, кріпильних виробів чи зварних швів (див. 4.2).

(2) За консервативного підходу можна припустити, що зусилля передаватиметься жорсткішим з'єднанням або жорсткішими кріпильними виробами чи зварними швами.

4.5 З'єднання, що працюють на зсув та піддані ударній, вібраційній та/або знакозмінній навантазі

(1) Якщо з'єднання, що працює на зсув, піддано ударній чи суттєвій вібраційній навантазі, використовують один із зазначених нижче способів з'єднання:

– зварювання;

– болти з засобами фіксації;

– болти з попереднім натягом;

– ін'єкційні болти;

– інші типи болтів, які ефективно запобігають зміщенню з'єднаних деталей;

– заклепки.

(2) Якщо проковзування у з'єднаанні недопустимо (наприклад, через сприймання ним знакозмінної навантаги зсуву), використовують болти з попереднім натягом у з'єднанні класу B чи C (див. 5.4.1), високоточні болти (див. 5.9.2), заклепки чи зварювання.

(3) Для вітрових в’язей та/або в’язей, що забезпечують стійкість, у з’єднаннях класу А допустимо використовувати болти (див. 5.4.1).

4.6 Ексцентриситет на перетині елементів

(1) За наявності ексцентриситету в місцях перетину, з’єднання та їхні елементи проєктують з урахуванням спричинених цим ексцентриситетом моментів і сил, за винятком ситуацій, у яких щодо конкретних типів конструкцій було продемонстровано, що цього враховувати не потрібно, див. 7.1.5.

(2) Якщо у з’єднанні кутики чи елементи з таврового профілю прикріплюють одним чи двома рядами болтів, то згідно з (1) враховують будь-який ексцентриситет. Ексцентриситети у площині та із площини визначають з урахуванням відносного розташування центроїдальної осі елемента і виносних ліній (рисок) у площині з’єднання, див. рисунок 4.1. Для підданого розтягу одиночного кутика, приєднаного однією полицею за допомогою болтів, ексцентриситет між виносною лінією та центром ваги поперечного перерізу (центроїдом) можна врахувати, застосовуючи спрощений метод розрахунку згідно з 5.15.

Примітка. Спричинений ексцентриситетом ефект, що впливає на кутики, застосовувані як елементи підданої стиску стінки, визначено в CEN/TR 1993-1-103[2].

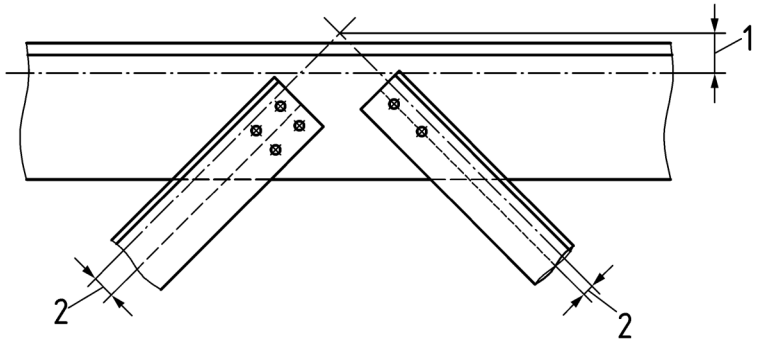


Рисунок 4.1 – Виносні лінії та ексцентриситети в місці перетину

[2] На розгляді.

Умовні познаки:

– виносна лінія;

– центроїд;

– кріпильний виріб;

1 – ексцентриситет центроїдів;

2 – ексцентриситет виносної лінії відносно центроїда

Рисунок 4.1 – аркуш 2

5 З'ЄДНАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БОЛТІВ, ЗАКЛЕПОК ЧИ ШТИФТІВ

5.1 Болти, гайки та шайби

5.1.1 Класи міцності

(1) Застосовують болти, гайки та шайби, властивості яких відповідають вимогам EN 14399 (усі частини), EN 15048 (усі частини) та стандартів, зазначених у EN 1090-2.

(2) Викладені в цьому стандарті правила застосовують до болтів, класи міцності яких зазначено в таблиці 5.1.

(3) Номінальні значення границі текучості f_{yb} та межі міцності за розтягу f_{ub} болтів, подані в таблиці 5.1, приймають у проєктних розрахунках як характеристичні значення.

Таблиця 5.1 – Номінальні значення границі текучості f_{yb} та межі міцності за розтягу f_{ub} болтів

Клас міцності	**4.6**	**4.8**	**5.6**	**5.8**	**6.8**	**8.8**	**10.9**
f_{yb} (Н/мм^2)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (Н/мм^2)	400	400	500	500	600	800	1 000

Примітка. У Національному додатку певні класи міцності болтів може бути не зазначено.

5.1.2 Болти для застосування з попереднім натягом

(1) Болтові комплекти для застосування із попереднім натягом обирають такі, що мають клас міцності 8.8 і 10.9 та відповідають застосовним частинам EN 14399, а болти для контрольованого попереднього натягу – такі, що відповідні вимогам 8.5 EN 1090-2:2018.

5.2 Заклепки

(1) Для сталевих заклепок визначають властивості матеріалу, розмірність і допустимі відхили.

Примітка. Властивості матеріалу, розмірність і допустимі відхили сталевих заклепок може бути подано в Національному додатку.

(2) Зазначену межу міцності за розтягу f_{ur}, що дорівнює 400 Н/мм^2, допустимо приймати тільки для підданих зрізу заклепок зі сталі марки S235.

(3) З'єднання, виконане одинарним перекриванням унапуск елементів із застосуванням одого ряду заклепок, не допустимо.

5.3 Анкерні болти та кріпильні вироби для з'єднання сталевого елемента з бетоном

(1) Для анкерних болтів використовують такі матеріали:

– сталі марок згідно з EN 10025 (усі частини), якщо застосовно;

– сталі марок згідно з EN 14399 (усі частини), EN 15048 (усі частини) та стандартами, зазначеними в EN 1090-2;

– сталі марок, використовуваних для арматурних стрижнів згідно з EN 10080,

дотримуючи умови, що їхня номінальна границя текучості не перевищує 900 Н/мм^2, або у разі підданих зрізу анкерних болтів – 640 Н/мм^2.

(2) Розмірність і матеріали кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном зазначають згідно з EN 1992-4.

5.4 Болтові з'єднання

5.4.1 Класи болтових з'єднань

(1) Болтові з’єднання, піддані зсувній навантазі (з’єднання, що працюють на зріз; зрізні з’єднання), проєктують відповідно до одного з зазначених нижче класів.

a) Клас A: тип, стійкий до зминання

Використовують болти класу міцності від 4.6 до 10.9 включно. Попередній натяг чи спеціальні умови для контактних поверхонь не застосовують. Для встановлення болтів використовують звичайні круглі чи прорізні отвори, в яких поздовжня вісь отвору перпендикулярна до напрямку дії сили. Забезпечують розміри отворів, які не перевищують зазначених у 6.6 EN 1090-2:2018.

b) Клас B: тип, фрикційно стійкий у граничному стані експлуатаційної придатності

Використовують болти з попереднім натягом і з контрольованим затягненням згідно з 5.1.2(1). Для болтів застосовують звичайні круглі чи прорізні отвори, в яких поздовжня вісь отвору перпендикулярна до напрямку дії сили. Забезпечують розміри отворів, які не перевищують зазначених у 6.6 EN 1090-2:2018.

c) Клас C: тип, фрикційно стійкий у граничному стані за несною здатністю

Використовують болти з попереднім натягом і з контрольованим затягненням згідно з 5.1.2(1).

(2) Болтові з’єднання, піддані розтягувальній навантазі (з’єднання, що працюють на розтяг), проєктують, дотримуючи відповідності одному з зазначених нижче класів.

a) Клас D: без попереднього натягу

Використовують болти класу міцності від 4.6 до 10.9 включно. Попереднього натягу не виконують. Вимоги цього класу не застосовують до з’єднань, які піддано часто повторюваній розтягувальній навантазі з різною варіативністю. Але їх можна застосовувати до з'єднань, розрахованих на сприймання вітрових навантаг.

b) Клас E: із попереднім натягом

Використовують болти з попереднім натягом і з контрольованим затягненням згідно з 5.1.2(1).

5.4.2 Ін'єкційні болти

(1) Ін’єкційні болти можна використовувати як альтернативу звичайним болтам і заклепкам для виконання з’єднань класів A, B та C, зазначених у 5.4.1.

Примітка. Детальну інформацію щодо виготовлення та встановлення ін’єкційних болтів викладено в додатку J EN 1090-2:2018.

5.4.3 Комбіновані способи з'єднання

(1) Як виняток щодо 4.4(1) можна припустити, що болти з попереднім натягом у з’єднаннях класу C розподілятимуть зсувні навантаги на зварні шви за умови, що остаточне затягнення болтів виконуватимуть після завершення зварювання.

5.4.4 З'єднання із застосуванням з’єднувальних кутиків

(1) З’єднувальний кутик, показаний на рисунку 5.1, застосовують для приєднання кутикових елементів до тримального елемента за допомогою кріпильних виробів. З’єднувальні кутики та з’єднання з їх

застосуванням розраховують на передавання зусиль, розрахункові значення яких визначають із таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Дії, застосовні для проєктування з'єднувальних кутиків і з'єднань із використанням з'єднувальних кутиків

	З'єднувальний кутик під дією осьової сили[a]	**З'єднання, що працюють на зсув**		
		З'єднувальний кутик – тримальний елемент[b]	**З'єднувальний кутик – з'єднаний елемент[c]**	**З'єднаний елемент – тримальний елемент[d]**
Кутикові елементи зі з'єднувальними кутиками, рисунок 5.1 a)	$1{,}2\frac{A_{\mathrm{leg1}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$1{,}2\frac{A_{\mathrm{leg1}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$1{,}4\frac{A_{\mathrm{leg1}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$\frac{A_{\mathrm{leg2}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$
Швелер чи аналогічний елемент зі з'єднувальними кутиками, рисунок 5.1 b)	$1{,}1\frac{A_{\mathrm{f}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$1{,}1\frac{A_{\mathrm{f}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$1{,}2\frac{A_{\mathrm{f}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$	$\frac{A_{\mathrm{w}}}{A_{\mathrm{m}}}F_{\mathrm{Ed}}$

A_{leg1} – площа полиці кутика (з'єднаного елемента), сполученої зі з'єднувальним кутиком;

A_{leg2} – площа полиці кутика (з'єднаного елемента), приєднаної до тримального елемента;

A_{f} – площа однієї полиці швелера чи аналогічного з'єднаного елемента;

A_{w} – площа стінки швелера чи аналогічного з'єднаного елемента, яку приєднують до тримального елемента;

A_{m} – площа поперечного перерізу з'єднаного елемента;

F_{Ed} – розрахункове значення осьового зусилля, що діє у з'єднаному елементі.

Примітка. З'єднувальні кутики можна використовувати для зменшення довжини з'єднання.

[a] Див. (c) в умовних познаках до рисунка 5.1.

[b] Див. (g) в умовних познаках до рисунка 5.1.

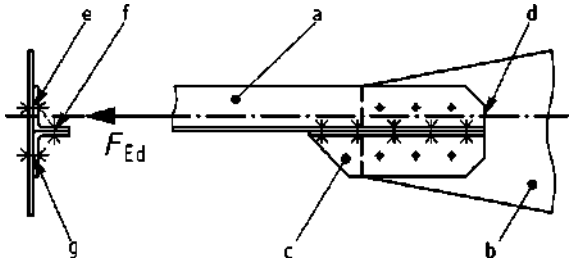
[c] Див. (f) в умовних познаках до рисунка 5.1.

[d] Див. (e) в умовних познаках до рисунка 5.1.

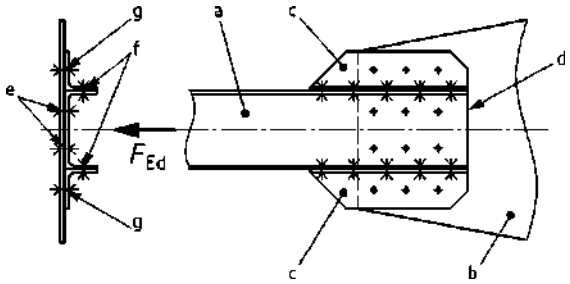
(2) Для приєднання з’єднувального кутика до тримального елемента використовують щонайменше два кріпильні вироби.

(3) З’єднувальний кутик прикріплюють до тримального елемента, досягаючи кінця з’єднаного елемента. З’єднання кутика зі з’єднаним елементом має проходити від кінця з’єднаного елемента до точки за межами тримального елемента.

(4) Правила, викладені в 5.4.4, не застосовують до сталі марок вище S460, у цьому разі розподіл зусиль визначають згідно з 4.2.



a) з'єднання кутикового елемента і з’єднувального кутика з тримальним елементом



b) з'єднання швелера і з’єднувального кутика з тримальним елементом

Умовні позначки:

a – з’єднаний елемент (кутиковий елемент чи швелер);

b – тримальний елемент;

c – з’єднувальний кутик;

d – кінець з’єднаного елемента;

e – спосіб з'єднання елементів – з’єднаного з тримальним;

f – з'єднання з’єднувального кутика зі з’єднаним елементом;

g – з'єднання з’єднувального кутика з тримальним елементом

Рисунок 5.1 – З’єднувальні кутики

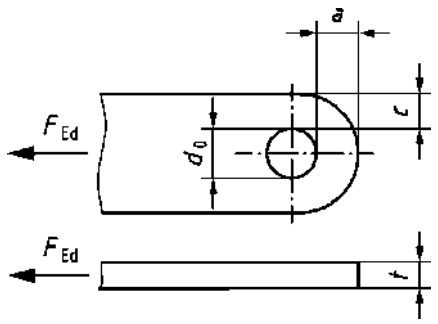
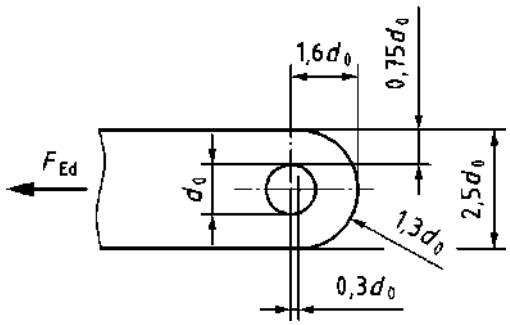
5.5 Штифтові з'єднання

(1) Усі штифти надійно закріплюють.

(2) В елементах, з’єднаних із застосуванням штифтів, забезпечують відповідність геометричних характеристик незакріпленого елемента, що містить отвір для штифта, дотримуючи

одного з двох варіантів вимог щодо розмірів, визначених у таблиці 5.3. Елементи, з'єднані із застосуванням штифтів, розташовують так, щоб уникнути ексцентриситету.

Таблиця 5.3 – Вимоги щодо геометричних розмірів елементів із шарнірно обпертими кінцями

Варіант А: Товщина *t* відома 	$a \geq \frac{F_{\mathrm{Ed}}\gamma_{\mathrm{M0}}}{2tf_{\mathrm{y}}} + \frac{2d_0}{3}$ $c \geq \frac{F_{\mathrm{Ed}}\gamma_{\mathrm{M0}}}{2tf_{\mathrm{y}}} + \frac{d_0}{3}$
Варіант В: Товщина *t* не відома 	$t \geq 0{,}7\sqrt{\frac{F_{\mathrm{Ed}}\gamma_{\mathrm{M0}}}{f_{\mathrm{y}}}}$ $d_0 \leq 2{,}5\,t$

5.6 Заклепкові з'єднання

(1) Заклепкові з'єднання проєктують із таким розрахунком, щоб передавання зусилля відбувалось унаслідок опорної реакції в пластині та зсувного зусилля в заклепці.

Примітка. У заклепці можуть виникати розтягувальні зусилля, які потрібно враховувати, див. 5.7.4(2).

(2) Для заклепок забезпечують довжину затиску, що не перевищує 4,5d у разі клепання молотком та 6,5d у разі клепання пресом, де d – діаметр заклепок.

5.7 Розрахункові критерії

5.7.1 Розрахункові критерії для болтових з’єднань

(1) Розрахункові критерії для з’єднань, що працюють на зсув і розтяг, класів від A до E визначають згідно з таблицею 5.4.

(2) Щодо болтів, які піддано комбінованій дії сил зсуву та розтягу, дотримують також відповідності критеріям, визначеним у таблиці 5.9.

Таблиця 5.4 – Розрахункові критерії для болтових з’єднань

Клас A: зрізні з’єднання стійкого до зминання типу
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору зминанню, $F_{b,Rd}$, не перевищено в жодному болтовому отворі; – розрахункове значення опору зрізу болта, $F_{v,Rd}$, не перевищено у будь-якій площині зсуву. Зауваження: – використовують болти класу міцності від 4.6 до 10.9; – попередній натяг виконувати не потрібно; – $F_{v,Rd}$ та $F_{b,Rd}$ визначають згідно з таблицею 5.9; – розрахункове значення опору з'єднання обчислюють згідно з 5.11

Продовження таблиці 5.4

Клас B: зрізні з’єднання фрикційно стійкого типу в граничному стані експлуатаційної придатності
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – див. клас A. Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану експлуатаційної придатності: – розрахункове значення опору проковзуванню, $F_{s,Rd,ser}$, не перевищено. Зауваження: – використовують болтові комплекти для попереднього натягу класу міцності 8.8 або 10.9; – значення $F_{s,Rd,ser}$ обчислюють згідно з 5.10; – розрахункове значення опору з'єднання визначають згідно з 5.11 щодо граничного стану за несною здатністю та згідно з 5.12 щодо граничного стану експлуатаційної придатності
Клас C: зрізні з’єднання фрикційно стійкого типу в граничному стані за несною здатністю
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору проковзуванню, $F_{s,Rd}$, не перевищено. Зауваження: – використовують болтові комплекти для попереднього натягу класу міцності 8.8 або 10.9; – значення $F_{s,Rd}$ обчислюють згідно з 5.10; – розрахункове значення опору з'єднання визначають згідно з 5.12

Кінець таблиці 5.4

Клас D: стійкі до розтягу з’єднання без попереднього натягу
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору розтягу болта, $F_{\mathrm{t,Rd}}$, не перевищено; – розрахункове значення опору зрізу з продавлюванням, $B_{\mathrm{p,Rd}}$, у будь-якому з’єднаному елементі не перевищено. Зауваження: – використовують болти класу міцності від 4.6 до 10.9; – значення $F_{\mathrm{t,Rd}}$ та $B_{\mathrm{p,Rd}}$ обчислюють згідно з таблицею 5.9; – у розрахунковому значенні розтягувальної сили, яка діє на піддані розтягу болти, враховують дію важільної сили відриву, якщо така є, див. 5.9.5
Клас E: стійкі до розтягу з’єднання з попереднім натягом
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – див. клас D. Зауваження: – використовують болтові комплекти для попереднього натягу класу міцності 8.8 або 10.9
Розрахункове значення межі міцності поперечного перерізу нетто з урахуванням отворів перевіряють згідно з 8.2.3(5) EN 1993-1-1:2022 щодо класів A, B чи C

5.7.2 Розрахункові критерії для з’єднань із застосуванням ін’єкційних болтів

(1) Розрахункові критерії для з’єднань класів A, B та C із застосуванням ін’єкційних болтів визначають згідно з таблицею 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахункові критерії для з’єднань із застосуванням ін’єкційних болтів

Клас А: зрізні з’єднання стійкого до зминання типу
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору зминанню, $F_{b,Rd}$, не перевищено в жодному болтовому отворі; – розрахункове значення опору зминанню ін’єкційної смоли, $F_{b,Rd,resin}$, не перевищено в жодному болтовому отворі; – розрахункове значення опору зрізу болта, $F_{v,Rd}$, не перевищено в будь-якій площині зсуву. Зауваження: – використовують болти класу міцності 8.8 або 10.9; – попередній натяг виконувати не потрібно; – $F_{b,Rd}$ та $F_{v,Rd}$ визначають згідно з таблицею 5.9; – $F_{b,Rd,resin}$ визначають згідно з 5.9.4(1); – розрахункове значення опору з'єднання отримують згідно з 5.11
Клас В: зрізні з’єднання фрикційно стійкого типу в граничному стані експлуатаційної придатності
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – див. клас А. Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану експлуатаційної придатності: – у граничному стані експлуатаційної придатності не перевищено суму значень розрахункового опору проковзуванню, $F_{s,Rd,ser}$, та розрахункового опору зминанню ін’єкційної смоли, $F_{b,Rd,resin}$.

Кінець таблиці 5.5

Клас B: зрізні з’єднання фрикційно стійкого типу в граничному стані експлуатаційної придатності
Зауваження: – використовують болтові комплекти для попереднього натягу класу міцності 8.8 або 10.9; – $F_{s,Rd,ser}$ визначають згідно з 5.10; – $F_{b,Rd,resin}$ визначають згідно з 5.9.4(1); – розрахункове значення опору з'єднання визначають згідно з 5.11 щодо граничного стану за несною здатністю та згідно з 5.12 щодо граничного стану експлуатаційної придатності
Клас C: зрізні з’єднання фрикційно стійкого типу в граничному стані за несною здатністю
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору зрізу болта, $F_{v,Rd}$, не перевищено на будь-якій площині зсуву; – не перевищено суму значень розрахункового опору проковзуванню, $F_{s,Rd}$, та розрахункового опору зминанню ін’єкційної смоли, $F_{b,Rd,resin}$. Зауваження: – використовують болтові комплекти для попереднього натягу класу міцності 8.8 або 10.9; – $F_{v,Rd}$ визначають згідно з таблицею 5.9; – $F_{s,Rd}$ визначають згідно з 5.10; – $F_{b,Rd,resin}$ визначають згідно з 5.9.4(1); – розрахункове значення опору з'єднання визначають згідно з 5.12
Розрахункове значення межі міцності поперечного перерізу нетто з урахуванням отворів перевіряють згідно з 8.2.3(5) EN 1993-1-1:2022 щодо класів A, B чи C

5.7.3 Розрахункові критерії для штифтових з'єднань

(1) Розрахункові критерії для з’єднань із застосуванням суцільних циліндричних штифтів визначають згідно з таблицею 5.6.

(2) Внутрішні зусилля в штифті розраховують, ґрунтуючись на тому, що з'єднані деталі утворюють прості (шарнірні) опори. У загальній ситуації припускають, що реакції внаслідок взаємодії між штифтом та з'єднаними деталями рівномірно розподілятимуться за довжиною контактної поверхні кожної деталі. Розглядають такі ситуації:

а) у разі штифтового з’єднання з використанням трьох з’єднаних деталей (див. рисунок 5.2) штифтове з’єднання перевіряють щодо зазначених нижче комбінацій згинального моменту M_{Ed} та поперечної сили $F_{\mathrm{v,Ed}}$:

– симетричне розташування, максимальний згинальний момент:

$$M_{\mathrm{Ed},1} = \frac{F_{\mathrm{Ed}}}{8}(2t_1 + t_2 + 4g) \text{ та } F_{\mathrm{v,Ed},1} = 0\,; \tag{5.1}$$

– симетричне розташування, максимальний зсув і відповідний згинальний момент:

$$M_{\mathrm{Ed},2} = \frac{F_{\mathrm{Ed}}}{4}(t_1 + 2g) \text{ та } F_{\mathrm{v,Ed},2} = \frac{F_{\mathrm{Ed}}}{2}\,; \tag{5.2}$$

– асиметричне розташування, максимальний зсув і відповідний згинальний момент:

$$M_{\mathrm{Ed},3} = \alpha\frac{F_{\mathrm{Ed}}}{2}t_1 \text{ та } F_{\mathrm{v,Ed},3} = \alpha F_{\mathrm{Ed}}\,; \tag{5.3}$$

– асиметричне розташування, великий зсув і великий згинальний момент:

$$M_{\mathrm{Ed},4} = (1-\alpha)\frac{F_{\mathrm{Ed}}}{2}(t_1 + 4g) \text{ та } F_{\mathrm{v,Ed},4} = (1-\alpha)F_{\mathrm{Ed}}\,, \tag{5.4}$$

де

$$\alpha = \frac{t_1 + t_2 + 4g}{2t_1 + 2t_2 + 4g}\,. \tag{5.5}$$

Опір зовнішньої пластини та опір зминанню в зовнішній пластині й штифті (див. таблицю 5.6) перевіряють з урахуванням αF_{Ed}.

Примітка. Згідно з 5.5(2) потрібно, щоб елементи були з'єднані штифтами, які розміщують так, щоб уникнути ексцентриситетів (за симетричного розташування). Однак можуть виникнути непередбачені ексцентриситети, які враховують (у разі асиметричного розташування) за допомогою формул (5.3) та (5.4).

b) для інших штифтових з'єднань, наприклад, із більш ніж трьома з'єднуваними деталями, розрахункові значення внутрішніх зусиль обчислюють відповідним способом.

Таблиця 5.6 – Розрахункові критерії для штифтових з'єднань

Тип відмови	**Проєктні вимоги**
Розрахункові критерії для незамінних штифтів	
Розрахункове значення опору зрізу штифта	$F_{\mathrm{v,Rd}} = \dfrac{0{,}6\ A\ f_{\mathrm{up}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}} \geq F_{\mathrm{v,Ed}}$
Розрахункове значення опору зминанню пластини та штифта	$F_{\mathrm{b,Rd}} = \dfrac{1{,}5\ d\ t\ f_{\mathrm{y}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}} \geq F_{\mathrm{b,Ed}}$
Розрахункове значення опору згину штифта	$M_{\mathrm{Rd}} = \dfrac{1{,}5\ W_{\mathrm{el}}\ f_{\mathrm{yp}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}} \geq M_{\mathrm{Ed}}$
Комбінований опір зсуву та згину в поперечному перерізі штифта	$\left(\dfrac{M_{\mathrm{Ed}}}{M_{\mathrm{Rd}}}\right)^2 + \left(\dfrac{F_{\mathrm{v,Ed}}}{F_{\mathrm{v,Rd}}}\right)^2 \leq 1$
Додаткові розрахункові критерії для замінних штифтів	
Розрахункове значення опору зминанню пластини та штифта	$F_{\mathrm{b,Rd,ser}} = \dfrac{0{,}6\ d\ t\ f_{\mathrm{y}}}{\gamma_{\mathrm{M6,ser}}} \geq F_{\mathrm{b,Ed,ser}}$
Розрахункове значення опору згину штифта	$M_{\mathrm{Rd,ser}} = \dfrac{0{,}8\ W_{\mathrm{el}}\ f_{\mathrm{yp}}}{\gamma_{\mathrm{M6,ser}}} \geq M_{\mathrm{Ed,ser}}$
Напруження зминання контактних поверхонь	$f_{\mathrm{H,Rd}} = \dfrac{2{,}5 f_{\mathrm{y}}}{\gamma_{\mathrm{M6,ser}}} \geq \sigma_{\mathrm{H,Ed,ser}}$ $\sigma_{\mathrm{H,Ed,ser}} = 0{,}591 \sqrt{\dfrac{E\ F_{\mathrm{b,Ed,ser}}\ (d_0 - d)}{d^2\ t}}$

Кінець таблиці 5.6

Тип відмови	Проєктні вимоги
d – діаметр штифта; d_0 – діаметр отвору для штифта; f_y – найменше значення границь текучості штифта і з'єднаної деталі; f_{up} – межа міцності за розтягу штифта; f_{yp} – границя текучості штифта; t – товщина з'єднуваної деталі; A – площа поперечного перерізу брутто штифта; W_{el} – момент опору перерізу в пружній стадії штифта; $F_{b,Ed,ser}$ – розрахункове значення зусилля штифта, підданого зминанню, за характеристичної комбінації навантаг у граничному стані експлуатаційної придатності	

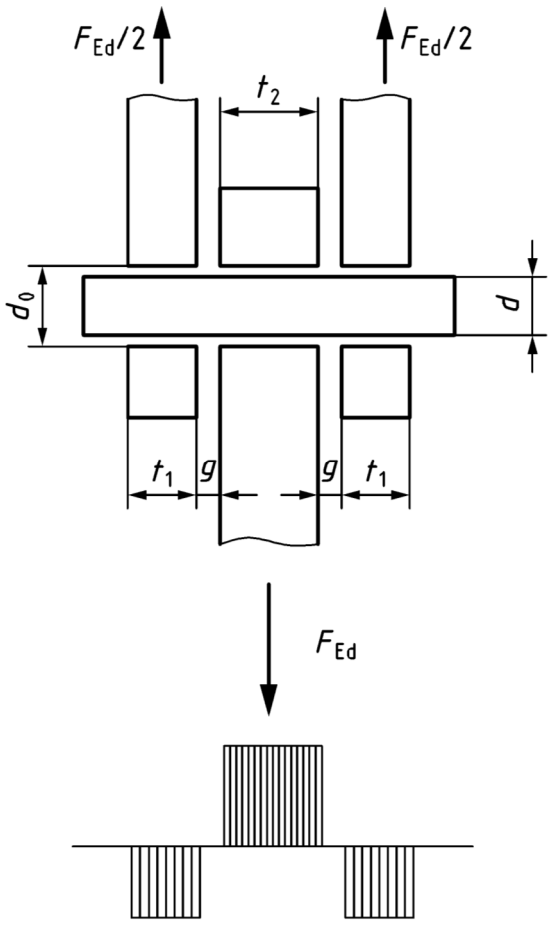


Рисунок 5.2 – Згинальний момент у штифтовому з’єднанні з симетричним розташуванням трьох з’єднаних деталей

5.7.4 Розрахункові критерії для заклепкових з'єднань

(1) Розрахункові критерії для зрізних з’єднань визначають згідно з таблицею 5.7.

(2) За наявності розтягувального зусилля потрібно, щоб його розрахункове значення $F_{\mathrm{t,Ed}}$ не перевищувало розрахунковий опір розтягу заклепок $F_{\mathrm{t,Rd}}$, зазначений у таблиці 5.9.

(3) Рекомендовано, щоб заклепки, які піддано комбінованій дії сил зсуву та розтягу, відповідали також критеріям, зазначеним у таблиці 5.9.

Таблиця 5.7 – Розрахункові критерії для заклепкових з’єднань

Зрізні з’єднання
Розрахункові критерії відповідності умовам граничного стану за несною здатністю: – розрахункове значення опору зминанню, $F_{\mathrm{b,Rd}}$, не перевищено в жодному заклепковому отворі; – розрахункове значення опору зрізу заклепки, $F_{\mathrm{v,Rd}}$, не перевищено на будь-якій площині зсуву. Зауваження: – $F_{\mathrm{v,Rd}}$ та $F_{\mathrm{b,Rd}}$ визначають згідно з таблицею 5.9; – розрахункове значення опору з'єднання визначають згідно з 5.11
Розрахункове значення межі міцності поперечного перерізу нетто з урахуванням отворів перевіряють згідно з 8.2.3(5) EN 1993-1-1:2022

5.8 Розташування отворів для болтів і заклепок

(1) Мінімальний та максимальний інтервали, а також відстані від торців і кромок до центрів болтів і заклепок визначають згідно з таблицею 5.8.

Таблиця 5.8 – Мінімальний та максимальний інтервали, відстані від торців і кромок до центрів болтів і заклепок

Відстані та інтервали (рисунок 5.3)	Мінімальне значення	Максимальне значення [a, b, c]		
		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025 (всі частини), за винятком сталей згідно з EN 10025-5		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025-5
		Сталь, піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, не піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, яку використовують без захисного покриву поверхні
Відстань від торця, e_1	$1{,}2d_0$	$4t$ + 40 мм	Не застосовують	$8t$ або 125 мм залежно від того, яке значення є більшим
Відстань від кромки, e_2	$1{,}2d_0$	$4t$ + 40 мм	Не застосовують	$8t$ або 125 мм залежно від того, яке значення є більшим
Відстань e_3 у прорізних отворах	$1{,}5d_0$ [d]	Не застосовують	Не застосовують	Не застосовують
Відстань e_4 у прорізних отворах	$1{,}5d_0$ [d]	Не застосовують	Не застосовують	Не застосовують
Інтервал p_1	$2{,}2d_0$	$14t$ або 200 мм залежно від того, яке значення є меншим	$14t$ або 200 мм залежно від того, яке значення є меншим	$14t_{min}$ або 175 мм залежно від того, яке значення є меншим

Продовження таблиці 5.8

Відстані та інтервали (рисунок 5.3)	Мінімальне значення	Максимальне значення [a, b, c]		
		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025 (всі частини), за винятком сталей згідно з EN 10025-5		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025-5
		Сталь, піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, не піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, яку використовують без захисного покриву поверхні
Інтервал $p_{1,0}$	$2{,}2d_0$	$14t$ або 200 мм залежно від того, яке значення є меншим	Не застосовують	Не застосовують
Інтервал $p_{1,i}$	$2{,}2d_0$	$28t$ або 400 мм залежно від того, яке значення є меншим	Не застосовують	Не застосовують
Інтервал p_2 [e]	$2{,}4d_0$	$14t$ або 200 мм залежно від того, яке значення є меншим	$14t$ або 200 мм залежно від того, яке значення є меншим	$14t_{\min}$ або 175 мм залежно від того, яке значення є меншим

Кінець таблиці 5.8

Відстані та інтервали (рисунок 5.3)	Мінімальне значення	Максимальне значення [a, b, c]		
		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025 (всі частини), за винятком сталей згідно з EN 10025-5		Конструкції зі сталей згідно з EN 10025-5
		Сталь, піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, не піддана атмосферним чи іншим корозійним впливам	Сталь, яку використовують без захисного покриву поверхні

[a] Межі для максимальних значень інтервалів, відстаней від кромок та торців з'єднаних елементів зазначають у таких ситуаціях:

– щоб запобігти корозії елементів, поверхні яких піддано зовнішнім впливам (граничні значення наведено в таблиці) та

– щодо пластин, які передають стискальні зусилля, що можуть спричиняти втрату стійкості на ділянках між кріпильними виробами (граничні значення наведено в таблиці).

[b] Опір втраті стійкості підданої стиску пластини у зонах між кріпильними виробами, який можна визначити способом, аналогічним застосовному до стиснутого елемента, обчислюють згідно з 8.3.1 EN 1993-1-1:2022, використовуючи значення 0,6p_1 як розрахункову довжину, а також криву прогину *c* згідно з припущенням. Перевіряння щодо втрати стійкості ділянок між кріпильними виробами виконувати не потрібно, якщо значення p_1/t становить менше 9ε, де:

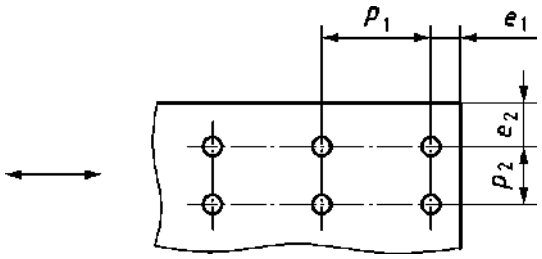
$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}.$$

Забезпечують умови, за яких відстань від кромки, e_2, не перевищує встановленого значення відповідно вимогам щодо втрати стійкості виступної частини підданих стиску елементів, див. таблицю 7.3 в EN 1993-1-1:2022. Ця вимога не стосується відстані від торця.

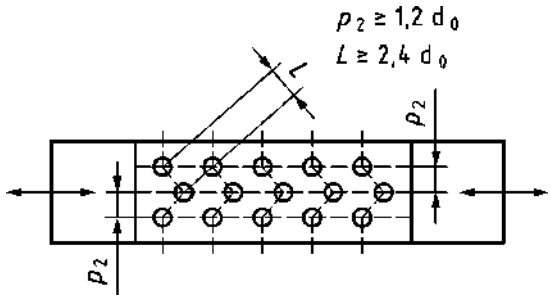
[c] t – товщина найтоншої зовнішньої деталі з'єднання.

[d] Граничні значення розмірів прорізних отворів установлено в 6.6 EN 1090-2:2018.

[e] Для рядів кріпильних виробів, розміщених у шаховому порядку, можна застосовувати мінімальний міжосьовий інтервал p_2 = 1,2d_0 за умови, що мінімальна відстань L між будь-якими двома кріпильними виробами дорівнює 2,4d_0 чи більше, див. рисунок 5.3(b).

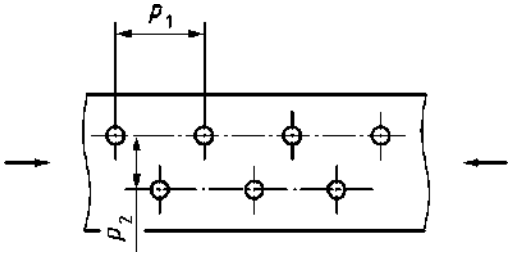


a) Позначені інтервали між кріпильними виробами

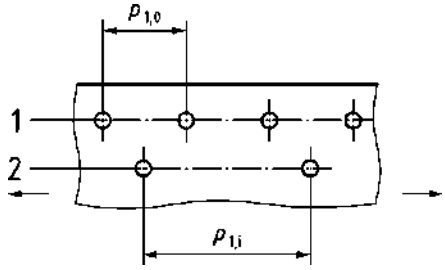


Ряди кріпильних виробів, розміщених у шаховому порядку

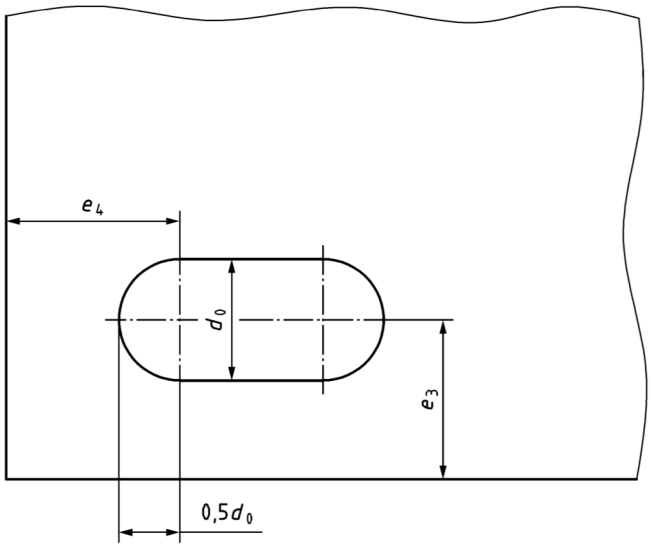
b) Позначені інтервали між кріпильними виробами, розміщеними у шаховому порядку



c) Інтервали між розміщеними у шаховому порядку кріпильними виробами в елементах, підданих стиску



d) Інтервали між розміщеними у шаховому порядку кріпильними виробами в елементах, підданих розтягу



e) відстані від торця та кромки елемента до прорізних отворів

Рисунок 5.3 – Позначені відстані до торців і кромок, а також інтервали між кріпильними виробами

Умовні познаки:

1 – крайній ряд (підрядковий індекс «0»);

2 – середній ряд (підрядковий індекс «і»)

Рисунок 5.3 – аркуш 2

5.9 Розрахунковий опір окремих кріпильних виробів, які піддано зрізу, зминанню та/або розтягу

5.9.1 Заклепки та болти у звичайних круглих чи прорізних отворах

(1) Розрахункове значення опору підданого зрізу та/або розтягу окремого кріпильного виробу, встановлюваного у звичайному круглому отворі, визначають згідно з таблицею 5.9.

(2) У разі анкерних болтів чи стрижнів поперечних в’язей, які виготовлено зі сталевих прутків із круглим перерізом:

– якщо проводять випробування на придатність згідно з EN 15048 (всі частини), EN 14399 (всі частини) або еквівалентними стандартами, то для розрахункового опору приймають відповідні значення з таблиці 5.9;

– якщо випробування на придатність не проводять, то відповідні розрахункові значення опору з таблиці 5.9 помножують на коефіцієнт 0,85.

Таблиця 5.9 – Розрахунковий опір для окремих піддaних зрізу та/або розтягу кріпильних виробів, встановлюваних у звичайних круглих отворах

Тип відмови	Болти	Заклепки
Опір зрізу, на одну площину зсуву [a, e]	Якщо площина зрізу проходить через нарізну частину болта (A_s – площа напруження за розтягу болта): $$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \ f_{ub} \ A_s}{\gamma_{M2}}$$ – для класів міцності 4.6, 5.6 та 8.8: α_v = 0,6; – для класів міцності 4.8, 5.8 та 6.8 та 10.9: α_v = 0,5 Якщо площина зрізу проходить через ненарізну частину болта (A – поперечний переріз брутто болта): $$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 \, f_{ub} \, A}{\gamma_{M2}}$$	$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 \, f_{ur} \ A_0}{\gamma_{M2}}$$ (A_0 – площа отвору для заклепки)
Опір зминанню [a, b, c, d]	У загальній ситуації, $$F_{b,Rd} = \frac{k_m \alpha_b \, f_u \, d \, t}{\gamma_{M2}}$$ де: – для крайніх кріпильних виробів: $\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{d_0}; \quad 3\frac{f_{ub}}{f_u}; \quad 3\right)$ – для кріпильних виробів усередині ряду: $\alpha_b = \min\left(\frac{p_1}{d_0} - \frac{1}{2}; \quad 3\frac{f_{ub}}{f_u}; \quad 3\right)$	
	У разі сталі марок S460 або вищих k_m = 0,9. У разі сталі марок до S460 k_m = 1	
	Якщо потрібно обмежити спричинені зминанням деформації: $$F_{b,Rd,red} = \frac{k_m \alpha_{b,red} \, f_u \, d \, t}{\gamma_{M2}} \ ,$$ де $\alpha_{b,red}$ отримують згідно з 5.9.1(3)	

Кінець таблиці 5.9

Тип відмови	Болти	Заклепки
Опір розтягу [b, e]	$F_{\mathrm{t,Rd}} = \dfrac{0{,}9\, f_{\mathrm{ub}} A_{\mathrm{s}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}$	$F_{\mathrm{t,Rd}} = \dfrac{0{,}6\, f_{\mathrm{ur}}\, A_0}{\gamma_{\mathrm{M2}}}$ У разі заклепок із потайною головкою $F_{\mathrm{t,Rd}}$ помножують на 0,7
Опір зрізу з продавлюванням	Для болтів із потайною головкою: $B_{\mathrm{p,Rd}} = \dfrac{0{,}3\pi\left(d_0 + t_{\mathrm{p}}\right) t_{\mathrm{p}}\, f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}$	У разі заклепок із потайною головкою див. перевіряння для болтів
	В іншій ситуації: $B_{\mathrm{p,Rd}} = \dfrac{0{,}6\pi\, d_{\mathrm{m}}\, t_{\mathrm{p}}\, f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}$	В іншій ситуації перевіряння не потрібно
Комбінація зрізу та розтягу	$\left(\dfrac{F_{\mathrm{v,Ed}}}{F_{\mathrm{v,Rd}}}\right) + \left(\dfrac{F_{\mathrm{t,Ed}}}{1{,}4\, F_{\mathrm{t,Rd}}}\right) \le 1,$ але $\dfrac{F_{\mathrm{t,Ed}}}{F_{\mathrm{t,Rd}}} \le 1$	

[a] Див. також 5.9.1(8) та 5.9.1(10).

[b] У разі болтів із потайною головкою:

– опір зминанню $F_{\mathrm{b,Rd}}$ має ґрунтуватися на товщині пластини t, що дорівнює товщині з'єднуваної пластини мінус половина глибини зенкерування;

– для розрахунку опору розтягу болтів із потайною головкою, $F_{\mathrm{t,Rd}}$, кут і глибину зенкерування визначають із застосовних стандартів EN 14399 (усі частини), EN 15048 (усі частини) та стандартів, зазначених у EN 1090-2; в інших ситуаціях опір розтягу $F_{\mathrm{t,Rd}}$ відповідно коригують, замінивши 0,9 у формулі обчислення опору розтягу $F_{\mathrm{t,Rd}}$ на 0,63.

[c] У разі отворів, розташованих у шаховому порядку, значення p_1 замінюють на мінімальний інтервал p_1 та відстань L, зазначені на рисунку 5.3.

[d] Для болтів крайнього ряду в з'єднаннях забезпечують розрахунковий опір зминанню такий, що не перевищує розрахункового значення межі міцності, визначеного за формулою (5.21).

[e] Застосовно у разі руйнування хвостовика заклепки, а не її головки.

(3) Якщо потрібно зазначити допустимі межі деформації пластини внаслідок зминання кріпильного виробу, використовують зменшене значення опору зминанню, $F_{\mathrm{b,Rd,red}}$, див. таблицю 5.9.

Понижувальний коефіцієнт $\alpha_{\mathrm{b,red}}$ отримують згідно з А.15.2(2). У розрахунках використовують граничне значення d/6, якщо не вказано іншого, у цій ситуації $\alpha_{\mathrm{b,red}}$ визначають за формулою:

$$\alpha_{\mathrm{b,red}} = \begin{cases} \min(\alpha_{\mathrm{b}}; 2) & \text{для сталі марок S460 або вищих} \\ \min(0{,}8\alpha_{\mathrm{b}}; 2) & \text{для марок сталі до S460} \end{cases} \quad (5.6)$$

(4) У з'єднаннях елементів з одинарним напуском та одним рядом болтів у напрямку дії сили (див. рисунок 5.4) болти використовують разом із шайбами, встановлюваними як під головку болта, так і під гайку. Для кожного болта забезпечують розрахунковий опір зминанню $F_{\mathrm{b,Rd}}$, що не перевищує значення:

$$F_{\mathrm{b,Rd}} = \frac{1{,}5\ d\ t\ f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}} \quad (5.7)$$

(5) У разі болтів класу міцності 8.8 чи 10.9 для з'єднань елементів з одинарним напуском та одним рядом болтів застосовують загартовані шайби, див. рисунок 5.4.

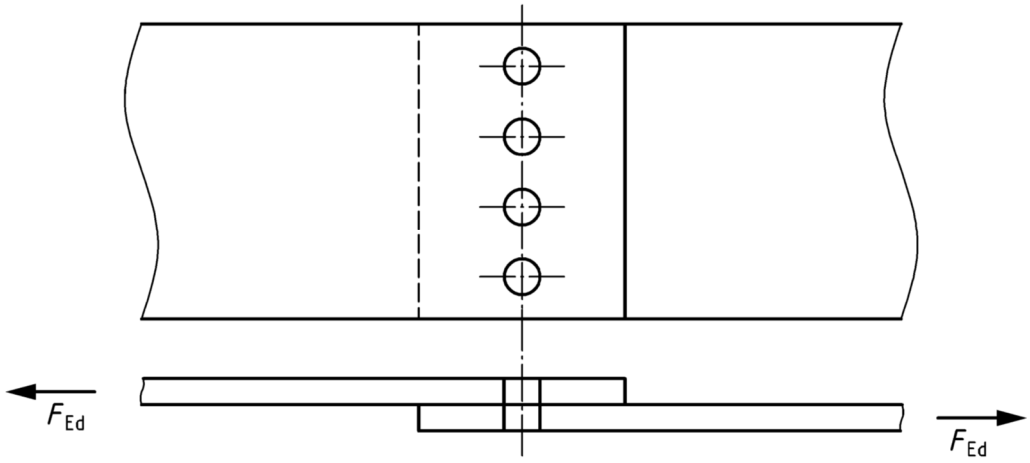


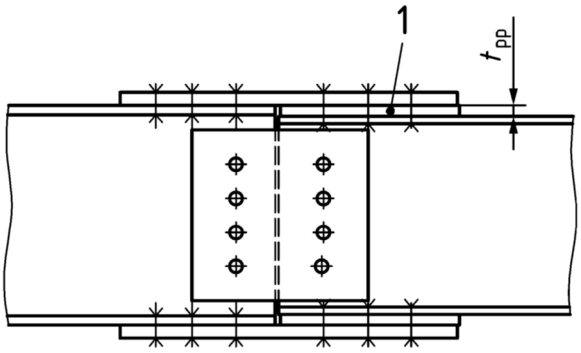
Рисунок 5.4 – З'єднання з одинарним напуском та одним рядом болтів

(6) У площині зсуву забезпечують загальну товщину пакета сталевих елементів t_{pp}, яка становить щонайбільше 4d/3, де d – діаметр кріпильних виробів. Якщо кріпильні вироби, які сприймають навантаження зрізу і зминання, проходять крізь пакет елементів із загальною товщиною t_{pp}, що перевищує d/3 (див. рисунок 5.5), то

розрахункове значення опору зсуву $F_{\mathrm{v,Rd}}$, отримане з таблиці 5.9, помножують на коефіцієнт β_{p}, який визначають за формулою:

$$\beta_{\mathrm{p}} = \frac{9d}{8d + 3t_{\mathrm{pp}}} \text{ but } \beta_{\mathrm{p}} \leq 1 \tag{5.8}$$

(7) У разі підданих зсуву з'єднань, виконуваних із пакетуванням елементів з обох боків стикового з'єднання, значення t_{pp} приймають як товщину найтовстішого з пакетів.

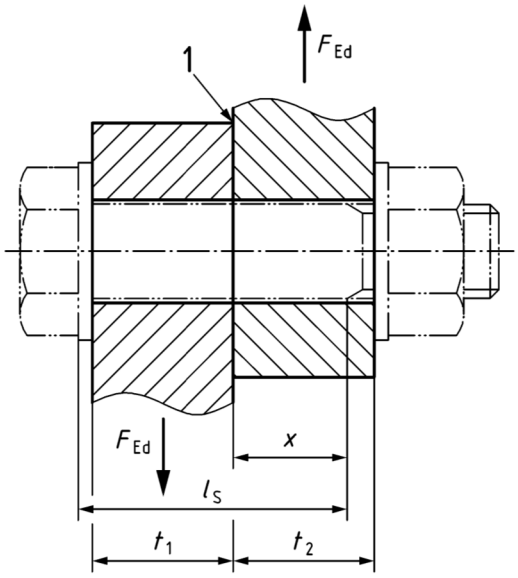


Умовні познаки:

1 – спакетовані листові деталі

Рисунок 5.5 – Кріпильні вироби, встановлені крізь листові деталі у пакеті

(8) Опір зсуву можна визначити, застосовуючи поперечний переріз брутто болта A (див. таблицю 5.9), якщо його ненарізна частина виходить за межі площини зсуву щонайменше на $x = \max(0{,}1d;\ 0{,}5t_2)$, де x – відстань від площини зсуву до початку перехідної зони, d – діаметр болта, а t_2 – товщина листа, див. рисунок 5.6. Перехідною зоною болта є ділянка між поперечним перерізом брутто болта A та нарізною частиною болта (із площею напруження за розтягу A_{s}).



Умовна познака:

1 – площина зсуву

Рисунок 5.6 – Довжина x, що є відстанню від площини зсуву до початку перехідної зони в однобічному з'єднанні, що працює на зріз

(9) Розрахункове значення опору зминанню $F_{\mathrm{b,Rd}}$ болтів, установлюваних у прорізних отворах, якщо поздовжня вісь прорізного отвору перпендикулярна до напряму передавання зусилля, помножують на коефіцієнт k_{b}, який визначають так:

$$k_{\mathrm{b}} = 0{,}9 \qquad \text{для коротких прорізних отворів} \qquad (5.9)$$

$$k_{\mathrm{b}} = 0{,}375\alpha_{\mathrm{b}} + 0{,}15, \quad \text{але} \quad k_{\mathrm{b}} \le 0{,}9 \qquad \text{для довгих прорізних отворів} \qquad (5.10)$$

Примітка. Коефіцієнт α_{b} наведено в таблиці 5.9.

(10) Якщо прикладена до болта чи заклепки рівнодійна сила не є ні паралельною, ні перпендикулярною щодо кромки елемента, то розрахунковий опір зминанню має задовольняти таку умову:

$$\left(\frac{F_{\mathrm{b},x,\mathrm{Ed}}}{F_{\mathrm{b},x,\mathrm{Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{F_{\mathrm{b},y,\mathrm{Ed}}}{F_{\mathrm{b},y,\mathrm{Rd}}}\right)^2 \le 1{,}0\,, \qquad (5.11)$$

де силу розкладено на ортогональні складники, див. рисунок 5.7. Розрахунковий опір зминанню в ортогональних напрямках визначають згідно з таблицею 5.9.

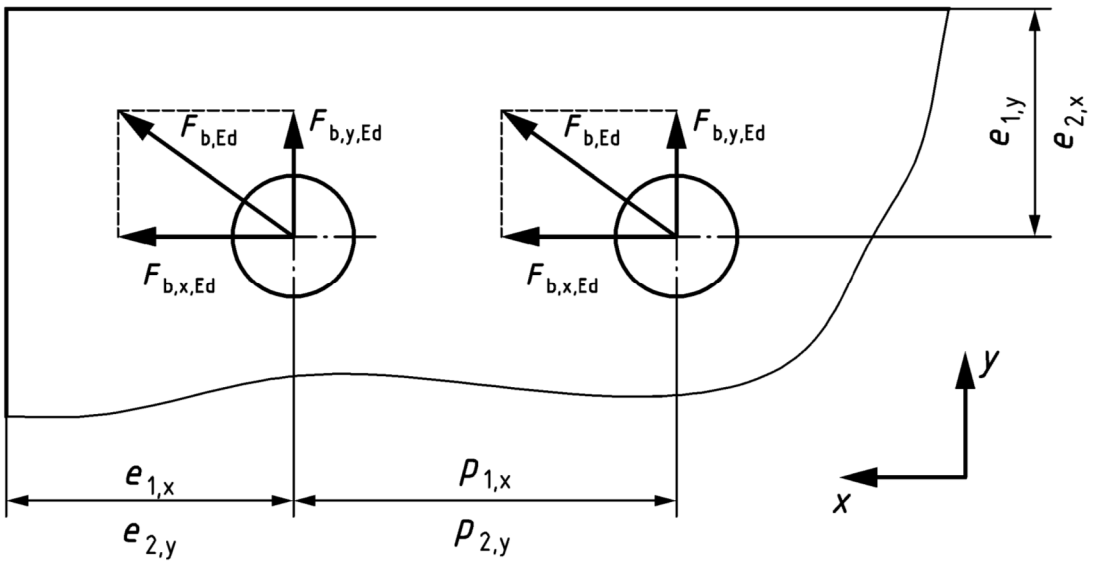


Рисунок 5.7 – Сила зминання, розкладена за двома ортогональними напрямками

5.9.2 Високоточні болти

(1) Проєкт із використанням високоточних болтів розробляють, застосовуючи методи, що передбачають установлення болтів у звичайних круглих отворах, див. 5.9.1.

(2) Нарізь болтів у підданій зрізу площині не враховують. Для високоточних болтів довжину нарізної частини стрижня, яку враховують у несній довжині, визначають таку, що не перевищує 1/3 товщини листа, див. рисунок 5.8.

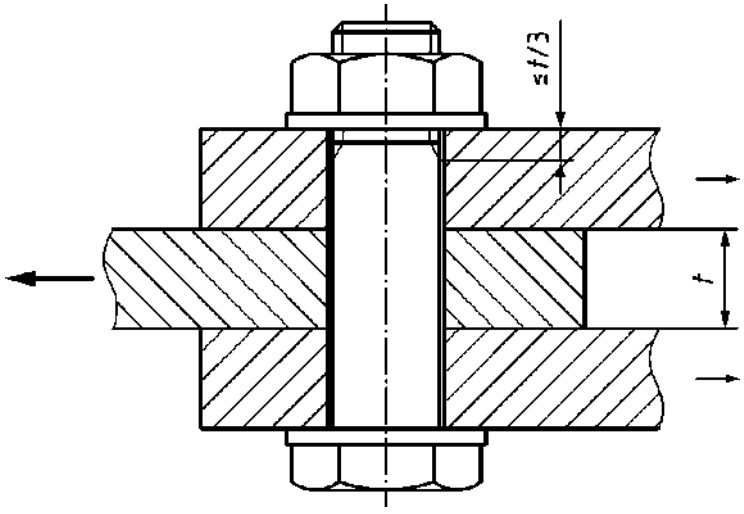


Рисунок 5.8 – Нарізна частина стрижня болта, яку враховують у несній довжині високоточних болтів

5.9.3 Болти в отворах із наріззю

(1) Для болтів, використовуваних в отворах із наріззю, визначають мінімальне значення співвідношення довжини зачеплення нарізі L_t до діаметра болта d згідно з таблицею 5.10, див. також рисунок 5.9.

Примітка. Мінімальні значення співвідношення довжини зачеплення нарізі L_t можуть бути встановлені в Національному додатку.

Таблиця 5.10 – Мінімальні значення співвідношення довжини зачеплення нарізі L_t до діаметра болта d для болтів від М12 до М36

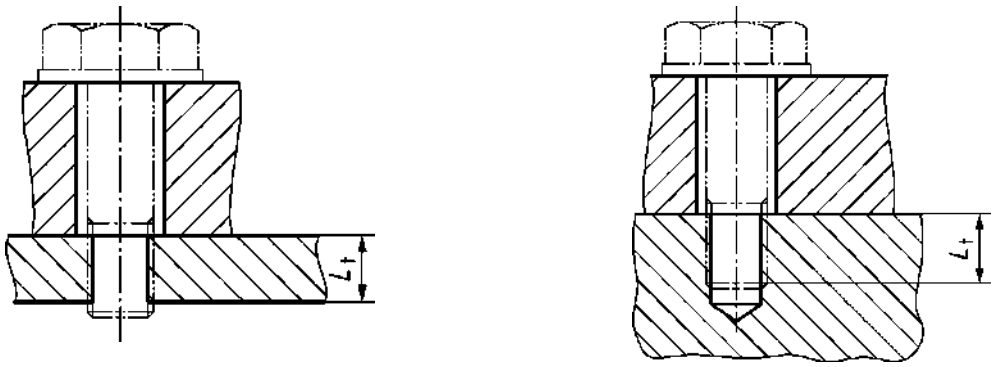
Клас міцності болта та марка сталі	**L_t/d для марки сталі**			
	S235	**S275**	**S355**	**≥ S460**
4.6	1,00	1,00	1,00	1,00
5.6	1,02	1,00	1,00	1,00
8.8	1,34	1,23	1,11	1,06
10.9	1,58	1,43	1,26	1,19

(2) Розрахункове значення опору для окремих болтів у отворах із наріззю, які піддано зрізу та/або розтягу, отримують із таблиці 5.9.

(3) Для виконання отворів із наріззю діаметр напрямних отворів обирають із таким розрахунком, щоб він був менший за номінальний діаметр болта мінус один крок нарізі. Для глухих отворів визначають загальну глибину напрямного отвору так, щоб вона забезпечувала зачеплення на повну довжину виконаної нарізі з урахуванням технологічних можливостей інструмента. Максимальний відхил відносно ортогональної осі становить 1°. Задирки, утворені під час оброблення, видаляють.

Примітка 1. Додаткові вимоги щодо виконання наведено в 8.8 EN 1090-2:2018.

Примітка 2. Додаткові вимоги щодо виконання може бути встановлено в Національному додатку.



a) Болт у наскрізному отворі з наріззю b) Болт у глухому отворі з наріззю

Рисунок 5.9 – Визначення довжини зачеплення болтів у отворах із наріззю

5.9.4 Ін’єкційні болти

(1) Розрахункове значення опору зминанню ін’єкційної смоли, $F_{\mathrm{b,Rd,resin}}$, отримують за формулою:

$$F_{\mathrm{b,Rd,resin}} = \frac{k_{\mathrm{t}}\ k_{\mathrm{s}}\ d\ t_{\mathrm{b,resin}}\ \beta\ f_{\mathrm{b,resin}}}{\gamma_{\mathrm{M4}}}, \qquad (5.12)$$

де

β – коефіцієнт, що залежить від співвідношення значень товщини листових деталей з'єднаних елементів, як зазначено в таблиці 5.11 та на рисунку 5.10;

$f_{\mathrm{b,resin}}$ – опір зминанню ін’єкційної смоли, визначений згідно з додатком J EN 1090-2:2018;

$t_{\mathrm{b,resin}}$ – ефективна товщина за зминання ін’єкційної смоли згідно з таблицею 5.11;

k_{t} – поправковий коефіцієнт опору зминання, який для дотримання умов (довготривалого) граничного стану експлуатаційної придатності приймають такий, що дорівнює 1,0, а для дотримання умов граничного стану за несною здатністю – 1,2;

k_{s} – понижувальний коефіцієнт опору зминанню, значення якого приймають як таке, що дорівнює 1,0 для отворів із нормальними просвітами або $(1{,}0 - 0{,}1m)$ для отворів збільшеного розміру;

m – різниця між розмірами звичайного круглого та збільшеного отворів (мм); у разі коротких прорізних отворів m = 0,5 × (різниця (мм) між довжиною та шириною отвору).

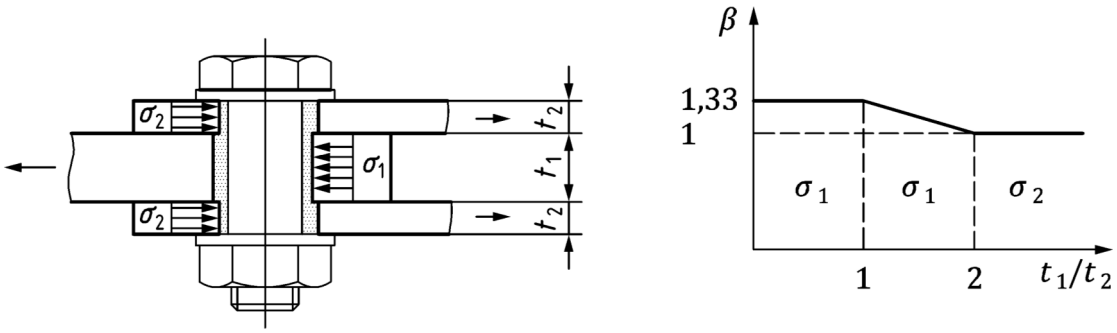


Рисунок 5.10 – Визначення коефіцієнта β як функції співвідношення товщини з'єднаних листових деталей

Таблиця 5.11 – Значення β та $t_{\mathrm{b,\ resin}}$

t_1/t_2	β	$t_{\mathrm{b,resin}}$
$t_1/t_2 \geq 2{,}0$	1,0	$\min(2t_2;\ \ 1{,}5d)$
$1{,}0 < t_1/t_2 < 2{,}0$	$1{,}66 - 0{,}33\ (t_1/t_2)$	$\min(t_1;\ \ 1{,}5d)$
$t_1/t_2 \leq 1{,}0$	1,33	$\min(t_1;\ \ 1{,}5d)$

(2) У разі обчислення розрахункового опору зминанню ін'єкційних болтів, довжина затиску яких становить понад $3d$, забезпечують ефективну товщину за зминання $t_{\mathrm{b,resin}}$ таку, що не перевищує $3d$, див. рисунок 5.11.

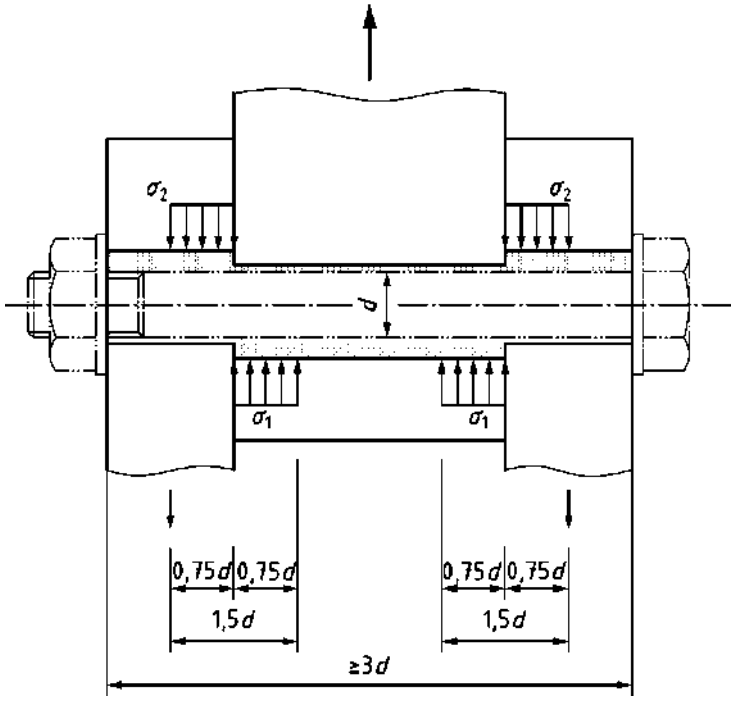


Рисунок 5.11 – Гранична ефективна довжина довгих ін'єкційних болтів (розрахункова ситуація за умови β = 1)

5.9.5 Важільні сили відриву

(1) Кріпильні вироби, призначені для сприймання прикладеної розтягувальної сили, визначають із таким розрахунком, щоб забезпечити опір важільній силі (якщо така виникає), яка спричиняє відривання.

Примітка. У правилах, викладених у 8.3 щодо еквівалентного Т-подібного елемента, непрямим способом враховано важільні сили відриву.

5.9.6 Кріпильні вироби для з'єднання сталевого елемента з бетоном

(1) Розрахункові значення опору кріпильних виробів для з'єднання сталевого елемента з бетоном може бути визначено згідно з додатком А.

5.10 Розрахунковий опір проковзуванню окремих болтів із попереднім натягом

5.10.1 Загальні положення

(1) Розрахункові значення опору проковзуванню болтів із попереднім натягом визначають за такими формулами:

– для граничного стану за несною здатністю:

$$F_{\mathrm{s,Rd}} = \frac{k_{\mathrm{s}}\ n\ \mu}{\gamma_{\mathrm{M3}}}\ F_{\mathrm{p,C}}\ ; \qquad (5.13)$$

– для граничного стану експлуатаційної придатності:

$$F_{\mathrm{s,Rd,ser}} = \frac{k_{\mathrm{s}}\ n\ \mu}{\gamma_{\mathrm{M3,ser}}}\ F_{\mathrm{p,C}}\ , \qquad (5.14)$$

де

k_{s} – див. табл. 5.12;

n – кількість площин тертя;

μ – коефіцієнт тертя (ковзання), визначений спеціальним випробуванням із застосуванням поверхні тертя, як зазначено в додатку G EN 1090-2:2018 або, якщо застосовно, у таблиці 5.13;

$F_{\mathrm{p,C}}$ – зусилля попереднього натягу болтів, див. 5.1.2(1), обчислене за формулою:

$$F_{\mathrm{p,C}} = 0{,}7 f_{\mathrm{ub}} A_{\mathrm{s}} \qquad (5.15)$$

Примітка. Для зручності використання значення із таблиці 17 EN 1090-2:2018 подано в узагальненому вигляді в таблиці 5.13.

Таблиця 5.12 – Значення k_{s}

Опис ситуації	k_{S}
Болти встановлюють у звичайні круглі отвори	1,0
Болти встановлюють або в отвори збільшеного розміру, або в короткі прорізні отвори, у яких вісь прорізу є перпендикулярною до напрямку передавання зусилля	0,85

Кінець таблиці 5.12

Опис ситуації	k_s
Болти встановлюють у довгі прорізні отвори, в яких вісь прорізу є перпендикулярною до напрямку передавання зусилля	0,7
Болти встановлюють у короткі прорізні отвори, в яких вісь прорізу є паралельною напрямку передавання зусилля	0,76
Болти встановлюють у довгі прорізні отвори, в яких вісь прорізу є паралельною напрямку передавання зусилля	0,63

Таблиця 5.13 – Коефіцієнт тертя μ для болтів із попереднім натягом

Клас поверхонь тертя		**Коефіцієнт тертя μ**
Поверхні оброблено дробоструминним чи піскоструминним методом, крихку іржу видалено, точкової корозії немає	A	0,5
Поверхні гальванізовано зануренням у гарячий розплав, оброблено піскоструминним методом та виконано покриття поверхні силікатно-лужною цинковою фарбою	B	0,4
Поверхні оброблено дробоструминним чи піскоструминним методом, виконано покриття поверхні силікатно-лужною цинковою фарбою або термічним напилюванням алюмінію чи цинку, або комбіноване покриття одного й другого типу		
Поверхні гальванізовано зануренням у гарячий розплав та оброблено абразивоструминним методом чищення (або еквівалентним способом абразивного чищення)	C	0,35
Поверхні очищено дротяною щіткою чи газополуменевим способом, крихку іржу видалено	C	0,3
Поверхні у стані після прокатки	D	0,2
Примітка. Класифікація поверхонь за будь-якими іншими типами обробки ґрунтується на випробуванні репрезентативних зразків поверхні використовуваних конструкцій із застосуванням процедури, викладеної в розділі 10 EN 1090-2:2018. У разі фарбового покриву поверхні з часом може статися ослаблення попереднього натягу болтів		

5.10.2 Комбінація розтягу та зсуву

(1) У стійких до проковзування з'єднаннях щодо болтів, які піддано розтягу, $F_{\mathrm{t,Ed}}$ або $F_{\mathrm{t,Ed,ser}}$, а також зрізу, $F_{\mathrm{v,Ed}}$ або $F_{\mathrm{v,Ed,ser}}$, із тенденцією до проковзування, розрахункове значення опору проковзуванню для кожного болта визначають за такими формулами:

– у граничному стані за несною здатністю для з'єднань класу С:

$$F_{\mathrm{s,Rd}} = \frac{k_{\mathrm{s}}\, n\, \mu\, \left(F_{\mathrm{p,C}} - 0{,}8\, F_{\mathrm{t,Ed}}\right)}{\gamma_{\mathrm{M3}}}; \qquad (5.16)$$

– у граничному стані експлуатаційної придатності для з'єднань класу В:

$$F_{\mathrm{s,Rd,ser}} = \frac{k_{\mathrm{s}}\, n\, \mu\, \left(F_{\mathrm{p,C}} - 0{,}8\, F_{\mathrm{t,Ed,ser}}\right)}{\gamma_{\mathrm{M3,ser}}} \qquad (5.17)$$

(2) Зниженням опору проковзуванню можна знехтувати у з'єднаннях елементів, які сприймають моменти, якщо контактне зусилля у підданій стиску зоні є рівнодійним прикладеній розтягувальній силі.

5.11 Розрахунковий опір групи кріпильних виробів у з'єднаннях, що працюють на зминання за дії осьової сили

(1) Щодо забезпечення пластичного перерозподілу внутрішніх зусиль між кріпильними виробами в групі можна припустити, що в граничному стані за несною здатністю буде досягнуто пластичності завдяки деформації болтового отвору внаслідок навантажувальної дії за дотримання зазначених нижче умов.

– Щодо сталі марок до (але не охоплюючи) S460:

розрахункове значення опору зрізу будь-якого кріпильного виробу $F_{\mathrm{v,Rd}}$, з урахуванням кількості підданих зсуву площин, становить більше 0,8 від розрахункового значення опору зминанню $F_{\mathrm{b,Rd}}$, визначеного згідно з таблицею 5.9.

Примітка. Текучість у зоні отвору для кріпильного виробу збільшується, якщо сила зминання становить більше за 0,8 від розрахункового значення опору зминанню $F_{b,\ Rd}$. Збільшення сили зминання понад це значення пов'язують зі значною пластичною деформацією отвору для болта.

– Щодо сталі марок S460 та вищих:

розрахункове значення опору зрізу будь-якого кріпильного виробу $F_{v,Rd}$, з урахуванням кількості підданих зсуву площин, є більшим за розрахункове значення опору зминанню $F_{b,Rd}$, визначене згідно з таблицею 5.9.

Примітка. Щодо сталей марок вище S460 можливість використання пластичного розподілу зусиль вважають винятком з умов 4.2(4).

(2) Вимог щодо пластичності згідно з (1) дотримують також стосовно груп болтів M12 та M14, використовуваних в отворах із просвітом 2 мм.

(3) Пластичний перерозподіл внутрішніх зусиль між кріпильними виробами в групі в граничному стані за несною здатністю не враховують, якщо потрібно встановити межі допустимої деформації, спричиненої зминанням кріпильних виробів, прлеглих до листового матеріалу.

(4) Якщо межі допустимої деформації, спричинені зминанням кріпильних виробів, прилеглих до листового матеріалу, встановлювати не потрібно, то розрахункове значення опору групи кріпильних виробів ΣF_{Rd} приймають, дотримуючи зазначених нижче критеріїв.

а) Якщо умови пластичності (1) дотримано:

– щодо сталі марок до (але за винятком) S460:

значення ΣF_{Rd} обчислюють як суму розрахункових значень опору окремих кріпильних виробів, тобто $\min(F_{b,Rd}; F_{v,Rd})$, з урахуванням

зазначеного в (7) понижувального коефіцієнта для довгомірних з'єднань, β_{LF}, якщо застосовно.

– Щодо сталі марок S460 та вищих:

значення ΣF_{Rd} обчислюють як суму розрахункових значень опору зминанню окремих кріпильних виробів з урахуванням зазначеного в (7) понижувального коефіцієнта для довгомірних з'єднань, β_{LF}, якщо застосовно.

b) В іншій ситуації:

значення ΣF_{Rd} обчислюють як кількість кріпильних виробів, помножену на найменше розрахункове значення опору будь-якого окремого кріпильного виробу з урахуванням зазначеного в (7) понижувального коефіцієнта для довгомірних з'єднань, β_{LF}, якщо застосовно.

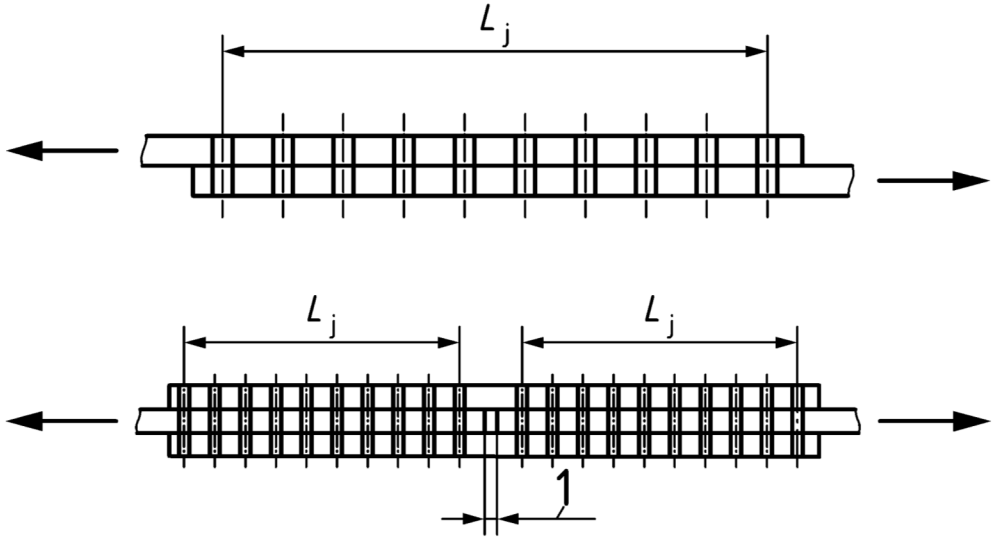
(5) Розрахункове значення опору групи болтів M12 та M14, застосовних у отворах із просвітом 2 мм, ΣF_{Rd} визначають згідно з (4), замінивши розрахункове значення опору зрізу $F_{v,Rd}$ будь-якого болта класу міцності 4.8, 5.8, 6.8, 8.8 та 10.9 на $0{,}85F_{v,Rd}$ та дотримуючи для будь-якого болта умови пластичності згідно з (2). Якщо вимог щодо пластичності не дотримано, болти M12 та M14 в отворах із просвітом 2 мм не використовують.

(6) Якщо потрібно обмежити деформації, що виникають унаслідок обпирання кріпильних виробів на пластину, див. 5.9.1(3), розрахункове значення опору групи кріпильних виробів, ΣF_{Rd}, визначають згідно з (4) b).

(7) Якщо відстань L_j між центрами крайніх кріпильних виробів у з'єднанні, виміряна в напрямку передавання зусилля, див. рисунок 5.12, перевищує $15d$, то розрахункове значення опору групи кріпильних виробів помножують на коефіцієнт β_{LF}, визначений за формулою:

$$\beta_{\mathrm{LF}} = 1 - \frac{L_{\mathrm{j}} - 15\,d}{200\,d}, \quad \text{але} \quad 0{,}75 \le \beta_{\mathrm{LF}} \le 1{,}0 \tag{5.18}$$

(8) Положення параграфа (7) не застосовне в разі рівномірного розподілу переданого зусилля за довжиною з'єднання, наприклад, у разі передавання зусилля зсуву між стінкою та полицею профілю.



Умовна познака:

1 – проміжок

Рисунок 5.12 – Довгомірні з'єднання елементів

5.12 Розрахунковий опір групи кріпильних виробів у з'єднаннях, що працюють на проковзування за дії осьової сили

(1) Розрахункове значення опору групи кріпильних виробів, ΣF_{Rd}, обчислюють як суму окремих розрахункових значень опору проковзуванню, $F_{\mathrm{s,Rd}}$ або $F_{\mathrm{s,Rd,ser}}$, отриманих згідно з 5.10.

5.13 Розрахунковий опір з'єднань класів A, B та C за дії згинальної та осьової сили

(1) Якщо будь-яке з'єднання класу A, B чи C піддано дії згинальної та осьової сили, якщо такі є, то розрахунковий опір визначають, ґрунтуючись на такому розподілі внутрішніх зусиль між кріпильними виробами в з'єднанні:

– клас А: у загальній ситуації припускають лінійний пружний розподіл внутрішніх зусиль. Розподіл внутрішніх зусиль можна вважати пластичним, якщо дотримано умов пластичності, зазначених у 5.11(1) чи 5.11(2);

– клас С: припускають лінійний пружний розподіл внутрішніх зусиль;

– клас В: щодо граничного стану експлуатаційної придатності див. клас С, щодо граничного стану за несною здатністю див. клас А.

Примітка. Проєктні припущення щодо розподілу зусиль викладено в 4.2.

5.14 Розрахунковий опір розриву цілісності примикання

(1) У болтових з’єднаннях, які працюють на зріз, забезпечують умови, за яких розрахунковий опір розриву цілісності з’єднання не буде перевищено в жодному зі з’єднаних елементів.

Примітка. Розрив цілісності з’єднання полягає у відмові внаслідок зсуву вздовж осі розташування отворів кріпильних виробів по ділянці групи піддaних зрізу кріпильних виробів, що супроводжується розриванням поверхні унаслідок розтягу вздовж осі розташування отворів кріпильних виробів на підданій розтягу ділянці, див. рисунки 5.13 та 5.14.

(2) Вирахування площі отворів в елементах виконують згідно з 8.2.2.2 EN 1993-1-1:2022.

(3) Для групи кріпильних виробів за умов рівномірного розподілення розтягувальних напружень по площі підданої розтягу ділянки, див. рисунок 5.13, розрахункове значення опору розриву цілісності з’єднання, $V_{\mathrm{eff,1,Rd}}$, визначають за формулою:

$$V_{\mathrm{eff,1,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{nt}} f_{\mathrm{u}} + \min\left(\frac{A_{\mathrm{gv}} f_{\mathrm{y}}}{\sqrt{3}}; \frac{A_{\mathrm{nv}} f_{\mathrm{u}}}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad (5.19)$$

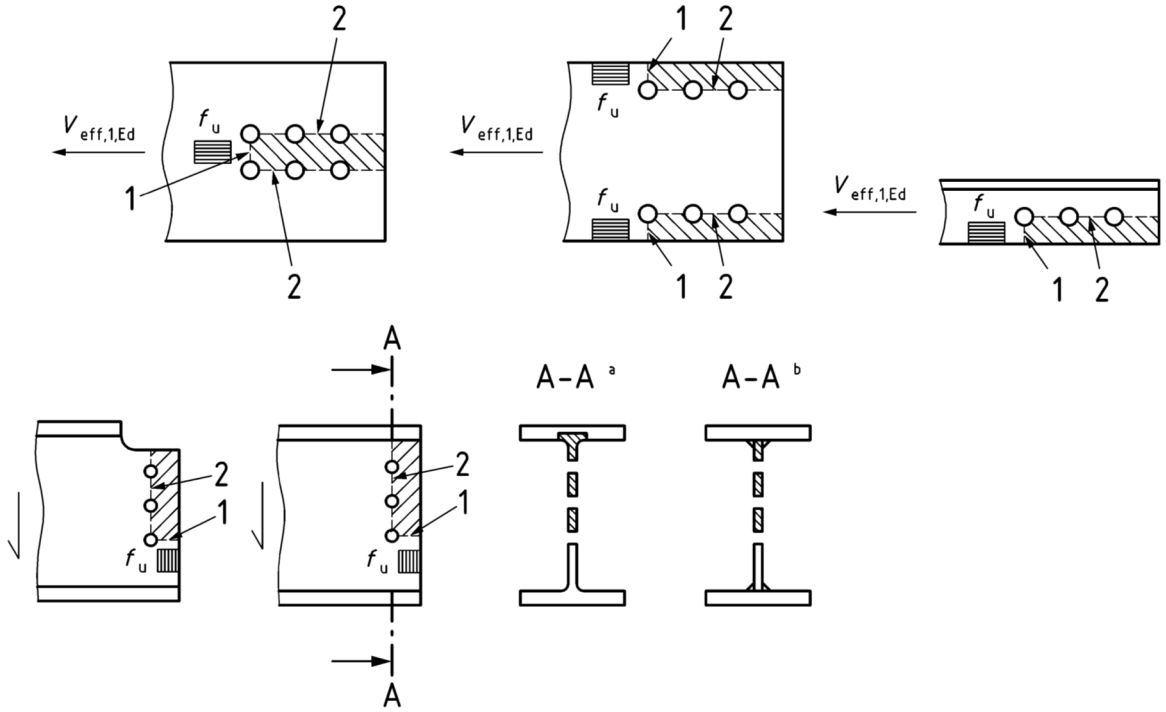
де

A_{nt} – площа нетто, яку піддано розтягу;

A_{gv} – площа брутто, яку піддано зсуву;

A_{nv} – площа нетто, яку піддано зсуву.

Піддану зсуву площу в перерізах A-A визначають згідно з 8.2.6(3) EN 1993-1-1:2022.



Умовні позначки:

1 – площа нетто, яку піддано розтягу;

2 – площа нетто, яку піддано зсуву;

[a] – гарячекатані профілі;

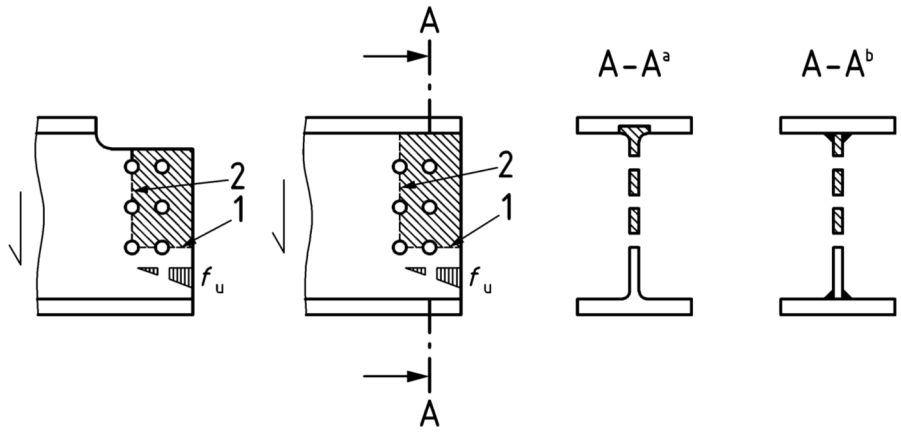
[b] – зварні профілі

Рисунок 5.13 – Приклади розриву цілісності з'єднання елементів за рівномірного розподілу розтягувальних напружень на підданій розтягу ділянці

(4) Для групи кріпильних виробів за нерівномірного розподілу розтягувальних напружень по ділянці розтягу, див. рисунок 5.14, розрахункове значення опору розриву цілісності з'єднання за зсуву, $V_{eff,2,Rd}$, визначають за формулою:

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{0{,}5A_{nt}f_u + \min\left(\frac{A_{gv}f_y}{\sqrt{3}};\ \frac{A_{nv}f_u}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M2}} \qquad (5.20)$$

Піддану зсуву площу в перерізах A-A визначають згідно з 8.2.6(3) EN 1993-1-1:2022.



Умовні познаки:

1 – площа нетто, яку піддано розтягу;

2 – площа нетто, яку піддано зсуву;

[a] – гарячекатані профілі;

[b] – зварні профілі

Рисунок 5.14 – Приклади розриву цілісності з'єднання елементів за нерівномірного розподілу розтягувальних напружень на підданій розтягу ділянці

5.15 Розрахунковий опір кутиків, прикріплених однією полицею, та інших несиметрично з'єднаних елементів, підданих розтягу

(1) Ексцентриситет у з'єднаннях елементів (див. 4.6) та ефекти, спричинені інтервалами між кріпильними виробами й відстанями від кромки до кріпильних виробів, див. 5.8 та 5.9, ураховують, визначаючи розрахункове значення опору:

– асиметричних елементів;

– симетричних елементів, які з'єднано несиметрично, наприклад кутиків, прикріплених однією полицею.

(2) Окремий підданий розтягу кутик, прикріплений одним рядом установлених в одній полиці кріпильних виробів, див. рис. 5.15, можна розглядати як навантажений лише осьовою розтягувальною силою.

Розрахункове значення граничного опору (межу міцності) визначають за формулою:

– за наявності одного кріпильного виробу:

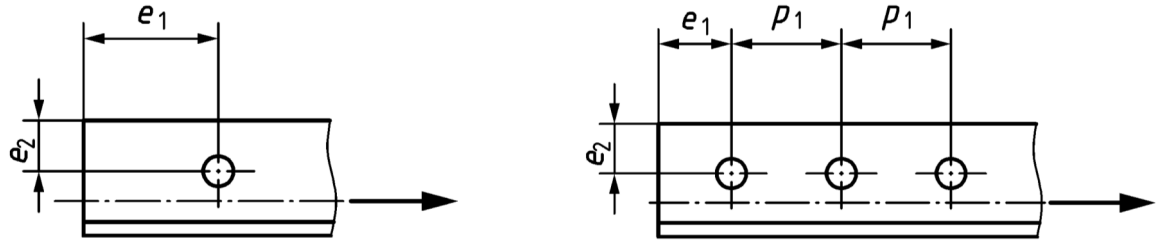
$$N_{\mathrm{u,Rd}} = \frac{2{,}0(e_2 - 0{,}5d_0)tf_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad (5.21)$$

– за наявності кількох кріпильних виробів:

$$N_{\mathrm{u,Rd}} = \min\left(\frac{0{,}75\,A_{\mathrm{net}}\,f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}};\quad V_{\mathrm{eff,1,Rd}}\right); \qquad 5.22)$$

A_{net} – площа нетто кутика; у разі нерівнополичного кутика, прикріпленого меншою полицею, A_{net} визначають як площу нетто перерізу еквівалентного рівнополичного кутика, розмір полиці якого дорівнює розміру меншої полиці (нерівнополичного кутика);

$V_{\mathrm{eff,1,Rd}}$ – розрахункове значення опору розриву цілісності з'єднання, отримане за формулою (5.19).



а) кутик, приєднаний одним кріпильним виробом

б) кутик, приєднаний кількома кріпильними виробами

Рисунок 5.15 – Кутики, приєднані одним рядом кріпильних виробів, установлених в одній полиці

6 ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ

6.1 Загальні положення

(1) Рівень якості зварних швів визначають згідно з EN 1090-2 залежно від застосовного класу виконання. Клас виконання визначають згідно з додатком A EN 1993-1-1:2022.

Примітка. Правила проєктування, викладені в цьому стандарті, відповідають вимогам щодо рівня якості C згідно з EN ISO 5817.

(2) Забезпечують умови, що надають змогу уникнути поздовжніх тріщин унаслідок розшаровування.

Примітка. Рекомендації щодо запобігання виникненню поздовжніх тріщин унаслідок розшаровування викладено в EN 1993-1-10.

6.2 Зварювальні матеріали

(1) Усі зварювальні матеріали обирають згідно зі стандартами, зазначеними в EN 1090-2.

(2) Для марок сталі до S460 задають значення границі текучості, межі міцності за розтягу, відносне видовження до руйнування та мінімальне значення ударної в’язкості металу шва за Шарпі для зразка з V-подібним надрізом еквівалентні чи вищі за визначені для найслабшого основного металу.

(3) У разі сталі марок S460 чи вищих допустимо, щоб присадний метал мав нижчу міцність, ніж основний метал. Відносне видовження до руйнування та мінімальне значення ударної в’язкості металу шва за Шарпі для зразка з V-подібним надрізом щодо присадного металу мають бути еквівалентними чи вищими за визначені для основного металу.

Примітка. Обмеження щодо застосування металів, які відрізняються нижчою якістю, можуть бути встановлені в Національному додатку.

6.3 Геометричні параметри та розміри

6.3.1 Тип зварного шва

(1) У цьому стандарті викладено правила розрахунку зварних швів кутових, кутових по замкненому периметру зварного з’єднання, стикових, коркових та зварних швів із розвальцюванням.

Примітка 1. Стикові зварні шви можуть бути з повним чи неповним проплавленням, див. 6.3.4.

Примітка 2. Кутові зварні шви по замкненому периметру зварного з’єднання та коркові зварні шви може бути виконано в круглих чи прорізних отворах, див. 6.3.3 та 6.3.5.

Примітка 3. Приклади найпоширеніших типів з'єднань елементів і зварних швів подано в EN ISO 17659.

6.3.2 Кутові зварні шви

6.3.2.1 Кути розташування зварюваних поверхонь

(1) Кутові зварні шви можна застосовувати для з'єднання деталей, зварювані поверхні яких утворюють кут від 60° до 120°, див. рисунок 6.1.

Примітка. Щодо ексцентриситету односторонніх кутових зварних швів див. 6.12.

(2) Опір кутових зварних швів, зварювані поверхні яких утворюють кут менше 60° та більше 120°, див. 6.1, можна визначити випробуванням згідно з EN 1990.

Примітка. Див. також примітки 2 та 3 у 4.3.1(2).

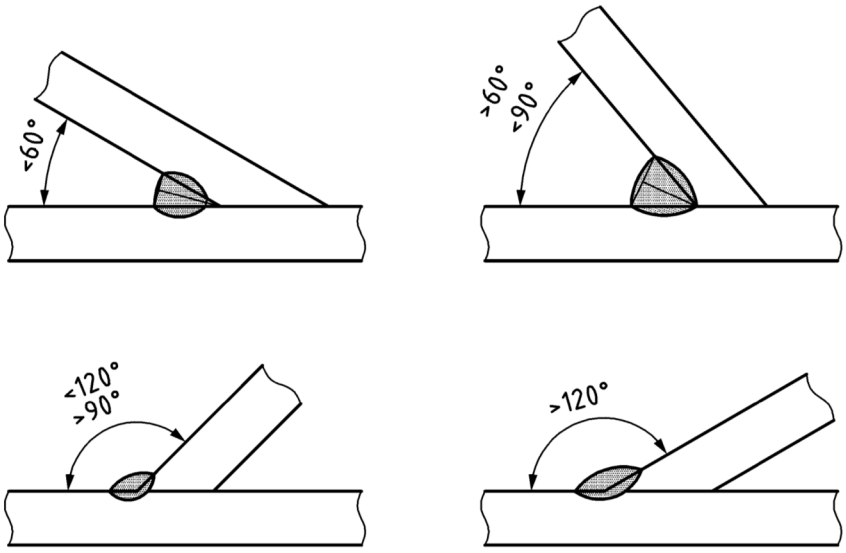


Рисунок 6.1 – Кут, утворений з'єднаними пластинами

6.3.2.2 Обварювання кінця деталі по периметру

(1) Кутові зварні шви, які закінчують на торцях чи з боків деталей, виконують із безперервним обварюванням кінця деталі по периметру на повний розмір, виходячи за кут кромки на відстань, яка щонайменше вдвічі перевищує довжину катета кутового зварного шва,

за винятком ситуації, в якій через недоступність чи конфігурацію з’єднання цього виконати практично не можливо.

(2) Обварювання кінця деталі по периметру зазначають на кресленнях.

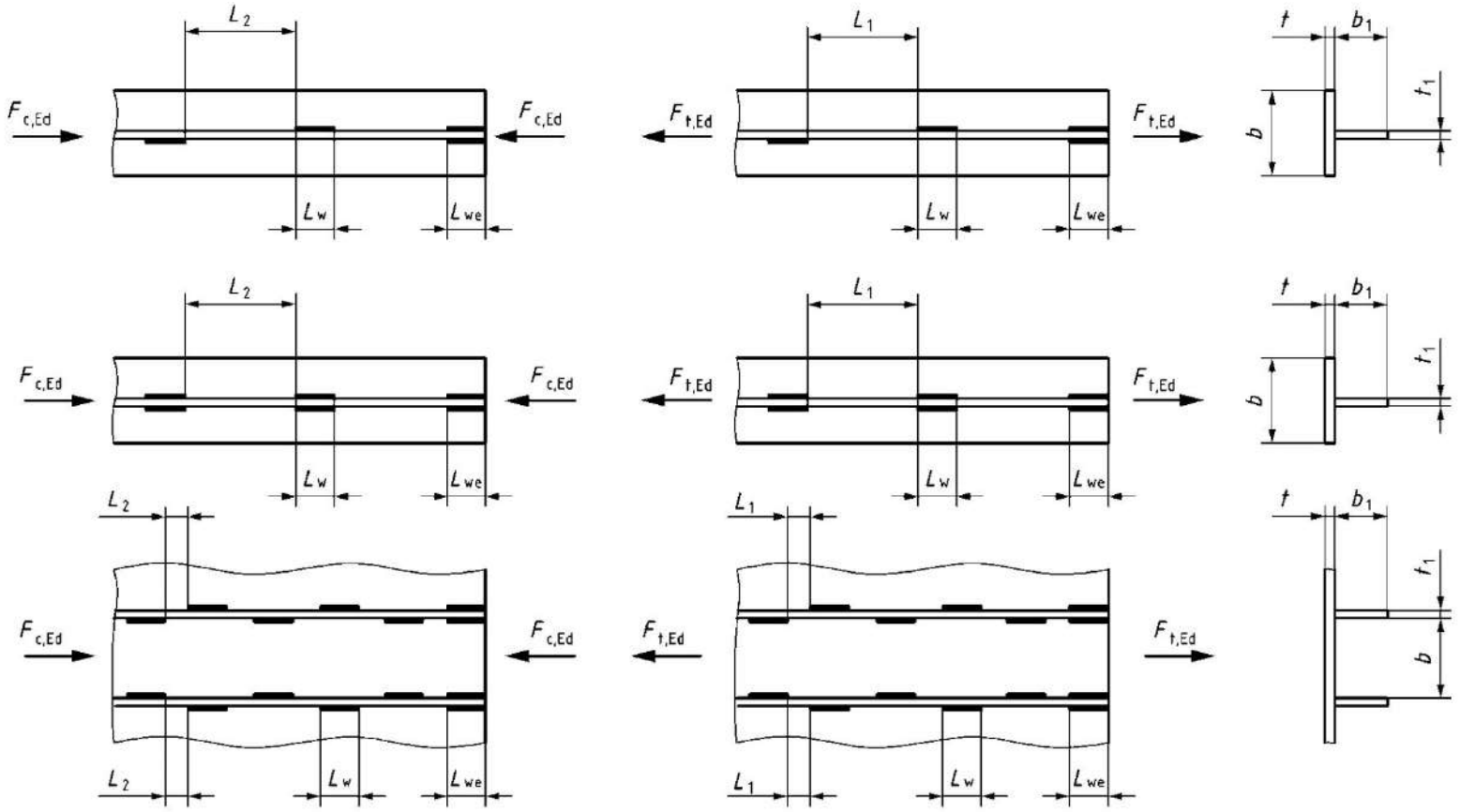
6.3.2.3 Переривчасті кутові шви

(1) Переривчасті кутові шви не застосовують у корозійних умовах.

(2) У будь-якому з’єднанні, виконуваному переривчастими кутовими швами, на кожному кінці з’єднаної деталі завжди виконують відтинок безперервного зварного шва завдовжки L_{we}.

(3) У переривчастих кутових зварних швах відстань між зварюваними елементами визначають таку, що дорівнює меншій з відстаней, визначених між кінцями сусідніх відтинків зварного шва на протилежних боках, та відстаней між кінцями відтинків зварного шва на одному боці.

(4) У переривчастих кутових зварних швах елементів складеного перерізу забезпечують відстані між відтинками зварного шва (L_1 чи L_2), між кінцями кожного відтинка зварного шва завдовжки L_{w} та кінцевими відтинками безперервного зварного шва L_{we} такі, що відповідають вимогам, зазначеним на рисунку 6.2 щодо заданих навантаг і геометричних параметрів зображень.



Довжина переривчастого зварного шва на кінцях з'єднаних деталей: $L_{we} \geq \min(0{,}75b; 0{,}75b_1)$.

Для елементів, що працюють на розтяг: $L_1 \leq \min(16t; 16t_1; 200\text{ мм})$

Для елементів, що працюють на стиск чи зсув: $L_2 \leq \min(12t\varepsilon; 12t_1\varepsilon; 0{,}25b; 200\text{ мм})$, де $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$, причому f_y у Н/мм².

Рисунок 6.2 – Переривчасті кутові зварні шви для елементів складеного перерізу

6.3.3 Кутові зварні шви по замкненому периметру з’єднання

(1) Кутові зварні шви по замкненому периметру з’єднання у звичайних круглих чи прорізних отворах допустимо застосовувати лише для того, щоб забезпечити передавання зсувних зусиль чи запобігти втраті стійкості чи роз'єднанню деталей, які з’єднано внапуск.

(2) У разі використання кутового зварного шва по замкненому периметру з’єднання визначають діаметр звичайних круглих отворів або ширину прорізних отворів такі, що не менші за чотирикратну товщину деталі, що їх містить.

(3) Кінці прорізних отворів виконують напівкруглими, за винятком ситуацій, у яких кінець отвору доходить до кромки розглядуваної деталі.

(4) У разі кутових зварних швів по замкненому периметру з’єднання забезпечують міжцентрову відстань меншу за значення, встановлені для запобігання втраті стійкості листової деталі (пластини), див. таблицю 5.8.

6.3.4 Стикові зварні шви

(1) Стикові зварні шви, в яких забезпечено повну глибину проплавлення та сплавлення присадного матеріалу й основного металу по всій товщині з’єднання, класифікують як зварні шви з повним проплавленням.

(2) Стикові зварні шви з глибиною проплавлення меншою, ніж повна товщина основного металу, класифікують як стикові зварні шви з неповним проплавленням.

Примітка. Щодо ексцентриситету односторонніх стикових зварних швів із неповним проплавленням див. 6.12.

(3) Застосування переривчастих стикових зварних швів не допустимо.

6.3.5 Коркові зварні шви

(1) Коркові зварні шви можна застосовувати:

– для забезпечення передавання зсувного зусилля;

– для запобігання втраті стійкості чи роз'єднання з’єднаних унапуск деталей;

– для з'єднання один з одним складових частин елементів зі складеним перерізом.

(2) Коркові зварні шви не використовують для забезпечення опору прикладеному ззовні розтягу.

(3) У разі застосування коркового зварного шва зазначають діаметр круглих отворів або ширину прорізних отворів, які щонайменше на 8 мм більші за товщину деталі, що їх містить.

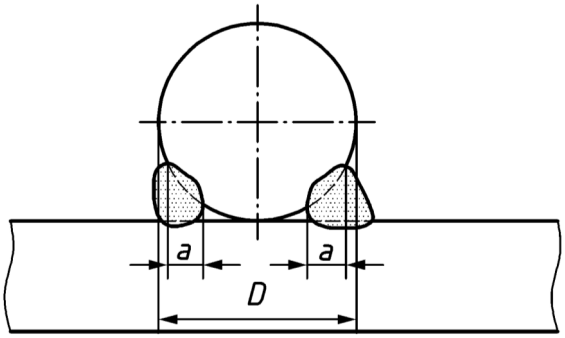
(4) Кінці прорізних отворів виконують або напівкруглими, або із кутами кромок, заокругленими з радіусом, більшим за товщину деталі, що містить прорізь, за винятком тих кінців, що доходять до кромки розглядуваної деталі.

(5) Товщину коркового зварного шва в основному металі завтовшки до 16 мм забезпечують таку, що дорівнює товщині основного металу. Товщину коркового зварного шва в основному металі завтовшки понад 16 мм забезпечують таку, що дорівнює щонайменше половині товщини основного металу, але не менше 16 мм.

(6) У разі застосування коркових зварних швів забезпечують міжцентрову відстань меншу за значення, потрібні для запобігання втраті стійкості листової деталі (пластини), див. таблицю 5.8.

6.3.6 Зварні шви з розвальцюванням

(1) У разі суцільних стрижнів ефективну товщину зварних швів із розвальцюванням, які виконують прилеглими врівень із поверхнею стрижня з суцільним перерізом, визначають згідно з рисунком 6.3.



Умовна познака:

a – найменший переріз зварного шва

Рисунок 6.3 – Товщина зварних швів із розвальцюванням у профілях із суцільним перерізом

6.4 Зварні шви з фасонками

(1) Якщо дві деталі з'єднують зварюванням через фасонку, товщина t_{pp} якої не перевищує заданої довжини катета зварного шва z_{req}, потрібної для передавання розрахункового зусилля, див. рисунок 6.4 a):

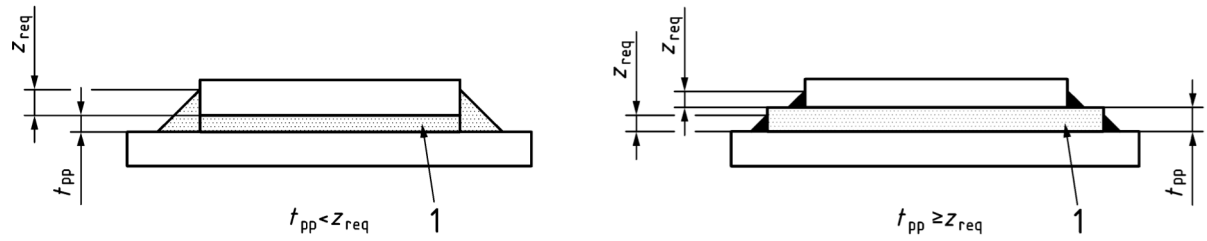
a) фасонку обрізають урівень із кромками зовнішньої з'єднаної деталі, та

b) задану довжину катета збільшують на значення, що дорівнює товщині фасонки.

(2) Якщо дві деталі з'єднують зварюванням через фасонку, товщина якої дорівнює чи більша за довжину катета зварного шва, потрібну для передавання розрахункового зусилля, див. рисунок 6.4 b):

a) фасонку виконують так, щоб вона виходила за кромку зовнішньої з'єднаної деталі, та

b) фасонку з'єднують із кожною з деталей зварними швами, здатними передавати розрахункове зусилля без виникнення надлишкових напружень у фасонці.



a) фасонка, товщина якої не перевищує довжину катета зварного шва

b) фасонка, товщина якої дорівнює чи перевищує довжину катета зварного шва

Умовна познака:

1 – листова фасонка

Рисунок 6.4 – Зварні шви з фасонками

6.5 Розрахунковий опір кутових зварних швів

6.5.1 Довжина зварних швів

(1) Довжину повнорозмірного кутового зварного шва вважають його номінальною довжиною. Її можна визначити як загальну довжину зварного шва, зменшену на його подвійну розрахункову товщину. Якщо зварний шов є повнорозмірним по всій своїй довжині, охоплюючи його початок і кінцець, зменшувати значення номінальної довжини не потрібно.

(2) Кутовий зварний шов, номінальна довжина якого становить менше 30 мм або менше шестикратної товщини зварного шва, залежно від того, яке з цих значень є більшим, не придатний для сприймання будь-якого зусилля.

6.5.2 Розрахункова товщина зварного шва

(1) Розрахункову товщину кутового зварного шва приймають як таку, що дорівнює ефективній товщині шва, визначеній як висота

найбільшого, рівностороннього чи різностороннього, трикутника з довжиною катетів z, який може бути вписано між поверхнями з'єднаних деталей і поверхню зварного шва, що вимірюють перпендикулярно до зовнішньої сторони цього трикутника, див. рисунок 6.5.

Примітка 1. Ефективну товщину зварного шва показано на рисунку 6.5.

Примітка 2. Познака a в цьому стандарті означає розрахункову товщину зварного шва.

(2) Забезпечують розрахункову товщину кутового зварного шва щонайменше 3 мм.

(3) Під час визначення розрахункового опору кутового зварного шва з повним проплавленням допустимо враховувати його додаткову товщину, див. рисунок 6.6, якщо можливо забезпечити потрібну глибину проплавлення.

Примітка. Товщину зварного шва з повним проплавленням показано на рисунку 6.6.

a) товщина кутових зварних швів із катетами однакової довжини ($z_1 = z_2$)

b) товщина кутових зварних швів із катетами різної довжини ($z_1 \neq z_2$)

Рисунок 6.5 – Ефективна товщина кутового зварного шва

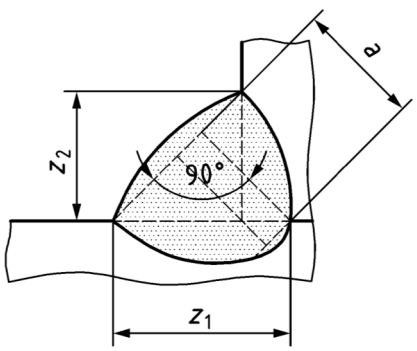


Рисунок 6.6 – Товщина кутового зварного шва з повним проплавленням

6.5.3 Розрахунковий опір кутових зварних швів

6.5.3.1 Загальні положення

(1) Розрахунковий опір кутових зварних швів визначають, застосовуючи метод напрямків, див. 6.5.3.2, чи спрощений метод, див. 6.5.3.3.

6.5.3.2 Метод напрямків

(1) Згідно з цим методом зусилля, що передає одиниця довжини зварного шва, розкладають на складники, які діють паралельно та впоперек поздовжній осі зварного шва, а також у нормальному й поперечному напрямках відносно площини його перерізу.

(2) Розрахункову площу зварного шва A_w обчислюють, помноживши номінальну довжину зварного шва на його розрахункову товщину.

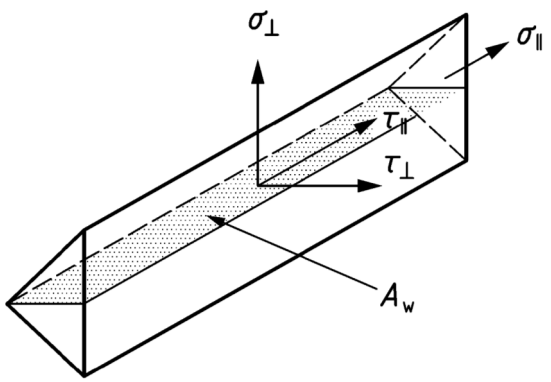
(3) Згідно з припущенням, розрахункова площа перерізу зварного шва розташована в його корені. Розподіл напружень вважають рівномірним, за якого нормальні та зсувні напруження діють на площі перерізу зварного шва, як показано нижче на рисунку 6.7:

– нормальне напруження, $\sigma_{\perp}$, що діє перпендикулярно перерізу зварного шва;

– нормальне напруження, $\sigma_{\parallel}$, що діє паралельно осі зварного шва;

– зсувне напруження, $\tau_{\perp}$, що діє в перерізі перпендикулярно осі зварного шва;

– зсувне напруження, $\tau_{\parallel}$, що діє в перерізі паралельно осі зварного шва.



Умовна познака:

A_w – розрахункова площа перерізу зварного шва

Рисунок 6.7 – Напруження у перерізі кутового зварного шва

(4) Під час перевіряння розрахункового опору зварних швів нормальне напруження $\sigma_\parallel$ допустимо не враховувати.

(5) Зварні шви, якими з'єднують деталі з матеріалів, що відрізняються за міцністю, розраховують із застосуванням властивостей матеріалу, що має нижчу міцність.

(6) Розрахунковий опір кутового зварного шва вважають достатнім, якщо дотримано таких умов:

$$\sqrt{{\sigma_\perp}^2 + 3({\tau_\perp}^2 + {\tau_\parallel}^2)} \le \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad \text{та} \quad \sigma_\perp \le \frac{0{,}9 f_u}{\gamma_{M2}}, \tag{6.1}$$

де

f_u – межа міцності за розтягу сталі нижчої марки, з якої виготовлено з'єднувані елементи;

β_w – відповідний коефіцієнт кореляції з таблиці 6.1.

(7) Як альтернативний варіант щодо (6), розрахунковий опір кутового зварного шва, яким з'єднують одну чи декілька деталей, виготовлених зі сталі марок S460 чи вищих, за різної міцності основного металу та присадного матеріалу, вважають достатнім за дотримання таких умов:

$$\sqrt{{\sigma_\perp}^2 + 3({\tau_\perp}^2 + {\tau_\parallel}^2)} \le \frac{0{,}25 f_{\mathrm{u}} + 0{,}75 f_{\mathrm{u,FM}}}{\beta_{\mathrm{w,mod}} \gamma_{\mathrm{M2}}} \quad \text{та} \quad \sigma_\perp \le \frac{0{,}9 f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad (6.2)$$

де

f_{u} – межа міцності за розтягу сталі нижчої марки, з якої виготовлено з'єднані елементи;

$f_{\mathrm{u,FM}}$ – межа міцності за розтягу присадного матеріалу згідно з таблицею 6.2 та згідно з EN ISO 2560, EN ISO 14341, EN ISO 16834, EN ISO 17632 та EN ISO 18276;

$\beta_{\mathrm{w,mod}}$ – модифікований коефіцієнт кореляції, що залежить від міцності присадного матеріалу згідно з таблицею 6.2.

Таблиця 6.1 – Коефіцієнт кореляції β_{w} для кутових зварних швів

Стандарт і марка сталі				Коефіцієнт кореляції β_{w}
EN 10025 (всі частини)	EN 10210-1	EN 10219-1	EN 10149-2	
S235 S235W	S235H	S235H		0,80
S275 S275 N/NL S275 M/ML	S275 H S275 NH/NLH	S275H S275NH/NLH S275MH/MLH		0,85
S355 S355N/NL S355M/ML S355W	S355 H S355NH/NLH	S355H S355NH/NLH S355MH/MLH		0,90
S420N/NL S420M/ML	S420NH/NLH	S420NH/NLH S420MH/MLH		0,88
S450				1,05
S460N/NL S460M/ML S460Q/QL/QL1	S460NH/NLH	S460NH/NLH S460MH/MLH		0,85

Кінець таблиці 6.1

Стандарт і марка сталі				Коефіцієнт кореляції β_w
EN 10025 (всі частини)	EN 10210-1	EN 10219-1	EN 10149-2	
S500Q/QL/QL1			S500MC	0,90
S550Q/QL/QL1			S550MC	0,95
S620Q/QL/QL1			S600MC	1,05
S690Q/QL/QL1			S650MC S700MC	1,10

Таблиця 6.2 – Межа міцності присадного матеріалу $f_{u,FM}$ та модифікований коефіцієнт кореляції $\beta_{w,mod}$

Познака присадного матеріалу для визначення властивостей за розтягу, див. EN ISO 18275	**42**	**46**	**69**	**89**
Межа міцності $f_{u,FM}$, Н/мм^2	500	530	770	940
Коефіцієнт кореляції $\beta_{w,mod}$	0,89	0,85	1,09	1,19
Для присадних матеріалів, крім зазначених у цій таблиці, але не вищих за G89, наступне більше значення $\beta_{w,mod}$ приймають із запасом міцності				

6.5.3.3 Спрощений метод

(1) Як альтернативний варіант щодо 6.5.3.2, розрахунковий опір кутового зварного шва вважають достатнім, якщо в кожній точці за його довжиною рівнодійна всіх переданих зварним швом сил на одиницю довжини задовольняє такий критерій:

$$F_{w,Ed} \le F_{w,Rd}\,, \qquad (6.3)$$

де

$F_{w,Ed}$ – розрахункове значення зусилля зварного шва на одиницю довжини;

$F_{w,Rd}$ – розрахунковий опір зварного шва на одиницю довжини.

(2) Незалежно від орієнтації площини зварного шва відносно прикладеної сили, розрахунковий опір на одиницю довжини $F_{\mathrm{w,Rd}}$ визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{w,Rd}} = f_{\mathrm{vw,d}}\, a\,, \tag{6.4}$$

де

$f_{\mathrm{vw,d}}$ – розрахункова зсувна міцність зварного шва.

(3) Розрахункову зсувну міцність зварного шва визначають за формулою:

$$f_{\mathrm{vw,d}} = \frac{f_{\mathrm{u}}}{\sqrt{3}\beta_{\mathrm{w}}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \tag{6.5}$$

де

f_{u} та β_{w} – визначають згідно з 6.5.3.2(6).

(4) Як альтернативний варіант щодо (3), розрахунковий опір кутового зварного шва, яким приєднують одну чи декілька деталей, виготовлених зі сталі марок S460 чи вищих, які відрізняються за міцністю основного металу та присадного матеріалу, вважають достатнім, якщо дотримано такого критерію:

$$f_{\mathrm{vw,d}} = \frac{0{,}25 f_{\mathrm{u}} + 0{,}75 f_{\mathrm{u,FM}}}{\sqrt{3}\,\beta_{\mathrm{w,mod}}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \tag{6.6}$$

де

f_{u}, $f_{\mathrm{u,FM}}$ та $\beta_{\mathrm{w,mod}}$ – визначають згідно з 6.5.3.2(7).

6.6 Розрахунковий опір кутових зварних швів по замкненому периметру з’єднання

(1) Розрахунковий опір кутових зварних швів по замкненому периметру з’єднання визначають, застосовуючи будь-який із методів, зазначених у 6.5.3 для кутових зварних швів.

6.7 Розрахунковий опір стикових зварних швів

6.7.1 Стикові зварні шви з повним проплавленням

(1) Розрахунковий опір стикових зварних швів із повним проплавленням для сталі марок до S460 включно визначають такий, що дорівнює розрахунковому опору найслабшої зі з'єднуваних деталей за умови, що зварний шов виконують, використовуючи відповідний зварювальний матеріал, див. 6.2, з якого буде виготовлено зразки для випробування на розтяг зварного шва по замкненому периметру зварного з'єднання, що матимуть мінімальну границю текучості й мінімальну межу міцності за розтягу щонайменше такі, які визначено для основного металу.

(2) Розрахункову міцність стикових зварних з'єднань зі сталей марок вище S460 визначають за формулою:

$$\sigma_{\mathrm{v,Rd}} = \frac{0{,}85 \times (0{,}9 f_{\mathrm{u}}) \; + \; 0{,}15 f_{\mathrm{u,FM}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad (6.7)$$

де

f_{u} та $f_{\mathrm{u,FM}}$ – визначають згідно з 6.5.3.2(7).

(3) Розрахункову міцність стикових зварних з'єднань зі сталі марок S460 чи вищих, для виконання яких використовують присадний матеріал із нижчими чи вищими (порівняно з основним металом) характеристиками міцності, може бути визначено за формулою (6.7).

6.7.2 Стикові зварні шви з неповним проплавленням

(1) Розрахунковий опір стикових зварних швів із неповним проплавленням визначають методом, застосовним до кутових зварних швів, який зазначено в 6.5.3.

(2) Розрахункову товщину стикових зварних швів із неповним проплавленням (див. рисунок 6.8) задають таку, що не перевищує

глибини проплавлення, якої можливо досягти вздовж усього шва, див. 6.5.2(3).

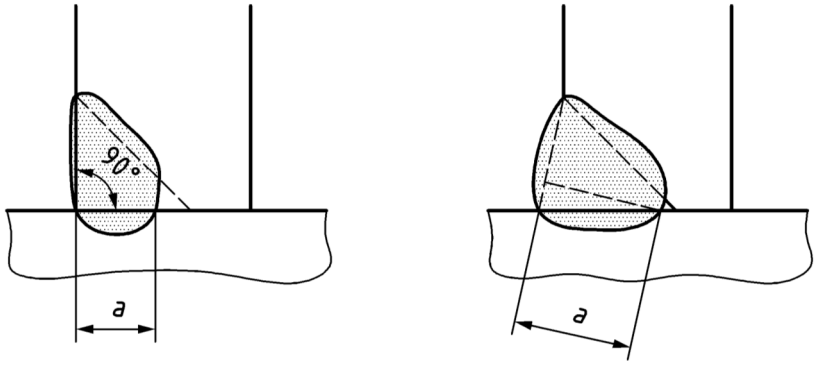


Рисунок 6.8 – Товщина зварного шва з неповним проплавленням

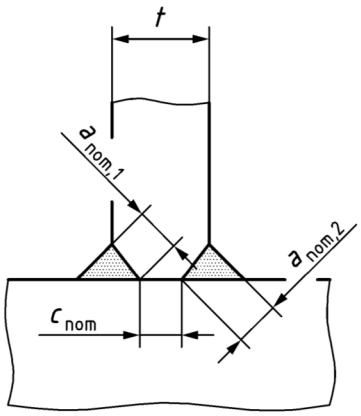
6.7.3 Таврові з’єднання елементів

(1) Розрахунковий опір таврових з’єднань елементів, які містять пару стикових зварних швів із неповним проплавленням, підсилених накладеними поверх них кутовими зварними швами, допустимо визначати як для стикового зварного шва з повним проплавленням (див. 6.7.1 та рисунок 6.9) за таких умов:

– якщо загальна номінальна товщина зварного шва без урахування незавареного проміжку, $a_{\mathrm{nom},1}+a_{\mathrm{nom},2}$, не менша за товщину t вертикально прилеглої частини, що утворює у примиканні таврове з’єднання, та

– якщо незаварений проміжок c_{nom} становить щонайбільше $t/5$ або 3 мм, залежно від того, яке з цих значень менше.

(2) Розрахунковий опір таврових з'єднань, які не відповідають установленим у (1) вимогам, визначають методом, застосовним до кутових зварних швів чи зварних швів із проплавленням (див. 6.5) залежно від глибини проплавлення. Товщину зварного шва визначають згідно з положеннями, застосовними до кутових швів (див. 6.5.3) чи стикових зварних швів із неповним проплавленням (див. 6.7.2), якщо застосовно.



$a_{\mathrm{nom},1} + a_{\mathrm{nom},2} \geq t$;

c_{nom} – визначають як найменше зі значень *t*/5 чи 3 мм

Рисунок 6.9 – Визначення ефективного повного проплавлення у тавровому з'єднанні елементів

6.8 Розрахунковий опір коркових зварних швів

(1) Розрахунковий опір $F_{\mathrm{w,Rd}}$ коркових зварних швів визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{w,Rd}} = f_{\mathrm{vw,d}}\, A_{\mathrm{w}}\,, \qquad (6.8)$$

де

$f_{\mathrm{vw,d}}$ – розрахункова зсувна міцність зварного шва, визначена згідно з 6.5.3.3(3);

A_{w} – розрахункова площа перерізу зварного шва, що дорівнює площі отвору.

6.9 Розподіл зусиль

(1) Розподіл зусиль у зварному з'єднанні можна розрахувати за припущення пружної чи пластичної поведінки згідно з 4.2.

(2) Залишкові напруження та напруження, не пов'язані з передаванням зусилля, під час перевіряння опору зварного шва допустимо не враховувати. Це зокрема стосується нормального напруження, паралельного осі зварного шва.

(3) Примикання зі зварними з’єднаннями проєктують так, щоб вони мали достатню деформативну здатність (податливість). Однак на пластичність зварних швів покладатися не варто.

(4) Якщо для досягнення пластичності треба запобігти розриву зварного шва, то для дотримання відповідності вимогам (3) забезпечують достатню міцність зварних швів, щоб вони не розривалися до виникнення текучості в основному металі прилеглої деталі. Зварні шви проєктують так, щоб їхній опір дорівнював:

– значенню 1,1 $f_{\mathrm{y}}/f_{\mathrm{u}}$, помноженому на розрахунковий опір найслабшої зі з’єднаних деталей, але

– щонайбільше розрахунковому опору найслабшої зі з’єднаних деталей.

(5) У з’єднаннях, де утворюються пластичні шарніри, зварні шви розробляють із таким розрахунком, щоб забезпечити розрахунковий опір щонайменше такий самий, як і в найслабшої зі з’єднаних деталей.

(6) Якщо розрахунковий опір зсуву переривчастого зварного шва визначають, використовуючи загальну довжину L_{tot}, то його перевіряння виконують, застосовуючи зсувне зусилля на одиницю довжини, $F_{\mathrm{w,Ed}}$, помножене на коефіцієнт, що дорівнює $(L_1 + L_{\mathrm{w}})/L_{\mathrm{w}}$, див. рисунок 6.10.

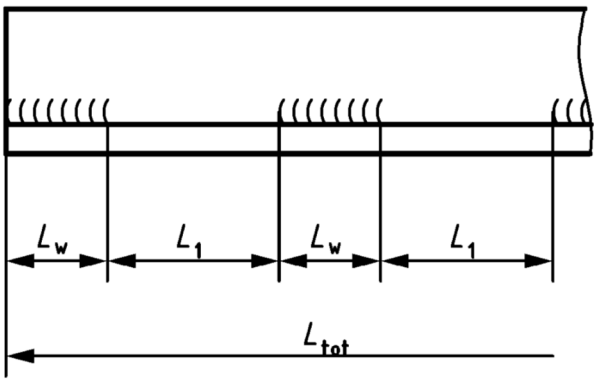


Рисунок 6.10 – Розрахунок внутрішніх зусиль у переривчастих зварних швах

6.10 З'єднання з полицями без елементів жорсткості

(1) Якщо поперечну пластину (фасонку) чи полицю балки приварюють до тримальної непідкріпленої полиці двотаврового профілю нормального чи широкополичного, або до листової деталі сталевого елемента з інших профілів (див. рисунок 6.11) та в разі дотримання зазначеної в (3) умови рекомендовано, щоб сила, прикладена перпендикулярно до непідкріпленої полиці, була менше будь-якого з указаних нижче застосовних розрахункових значень:

– опору стінки тримального елемента з двотаврового профілю нормального чи широкополичного, як зазначено в А.5.1 або А.6.1, відповідно;

– опору поперечної пластини на елементі з профілю RHS, як зазначено в таблиці 9.17;

– опору полиці тримального елемента, як зазначено в А.7.1.4(1), розрахованого із припущенням, що прикладену силу зосереджено на ефективній ширині b_{eff} полиці, як зазначено в (2) або (4) відповідно.

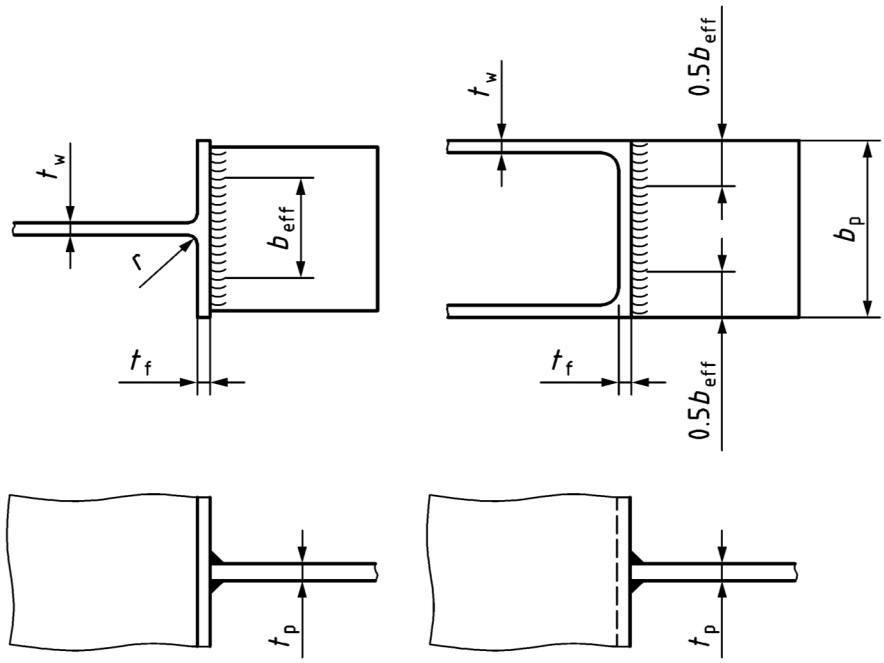


Рисунок 6.11 – Ефективна ширина непідкріпленого таврового з’єднання

(2) У разі непідкріплених двотаврових профілів нормальних чи широкополичних ефективну ширину b_{eff} визначають за формулою (див. рис. 6.11):

$$b_{\text{eff}} = t_{\text{w}} + 2s + 7kt_{\text{f}}\,, \tag{6.9}$$

де

$$k = \frac{t_{\text{f}}}{t_{\text{p}}}\frac{f_{\text{y,f}}}{f_{\text{y,p}}},\ \text{але}\quad k \le 1, \tag{6.10}$$

де

$f_{\text{y,f}}$ – границя текучості полиці двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

$f_{\text{y,p}}$ – границя текучості пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного.

Розмір s визначають за формулою:

– для прокатного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $s = r$ (6.11)

– для зварного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $s = \sqrt{2}\ a$ (6.12)

(3) У разі непідкріплених полиць двотаврових профілів нормальних чи широкополичних дотримують відповідності такому критерію:

$$b_{\text{eff}} \ge \frac{f_{\text{y,p}}}{f_{\text{u,p}}} b_{\text{p}}\,, \tag{6.13}$$

де

$f_{\text{u,p}}$ – межа міцності пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного;

b_{p} – ширина пластини, привареної до двотаврового профілю нормального чи широкополичного.

У разі невідповідності цьому критерію з’єднання підкріплюють.

(4) Для профілів з іншим перерізом, наприклад, коробчастих чи швелерів, якщо ширина приєднаної пластини та ширина полиці однакові, ефективну ширину b_{eff} визначають за формулою (див. рисунок 6.11):

$$b_{\text{eff}} = 2t_{\text{w}} + 5t_{\text{f}}\,, \quad \text{але} \quad b_{\text{eff}} \le 2t_{\text{w}} + 5kt_{\text{f}}\,, \tag{6.14}$$

де

k – визначають за формулою (6.10).

Примітка. Щодо порожнистих профілів див. таблицю 9.17.

(5) У будь-якому разі зварні шви, якими з'єднують пластину з полицею, розробляють із таким розрахунком, щоб передавання розрахункового опору пластини $\frac{b_{\text{p}}t_{\text{p}}f_{\text{y,p}}}{\gamma_{\text{Mo}}}$ відбувалося із рівномірним розподілом напруження.

6.11 Розрахунковий опір довгомірних з'єднань

(1) У з'єднаннях елементів унапуск, довжина яких перевищує вказані у (2) та (3) граничні значення, розрахунковий опір кутового зварного шва зменшують, помноживши його значення на коефіцієнт β_{Lw}, щоб урахувати ефекти нерівномірного розподілу напруження за довжиною шва.

(2) У з'єднаннях елементів унапуск завдовжки понад $150a$ понижувальний коефіцієнт β_{Lw} приймають як $\beta_{\text{Lw,1}}$, що визначають за формулою:

$$\beta_{\text{Lw,1}} = 1{,}2 - \frac{0{,}2L_{\text{j}}}{150a}, \quad \text{але} \quad \beta_{\text{Lw,1}} \le 1{,}0\,, \tag{6.15}$$

де

L_{j} – загальна довжина напуску в напрямку передавання зусилля.

Примітка. Щодо кутових зварних з'єднань із високоміцної сталі марок S460 або вищих див. (4).

(3) Для кутових зварних швів завдовжки понад 1,7 м, якими приєднують поперечні елементи жорсткості в елементах з листової сталі, понижувальний коефіцієнт β_{Lw} можна прийняти як $\beta_{\mathrm{Lw,2}}$, що визначають за формулою:

$$\beta_{\mathrm{Lw,2}} = 1{,}1 - \frac{L_{\mathrm{w,f}}}{17}, \quad \text{але} \quad 0{,}6 \le \beta_{\mathrm{Lw,2}} \le 1{,}0\,, \tag{6.16}$$

де

$L_{\mathrm{w,f}}$ – довжина кутового зварного шва, в метрах.

(4) У разі сталі марок S460 або вищих у з'єднаннях елементів унапуск забезпечують довжину поздовжніх кутових зварних швів щонайбільше150a.

(5) Положення (1) не застосовують, якщо розподіл напружень уздовж зварного шва відповідає розподілу напружень в основному металі прилеглого елемента, як, наприклад, у разі полиці, приєднаної зварним швом до суцільної стінки складеної балки.

6.12 Позацентрово навантажені односторонні кутові чи односторонні стикові зварні шви з неповним проплавленням

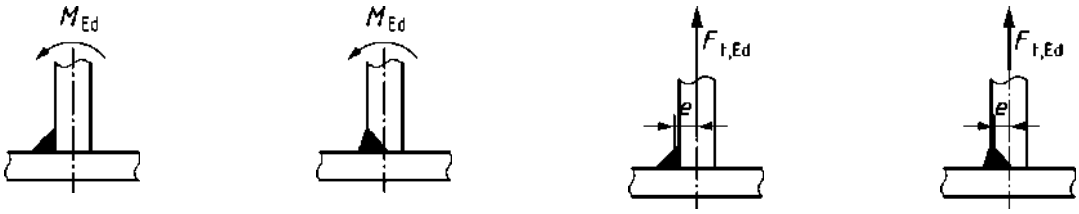
(1) Якщо можливо, рекомендовано уникати місцевого ексцентриситету.

(2) Місцевий ексцентриситет відносно осі дії сили, якій має бути забезпечено опір, ураховують у таких ситуаціях:

– якщо згинальний момент, прикладений відносно поздовжньої осі зварного шва, спричиняє розтяг у корені зварного шва, див. рисунок 6.12(a);

– якщо розтягувальне зусилля, прикладене перпендикулярно до поздовжньої осі зварного шва, спричиняє згинальний момент, що призводить до розтягувального зусилля у корені зварного шва, див. рисунок 6.12(b), де e – місцевий ексцентриситет.

(3) Місцевий ексцентриситет можна не враховувати, якщо зварний шов виконують по периметру конструкційного порожнистого профілю.



a) згинальний момент спричиняє розтяг у корені зварного шва

b) розтягувальне зусилля спричиняє розтяг у корені зварного шва

Рисунок 6.12 – Односторонні кутові та односторонні стикові зварні шви з неповним проплавленням

6.13 Кутики, прикріплені однією полицею

(1) У кутиках, прикріплених однією полицею, ексцентриситет кінцевих стикових зварних з'єднань унапуск можна врахувати, застосовуючи ефективну площу поперечного перерізу, після чого елемент розглядають як навантажений концентрично (вздовж осі симетрії перерізу). На рисунку 6.13 подано приклади ексцентриситетів e, якими можна знехтувати, та e', враховувані у проєктуванні.

(2) Для кутика рівнополичного чи нерівнополичного, прикріпленого ширшою полицею, ефективну площу (перерізу) можна прийняти таку, що дорівнює площі (перерізу) брутто.

(3) У разі нерівнополичнго кутика, прикріпленого меншою полицею:

– для визначення розрахункового опору поперечного перерізу ефективну площу визначають як площу поперечного перерізу брутто еквівалентного рівнополичного кутика із розміром полиці, що дорівнює розміру меншої полиці (нерівнополичного кутика);

– для визначення розрахункового опору втраті стійкості підданого стиску елемента використовують фактичну площу поперечного перерізу брутто.

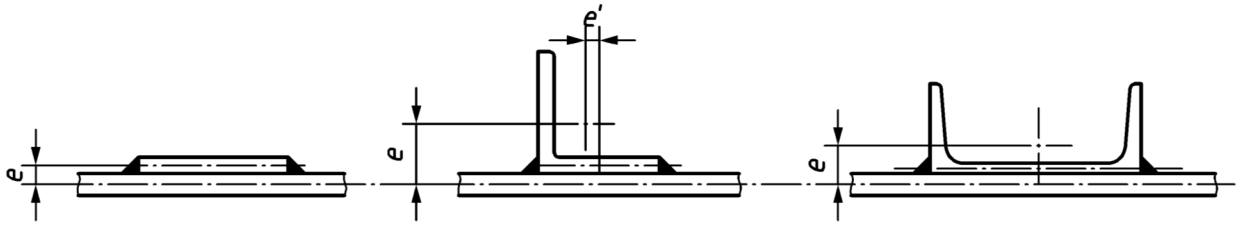


Рисунок 6.13 – Приклади ексцентриситетів

6.14 Зварювання в зонах холодного формування

(1) У разі зварювання в зонах холодного формування дотримують правил, викладених у EN 1993-1-10.

7 КОНСТРУКЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК

7.1 Загальний розрахунок

7.1.1 Загальні положення

(1) Потрібно, щоб опір з’єднання елементів був достатнім для передавання зусиль і моментів, для сприймання яких його призначено за загальним конструкційним розрахунком.

(2) Ефекти, пов’язані з властивостями з’єднань щодо розподілу внутрішніх зусиль і моментів у конструкції, а також їхні впливи на загальні деформації конструкції враховують за винятком ситуацій, у яких вони не є суттєвими.

(3) Відповідний тип моделі з’єднання елементів визначають із таблиці 7.1 залежно від класифікації з’єднання (див. 7.3) та від обраного методу загального розрахунку.

(4) Щодо моделі шарнірного з’єднання можна припустити, що з’єднання не передаватиме згинальних моментів.

(5) У разі моделі напівжорсткого з’єднання його поведінку враховують у загальному розрахунку.

(6) У разі моделі жорсткого з’єднання можна припустити, що його поведінка не впливатиме на результати загального розрахунку.

(7) Розрахункову криву «момент – кут повороту» для з’єднання, застосовну в загальному розрахунку (див. 7.2.4), допустимо спрощувати, застосовуючи метод апроксимації – включно з лінійною, багатолінійною чи нелінійною апроксимацією – за умови, що ця наближена крива повністю проходитиме нижче розрахункової кривої «момент – кут повороту». Можна також застосувати точніші лінійні та білінійні наближенняі, див. 7.1.2, 7.1.3 та 7.1.4.

Таблиця 7.1 – Тип моделі з’єднання елементів

	Метод загального розрахунку			**Тип моделі з’єднання елементів**
	Пружний	**Жорстко-пластичний**	**Пружно-пластичний**	
Класифікація з’єднання елементів	Номінально шарнірне	Номінально шарнірне	Номінально шарнірне	Шарнірне
	Жорстке	Рівноміцне	Жорстке і рівноміцне	Жорстке
	Напівжорстке	Нерівноміцне	Напівжорстке і нерівноміцне. Напівжорстке і рівноміцне. Жорстке і нерівноміцне	Напівжорстке
Примітка. У разі сталі марок вище S460 див. 8.1(4).				

7.1.2 Пружний загальний розрахунок

(1) З’єднання елементів класифікують відповідно до їхньої поворотної жорсткості, див. 7.3.2.

(2) У разі напівжорстких з'єднань (див. 7.3.2.4) у загальному розрахунку використовують розрахункову поворотну жорсткість $S_{j,\eta}$, обчислену за формулою (7.1), див. рис. 7.1(a):

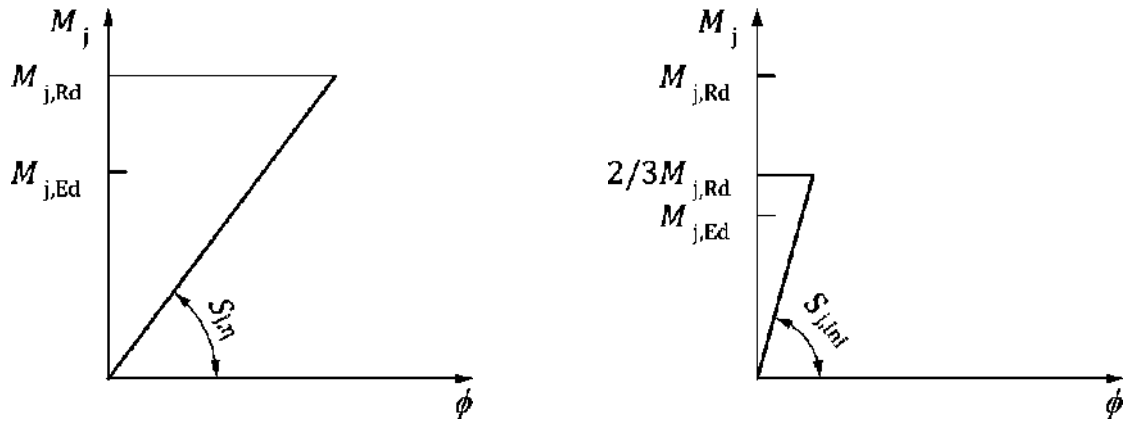
$$S_{j,\eta} = \frac{S_{j,ini}}{\eta}, \tag{7.1}$$

де

η – коефіцієнт переходу до модифікованої жорсткості згідно з таблицею 7.2.

Як альтернативний варіант, початкову поворотну жорсткість $S_{j,ini}$ можна застосовувати в загальному розрахунку, див. рисунок 7.1(b), якщо згинальний момент $M_{j,Ed}$ не перевищує $2/3M_{j,Rd}$.

(3) Початкову поворотну жорсткість $S_{j,ini}$ з'єднань елементів з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних (див. розділ 8), визначають згідно з В.4.



a) $M_{j,Ed} \le M_{j,Rd}$ b) $M_{j,Ed} \le 2/3\ M_{j,Rd}$

Рисунок 7.1 – Поворотна жорсткість з'єднання елементів, застосовна в пружному загальному розрахунку

Таблиця 7.2 – Коефіцієнт переходу до модифікованої жорсткості, η

Тип з'єднання	З'єднання балки з колоною	Інші типи з'єднань (з'єднання балок, стикові нарощення балок, основи колон з анкерними болтами)
Зварне з'єднання	2	3
Болтове з'єднання з торцевими пластинами	2	3
Болтове з'єднання з підсилювальними кутиковими накладками	2	3,5
Опорні листи з анкерними болтами	—	3

7.1.3 Жорстко-пластичний загальний розрахунок

(1) З'єднання елементів класифікують відповідно до їхнього опору моменту, див. 7.3.3.

(2) Розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ з'єднаь елементів з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних (див. розділ 8), визначають згідно з В.3.2.

(3) Розрахунковий опір з'єднань елементів з порожнистих профілів можна визначити методом, зазначеним у розділі 9.

(4) Забезпечують таку поворотну здатність з'єднань елементів, щоб достатньою мірою уможливити визначений загальним розрахунком кут повороту.

(5) Розрахункову поворотну здатність ϕ_{Cd} з'єднань елементів з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних (див. розділ 8), визначають згідно з В.5.

7.1.4 Пружно-пластичний загальний розрахунок

(1) З'єднання елементів класифікують як за поворотною жорсткістю, див. 7.3.2, так і за опором, див. 7.3.3, залежно від опору з'єднаних елементів.

(2) Для з’єднань елементів з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних (див. розділ 8), розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ визначають згідно з В.3.2, початкову поворотну жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$ – згідно з В.4, а розрахункову поворотну здатність ϕ_{Cd} – згідно з В.5.

(3) Розрахунковий опір з’єднань елементів з порожнистих профілів можна визначити методом, зазначеним у розділі 9.

(4) Для визначення розподілу внутрішніх зусиль і моментів у конструкції використовують розрахункову криву «момент – кут повороту», побудовану згідно з 7.2.4.

(5) Як спрощений варіант, допустимо використовувати білінійну розрахункову криву «момент-кут повороту», показану на рисунку 7.2. Коефіцієнт переходу до модифікованої жорсткості η отримують із таблиці 7.2.

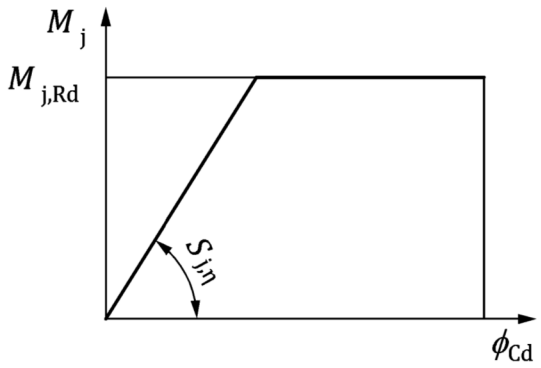


Рисунок 7.2 – Спрощена білінійна розрахункова крива «момент – кут повороту»

7.1.5 Загальний розрахунок ґратчастих ферм із порожнистого профілю

(1) Положення цього розділу застосовують до конструкцій із з’єднаннями елементів, запроєктованими згідно з розділом 9.

(2) Розподіл осьових зусиль у ґратчастій фермі можна визначити за припущення шарнірного з’єднання елементів (див. 4.6).

(3) Вторинними моментами у з’єднаннях, спричиненими їхньою поворотною жорсткістю і нерівномірним розподілом жорсткості у

з’єднаннях, можна знехтувати як у розрахунку елементів, так і в розрахунку з’єднань, якщо дотримано таких умов:

– геометричні характеристики з’єднання відповідають зазначеним у таблиці 9.6, таблиці 9.14, таблиці 9.24 або таблиці 9.27, якщо застосовно;

– відношення геометричної довжини до висоти перерізу елемента в площині ґратчастої ферми не менше відповідного мінімального значення. Для конструкцій будівель може бути прийнято відповідне мінімальне значення, що дорівнює 6. Інші значення може бути визначено з інших застосовних частин EN 1993;

– ексцентриситет не перевищує межі, встановлені у (5).

Примітка. За припущенням вважають, що коефіцієнти за матеріалом із таблиці 9.1 уможливлюють врахування цих ефектів.

(4) Моменти, що виникають від поперечних навантаг, прикладених між з’єднаннями ферми як у площині, так і поза площиною, варто розглянути у розрахунку елементів, до яких вони прикладені. Якщо описані в (3) умови дотримано, тоді:

– елементи розкосів можна розглядати як шарнірно з’єднані з поясами, і відтак забезпечувати розподіл моментів, що виникають унаслідок прикладених до елементів поясу навантаг, між елементами розкосів не потрібно;

– у разі елементів розкосів, виготовлених зі сталі марок S460 або вищих, ефекти поперечної навантаги на в’язі можна врахувати із запасом міцності для з’єднань за припущення жорсткого з’єднання;

– пояси можна розглядати як нерозрізні балки з шарнірним обпиранням у з’єднаннях ферм.

(5) Моменти, що виникають унаслідок ексцентриситетів, у конструкції елементів розкосів можна не враховувати, якщо ексцентриситети не перевищують таких граничних значень:

для CHS: $-0{,}55d_0 \le e \le 0{,}25d_0$; (7.2)

для RHS: $-0{,}55h_0 \le e \le 0{,}25h_0$; (7.3)

для швелерного профілю: $-y_s \le e \le 0$, (7.4)

де

e – ексцентриситет, зазначений на рисунку 7.3;

d_0 – діаметр перерізу поясу;

h_0 – висота перерізу поясу в площині ґратчастої ферми;

y_s – відстань від нейтральної осі до зовнішньої поверхні стінки (у цьому разі застосовної як полиця) швелерного профілю.

(6) Якщо ексцентриситети не перевищують вказаних у (5) граничних значень, то розподіл спричинених ексцентриситетом моментів між елементами поясу з кожного боку з'єднання відбувається завдяки їхній відносній жорсткості I/L, де I – момент інерції поперечного перерізу поясу, а L – геометрична довжина елемента, виміряна між з'єднаннями ферми.

(7) Якщо ексцентриситети перевищують указані в (5) граничні значення, то моменти, що виникають унаслідок цих ексцентриситетів, ураховують під час проєктування елементів і їхніх з'єднань. У цій ситуації спричинені ексцентриситетом моменти розподіляються між усіма елементами у з'єднанні завдяки їхній відносній жорсткості I/L.

(8) Напруження у поясі, що виникають унаслідок дії моментів (спричинених ексцентриситетами та/або поперечною навантагою), які враховано під час проєктування поясу, враховують також під час визначення функції напружень поясу σ_f, застосовної для розрахунку з'єднань, див. 9.4.1(5).

(9) Ситуації, у яких до розрахунку з’єднань у ґратчастих фермах уводять моменти, у зведеному вигляді подано в таблиці 7.3.

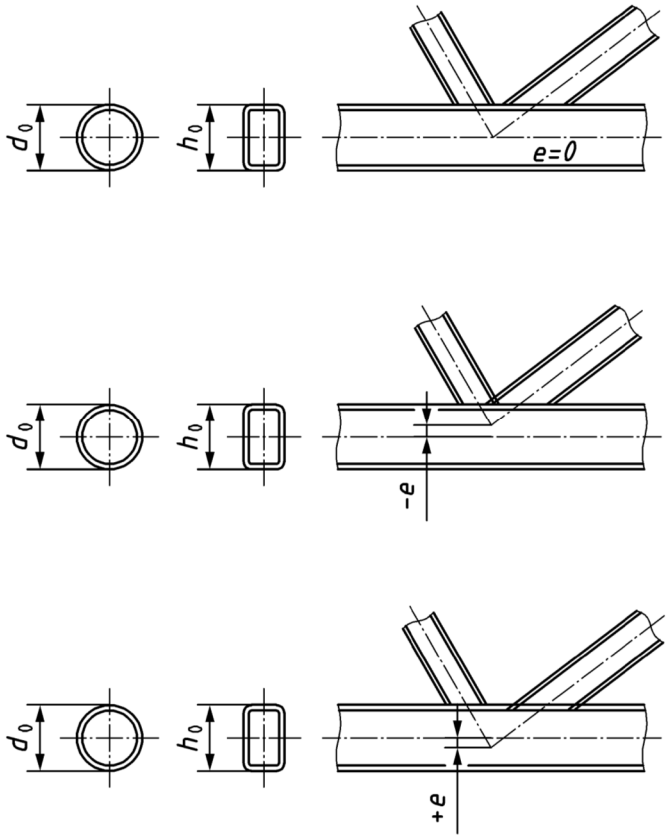


Рисунок 7.3 – Ексцентриситет у з’єднаннях елементів

Таблиця 7.3 – Згинальні моменти, які враховують під час проєктування ферми згідно з розділом 9

Компонент	**Згинальний момент, що виникає унаслідок**		
	вторинних ефектів, спричинених поворотною жорсткістю з’єднань	**поперечної навантаги на елемент**	**ексцентриситету у з’єднаннях**
Пояси	Ні, якщо дотримано 7.1.5(3)	Так	Так
Розкоси			Ні, якщо дотримано 7.1.5(3)
З’єднання		Так, лише для визначення Q_{f}, див. 7.1.5(8)	Так, лише для визначення Q_{f}, якщо дотримано 7.1.5(3), див. 7.1.5(8). В іншому разі див. 7.1.5(7)

7.2 Моделювання з’єднань балки з колоною

7.2.1 Сфера застосування

(1) У процесі моделювання конструкційної поведінки з’єднань ураховують зсувну деформацію внаслідок повороту з'єднання (з’єднань) та зсувну деформацію ділянки стінки колони, спричинену внутрішніми моментами й зусиллями в елементах.

(2) З’єднання балки з колоною можна змоделювати для виконання загального розрахунку, застосовуючи загальну методику згідно з 7.2.2 чи спрощену методику згідно з 7.2.3.

(3) Якщо впродовж загального розрахунку внутрішні зусилля та моменти розподіляються пропорційно, допустимо застосовувати методику згідно з 7.2.3, причому коефіцієнт перетворення β має сталу величину.

Примітка. Зусилля і моменти можуть бути непропорційно розподіленими, наприклад, якщо їх визначають пластичним розрахунком.

(4) Якщо умову (3) не дотримано, але напрямок згинальних моментів, що діють на стінку панелі, для всього загального розрахунку залишається незмінним, допустимо застосовувати спрощену методику з консервативним підходом, використовуючи значення коефіцієнта перетворення з таблиці 7.4.

(5) Загальну методику згідно з 7.2.2 можна використовувати у будь-якій ситуації завжди, якщо положення (3) і (4) не застосовують.

(6) Правила, викладені в 7.1, 7.2.4, 7.3 та додатку В цього стандарту, безпосередньо застосовують до спрощеної методики моделювання з’єднань балок із колонами.

7.2.2 Загальна методика

(1) Щоб змоделювати конфігурацію з’єднання у спосіб, який точно відтворюватиме очікувану поведінку, піддану зсуву ділянку

стінки (колони) та кожне з'єднання моделюють окремо, враховуючи внутрішні моменти в елементах і сили, що діють на периферії ділянки стінки, див. рисунки 7.4 та 7.5.

(2) Розрахункове зсувне зусилля ділянки стінки колони $V_{\mathrm{wp,Ed}}$, див. рисунки 7.4 та 7.5(a), визначають за формулою:

$$V_{\mathrm{wp,Ed}} = \frac{M_{\mathrm{b1,Ed}} - M_{\mathrm{b2,Ed}}}{z} - \frac{V_{\mathrm{c1,Ed}} - V_{\mathrm{c2,Ed}}}{2}, \qquad (7.5)$$

де

z – важільне плече, див. таблицю B.1.

Примітка. Сили і моменти у формулі (7.5) вважають додатними, якщо напрямки їхньої дії відповідають зазначеним на рисунку 7.4.

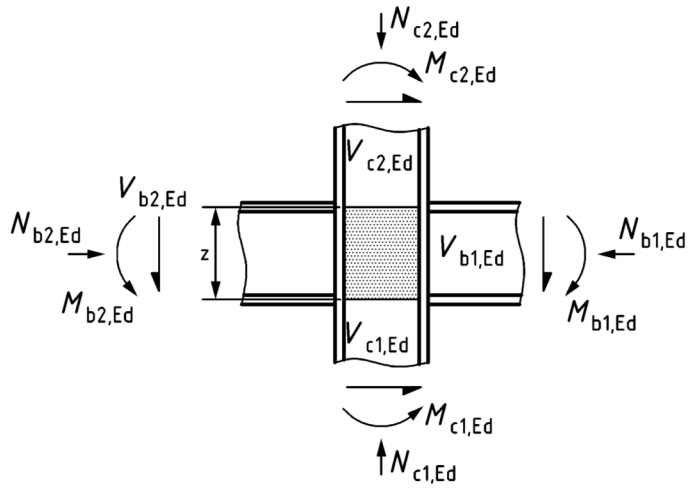
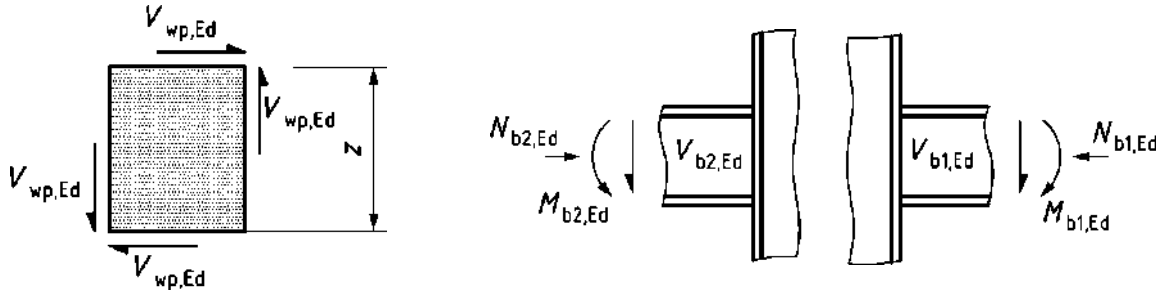


Рисунок 7.4 – Сили та моменти на периферії ділянки стінки, що діють на з'єднання елементів



a) зсувні зусилля в ділянці стінки b) з'єднання під дією сил і моментів у балках

Рисунок 7.5 – Сили та моменти, які діють на ділянку стінки та з'єднання елементів

7.2.3 Спрощена методика

(1) Як альтернативний варіант щодо 7.2.2, конфігурацію одностороннього з'єднання можна змоделювати, застосовуючи одиночне з'єднання, подане як поворотна пружина, а конфігурацію двостороннього з'єднання можна змоделювати як два окремі (але взаємодійні) з'єднання, подані як поворотні пружини, по одній з кожного боку, див. рисунок 7.6.

Примітка. Конфігурація двостороннього з'єднання балки з колоною передбачає побудову двох кривих для розрахунку залежності «момент-кут повороту»: одну для з'єднання з правого боку, а іншу – для з'єднання з лівого боку. Крива «момент-кут повороту» з кожного боку з'єднання враховує поведінку розглядуваного з'єднання, а також вплив підданої зсуву ділянки стінки колони.

(2) Визначаючи розрахунковий опір щодо моменту та поворотну жорсткість для кожного з'єднання, ураховують будь-який вплив підданої зсуву ділянки стінки за допомогою коефіцієнта перетворення β, зазначеного в (3) та (4).

Примітка. Коефіцієнт перетворення β застосовано безпосередньо у B.3.2.2 та A.4.2. Його застосовують також згідно з A.5.1 та A.6.1 спільно з таблицею A.1 для отримання понижувального коефіцієнта ω для врахування зсуву.

(3) Наближені значення β, що ґрунтуються на значеннях (згинальних) моментів у балці, $M_{\mathrm{b1,Ed}}$ та $M_{\mathrm{b2,Ed}}$, які діють на периферії ділянки стінки, див. рисунок 7.4, можна взяти з таблиці 7.4.

(4) Як альтернативний варіант щодо (3), точніші значення β, що відповідають значенням моментів у балці $M_{\mathrm{j,b1,Ed}}$ та $M_{\mathrm{j,b2,Ed}}$, які діють на перетині осьових ліній елемента, можна визначити, застосовуючи показану на рисунку 7.7 спрощену модель у такий спосіб:

$$\beta = \begin{cases} 1 - \dfrac{M_{\mathrm{j,b1,Ed}}}{M_{\mathrm{j,b2,Ed}}} & \text{if} \quad \left|M_{\mathrm{j,b1,Ed}}\right| \le \left|M_{\mathrm{j,b2,Ed}}\right| \\ 1 - \dfrac{M_{\mathrm{j,b2,Ed}}}{M_{\mathrm{j,b1,Ed}}} & \text{if} \quad \left|M_{\mathrm{j,b1,Ed}}\right| > \left|M_{\mathrm{j,b2,Ed}}\right| \end{cases}, \qquad (7.6)$$

де

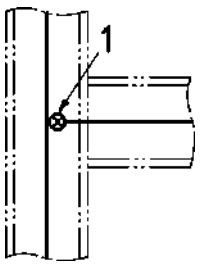
β – коефіцієнт перетворення;

$M_{\mathrm{j,b1,Ed}}$ – момент у точці перетину осей елементів з боку правої балки;

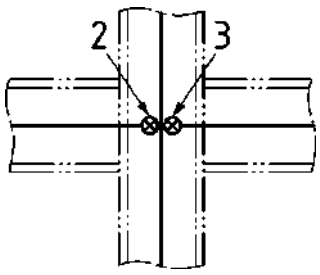
$M_{\mathrm{j,b2,Ed}}$ – момент у точці перетину осей елементів з боку лівої балки.

Примітка. Моменти у формулі (7.6) вважають додатними, якщо напрямки їхньої дії відповідають зазначеним на рисунку 7.7.

(5) Для визначення розрахункового опору моменту в конфігурації непідкріпленого двостороннього з’єднання балки з колоною, у разі балок із не однаковими за висотою стінками, враховують фактичний розподіл зсувних напружень по ділянці стінки колони.



a) Конфігурація одностороннього з’єднання



b) Конфігурація двостороннього з’єднання

Умовні познаки:

1 – з’єднання, подане у вигляді поворотної пружини;

2 – з’єднання, подане у вигляді поворотної пружини 2: лівий бік;

3 – з’єднання, подане у вигляді поворотної пружини 3: правий бік

Рисунок 7.6 – Спрощений метод моделювання з’єднань балки з колоною

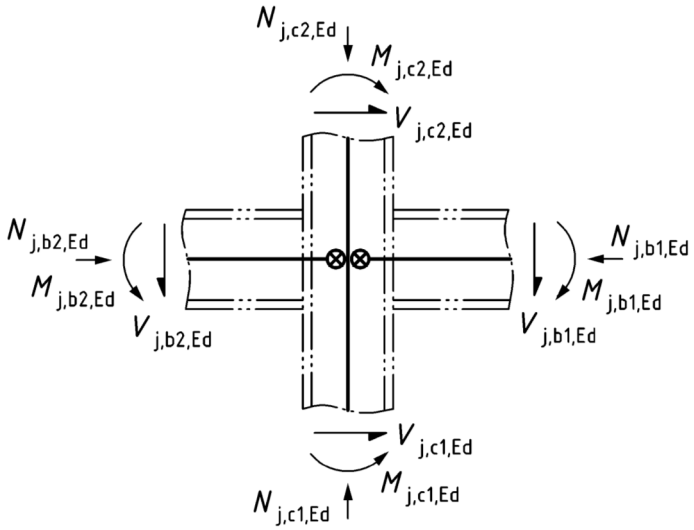
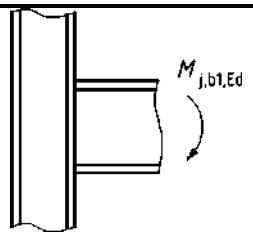
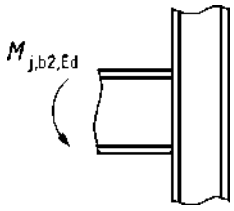
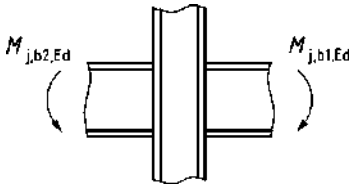
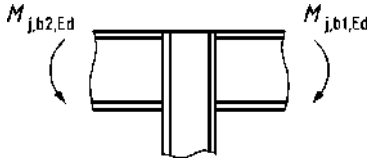


Рисунок 7.7 – Сили і моменти, що діють на з'єднання у місці перетину осьових ліній елементів

Таблиця 7.4 – Наближені значення коефіцієнта перетворення β

Конфігурація з'єднання		**Дія**	**Значення β**
		$M_{\mathrm{j,b1,Ed}}$ $(M_{\mathrm{j,b2,Ed}} = 0)$ або $M_{\mathrm{j,b2,Ed}}$ $(M_{\mathrm{j,b1,Ed}} = 0)$	$\beta = 1$[a]
		$M_{\mathrm{j,b1,Ed}} = M_{\mathrm{j,b2,Ed}}$	$\beta = 0$[a]
		$M_{\mathrm{j,b1,Ed}} / M_{\mathrm{j,b2,Ed}} > 0$	$\beta \approx 1$
		$M_{\mathrm{j,b1,Ed}} / M_{\mathrm{j,b2,Ed}} < 0$	$\beta \approx 2$
		$M_{\mathrm{j,b1,Ed}} + M_{\mathrm{j,b2,Ed}} = 0$	$\beta = 2$[a]
[a] У цій ситуації значення β є точним, а не наближеним.			
Примітка. Моменти в третьому стовпці вважають додатними, якщо їхні напрямки дії такі самі, як показано в перших двох рядках.			

7.2.4 Крива розрахунку залежності «момент – кут повороту»

(1) Якщо використовують спрощену методику згідно з 7.2.3, з'єднання можна подати у вигляді поворотних пружин, у яких центральні осі з'єднаних елементів перетинаються у точці, як показано

на рисунку 7.8(a) та (b) щодо конфігурації одностороннього з’єднання балки з колоною.

(2) Конструкційні властивості пружини подають у вигляді кривої «момент – кут повороту», якою описують залежність між прикладеним до з’єднання згинальним моментом M_{j} та відповідним кутом повороту ϕ, утвореним між з’єднаними елементами, див. рисунок 7.8(c).

(3) Криву залежності розрахункового моменту від кута повороту, див. рисунок 7.8(c), застосовують для визначення поданих нижче трьох основних конструкційних властивостей:

– розрахункового опору щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$, див. 7.2.5;

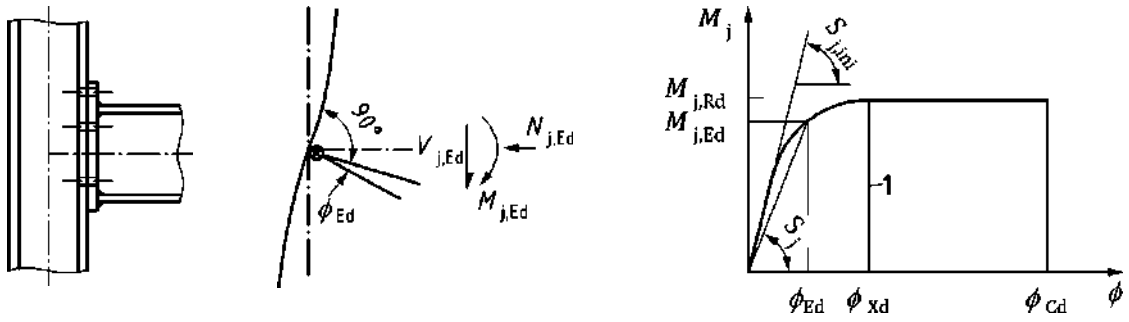
– поворотної жорсткості S_{j}, див. 7.2.6;

– розрахункової поворотної здатності ϕ_{Cd}, див. 7.2.7.

(4) Якщо ефекти, спричинені проковзуванням, неточним припасуванням болтів та/або взаємодією фундаменту й ґрунту (для основ колон), призводять до суттєвого початкового повороту з’єднання, їх ураховують у кривій «момент – кут повороту».

(5) Розрахункову криву «момент – кут повороту» для з’єднань балки з колоною будують, ґрунтуючись на припущеннях, прийнятих для загального розрахунку конструкції, а також для розрахунку елементів, див. EN 1993-1-1.

(6) Розрахункову криву «момент – кут повороту», побудовану згідно з (3) для основ колон і з’єднань елементів із двотаврового профілю нормального чи широкополичного, можна вважати такою, що задовольняє умови 7.1.1(7) щодо моделювання у процесі загального розрахунку.



a) З'єднання елементів | b) Модель | c) Розрахункова крива «момент – кут повороту»

Умовна познака:

1 – межі, визначені для Sj

Примітка. На значення S_{j} впливає будь-яке $N_{\mathrm{j,Ed}}$, але не $V_{\mathrm{j,Ed}}$.

Рисунок 7.8 – Розрахункова крива «момент-кут повороту» для з'єднання

7.2.5 Опір щодо моменту

(1) Як розрахунковий опір з'єднання щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ приймають максимальний момент за розрахунковою кривою «момент – кут повороту», див. рис. 7.8(c).

(2) Розрахунковий опір з'єднання щодо моменту можна визначити, застосовуючи розподіл внутрішніх зусиль у цьому з'єднанні та відповідні значення розрахункового опору силам, прикладеним до його базових компонентів, див. таблицю 8.1.

7.2.6 Поворотна жорсткість

(1) Початкова поворотна жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$ обумовлює нахил пружної частини розрахункової кривої «момент – кут повороту», див. рисунок 7.8(c).

(2) Січну поворотну жорсткість S_{j} обчислюють за формулою (7.7), щоб охарактеризувати частину розрахункової кривої «момент – кут повороту» поза її пружною частиною:

$$S_{\mathrm{j}} = \frac{S_{\mathrm{j,ini}}}{\mu}, \qquad (7.7)$$

де

μ – коефіцієнт жорсткості, див. (4).

(3) Визначення січної поворотної жорсткості згідно з (2) застосовують до з'єднань, у яких кути повороту становлять менше ϕ_{Xd}, що є кутом повороту з'єднання, за якого $M_{\mathrm{j,Ed}}$ вперше досягає $M_{\mathrm{j,Rd}}$, див. рисунок 7.8(c).

(4) Коефіцієнт жорсткості μ визначають за дотримання таких умов:

– якщо $M_{\mathrm{j,Ed}} \leq 2/3\ M_{\mathrm{j,Rd}}$:

$$\mu = 1 \tag{7.8}$$

– якщо $2/3\ M_{\mathrm{j,Rd}} < M_{\mathrm{j,Ed}} \leq M_{\mathrm{j,Rd}}$:

$$\mu = \left(\frac{1{,}5 M_{\mathrm{j,Ed}}}{M_{\mathrm{j,Rd}}}\right)^{\psi}, \tag{7.9}$$

де коефіцієнт форми, застосовний до нелінійної частини кривої «момент – кут повороту», ψ, приймають із таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Значення коефіцієнта форми ψ

Тип з'єднання	ψ
Зварне з'єднання	2,7
Болтове з'єднання з торцевими пластинами	2,7
Болтове з'єднання з підсилювальними кутиковими накладками	3,1
З'єднання опорного листа з анкерними болтами	2,7

7.2.7 Поворотна здатність

(1) Як розрахункову поворотну здатність ϕ_{Cd} приймають максимальне значення кута повороту за розрахунковою кривою «момент – кут повороту», див. рисунок 7.8(c).

7.3 Класифікація з’єднань елементів

7.3.1 Загальні положення

(1) З’єднання класифікують відповідно до (і) поворотної жорсткості, див. 7.3.2, та (іі) опору щодо моменту залежно від з’єднаних елементів, див. 7.3.3. Тип моделі з’єднання для загального розрахунку (див. 7.1) та класифікацію з’єднань за їхньою поворотною жорсткістю та опором згинальному моменту відповідно узгоджують.

Примітка. Додаткову інформацію щодо класифікації з’єднань за їхньою жорсткістю та опором може бути зазначено в Національному додатку.

7.3.2 Класифікація за поворотною жорсткістю

7.3.2.1 Загальні положення

(1) З’єднання класифікують як номінально шарнірні, жорсткі чи напівжорсткі залежно від їхньої поворотної жорсткості, порівнюючи початкову поворотну жорсткість $S_{j,ini}$ (див. 7.2.6(1)) із граничними значеннями класифікаційних зон, установлених у 7.3.2.5.

Примітка 1. Правила щодо визначення $S_{j,ini}$ для з’єднань двотаврових профілів нормальних чи широкополичних, подано у B.4, а для з’єднань основ колон із застосуванням анкерних болтів – у D.3.2.

Примітка 2. Правила щодо визначення $S_{j,ini}$ для з’єднань порожнистих профілів, у цьому стандарті не встановлено.

(2) З’єднання можна класифікувати, застосовуючи результати експериментальних досліджень, дані позитивного досвіду експлуатації раніше зведених подібних конструкцій чи розрахунків, заснованих на результатах випробування.

7.3.2.2 Номінально шарнірні з’єднання

(1) Номінально шарнірні з’єднання проєктують так, щоб вони мали достатню поворотну здатність сприймати комбінації дій в умовах граничного стану за несною здатністю.

7.3.2.3 Жорсткі з’єднання

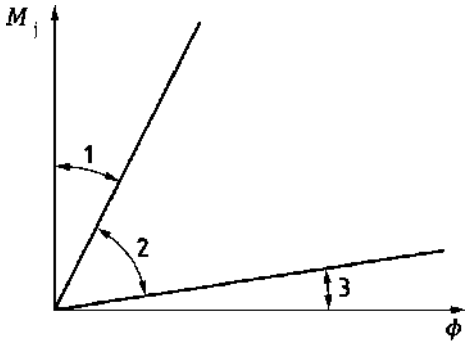
(1) Якщо з’єднання класифіковано як жорстке, його крутильну жорсткість вважають достатньою для загального розрахунку з припущенням повної нерозривності.

7.3.2.4 Напівжорсткі з’єднання

(1) Примикання, які не відповідають критеріям, установленим для жорстких чи номінально шарнірних примикань, класифікують як напівжорсткі.

7.3.2.5 Граничні значення класифікаційних зон

(1) Граничні значення класифікаційних зон для з’єднань, крім основ колон, приймають згідно з рисунком 7.9.



Зона 1: жорстке з’єднання, якщо $S_{j,ini} \geq k_{br} EI_b / L_b$, де:

– k_{br} = 8 для каркасів, у яких система в’язей зменшує зміщення у горизонтальному напрямку щонайменше на 80 %;

– k_{br} = 25 для інших каркасів за умови, що на кожному поверсі $K_b/K_c \geq 0{,}1$[a] .

[a] У рамах, у яких $K_b/K_c < 0{,}1$, з’єднання класифікують як напівжорсткі.

Зона 2: напівжорстке з’єднання.

Усі з’єднання в зоні 2 класифікують як напівжорсткі. З’єднання в зонах 1 чи 3 також, як варіант, можна розглядати як напівжорсткі.

Зона 3: номінально шарнірне з’єднання, див. у додатку С.2(3) та С.2(5).

Рисунок 7.9 – Класифікація за поворотною жорсткістю з’єднань, крім опор колон,

Умовні познаки:

K_{b} – середнє значення $I_{\mathrm{b}}/L_{\mathrm{b}}$ для всіх балок у верхній частині розглядуваного поверху;

K_{c} – середнє значення $I_{\mathrm{c}}/L_{\mathrm{c}}$ для всіх колон розглядуваного поверху;

I_{b} – момент інерції балки;

I_{c} – момент інерції колони;

L_{b} – прогін балки (відстань між центрами колон);

L_{c} – висота колони в межах поверху

Рисунок 7.9 – аркуш 2

(2) Основи колон можна класифікувати як жорсткі за дотримання таких умов:

– у каркасах, у яких система в'язей зменшує переміщення у горизонтальному напрямку щонайменше на 80 % та в яких ефектами деформації можна знехтувати:

якщо $\bar{\lambda}_0 \leq 0{,}5$; (7.10)

якщо $0{,}5 < \bar{\lambda}_0 < 3{,}93$ та $S_{\mathrm{j,ini}} \geq 7\left(2\,\bar{\lambda}_0 - 1\right) EI_{\mathrm{c}}/L_{\mathrm{c}}$; (7.11)

якщо $\bar{\lambda}_0 \geq 3{,}93$ та $S_{\mathrm{j,ini}} \geq 48\,EI_{\mathrm{c}}/L_{\mathrm{c}}$; (7.12)

– в іншому разі:

якщо $S_{\mathrm{j,ini}} \geq 30\,EI_{\mathrm{c}}/L_{\mathrm{c}}$, (7.13)

де

$\bar{\lambda}_0$ – гнучкість колони, у якої обидва кінці розглядають як шарнірно закріплені;

I_{c}, L_{c} – як зазначено в умовних познаках до рисунка 7.9.

7.3.3 Класифікація за опором щодо моменту

7.3.3.1 Загальні положення

(1) З'єднання класифікують як рівноміцні (жорсткі), номінально шарнірні чи нерівноміцні (напівжорсткі), порівнюючи їхній

розрахунковий опір щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ із розрахунковим опором щодо моменту з'єднаних елементів.

(2) Класифікуючи з'єднання, визначають розрахунковий опір, обчислений на прилеглій до з'єднання ділянці елемента.

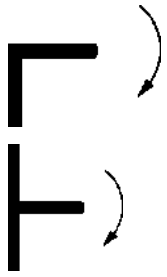
7.3.3.2 Номінально шарнірні з'єднання

(1) Номінально шарнірні з'єднання проєктують так, щоб вони були придатні передавати внутрішні зусилля, не спричиняючи суттєвих моментів, які можуть негативно впливати на елементи чи конструкцію загалом.

(2) З'єднання класифікують як номінально шарнірні, якщо їхній розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ перевищує розрахунковий опір моменту, потрібний для рівноміцних з'єднань, щонайбільше у 0,25 разу за умови, що забезпечено достатню поворотну здатність цих з'єднань.

7.3.3.3 Рівноміцні з'єднання

(1) З'єднання класифікують як рівноміцні, якщо вони мають розрахунковий опір не менший, ніж у з'єднаних елементів, див. рисунок 7.10.



a) Верх колони $M_{\mathrm{j,Rd}}$ або $M_{\mathrm{j,Rd}} \geq M_{\mathrm{b,pl,Rd}}$, або $M_{\mathrm{j,Rd}} \geq M_{\mathrm{c,pl,Rd}}$;

b) За висотою колони $M_{\mathrm{j,Rd}}$ або $M_{\mathrm{j,Rd}} \geq M_{\mathrm{b,pl,Rd}}$, або $M_{\mathrm{j,Rd}} \geq 2\, M_{\mathrm{c,pl,Rd}}$;

Умовні познаки:

$M_{\mathrm{b,pl,Rd}}$ – розрахунковий опір пластичному моменту балки з урахуванням осьової сили, якщо застосовно;

$M_{\mathrm{c,pl,Rd}}$ – розрахунковий опір пластичному моменту колони з урахуванням осьової сили

Рисунок 7.10 – Рівноміцні з'єднання

7.3.3.4 Нерівноміцні з’єднання

(1) З’єднання, що не відповідають критерію, установленому для рівноміцних чи номінально шарнірних з’єднань, класифікують як нерівноміцні.

8 КОНСТРУКЦІЙНІ З’ЄДНАННЯ ДВОТАВРОВИХ ПРОФІЛІВ НОРМАЛЬНИХ ЧИ ШИРОКОПОЛИЧНИХ

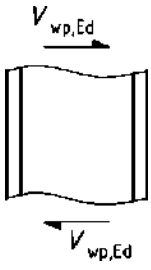
8.1 Загальні положення

(1) Методи розрахунку, викладені в розділі 8, застосовують для визначення конструкційних властивостей з’єднань двотаврових профілів нормальних чи широкополичних. Застосовуючи ці методи, з’єднання моделюють із безпосередньо сполучених один з одним базових компонентів.

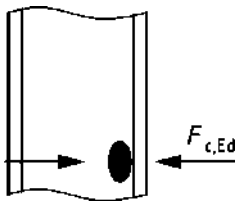
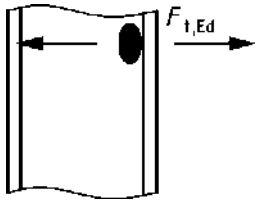
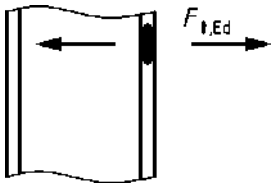
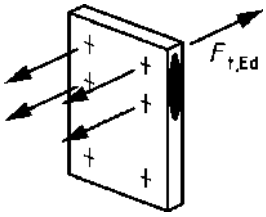
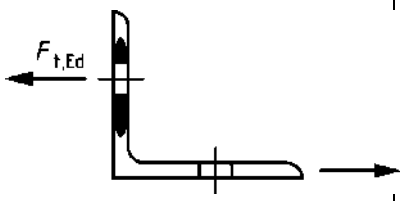
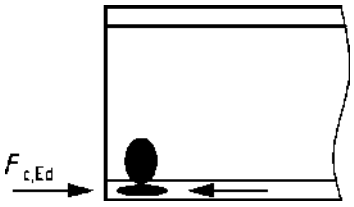
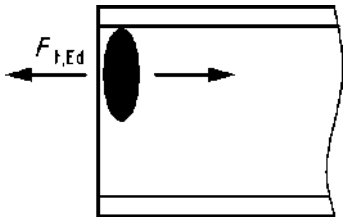
(2) Використовують базові компоненти, визначені в таблиці 8.1. Їхні властивості визначають згідно з додатком А. Допустимо використовувати інші базові компоненти за умови, що їхні властивості ґрунтуються на результатах випробувань чи розрахунків, виконаних аналітичними й числовими методами, які підтверджено випробуваннями, див. EN 1990.

Примітка. Див. також примітки 2 та 3 у 4.3.1(2).

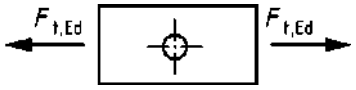
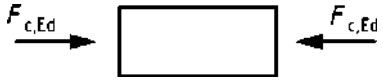
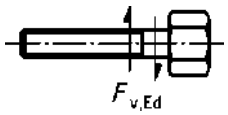
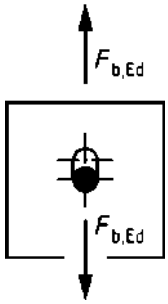
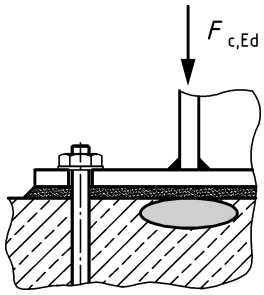
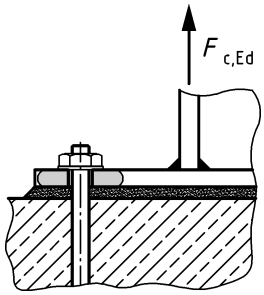
Таблиця 8.1 – Базові компоненти з’єднання

Компонент	Познака	Графічне зображення	Посилання на застосовні правила
Ділянка стінки колони, піддана зсуву	wp		A.4

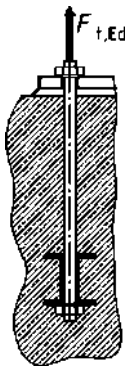
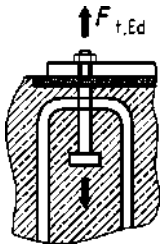
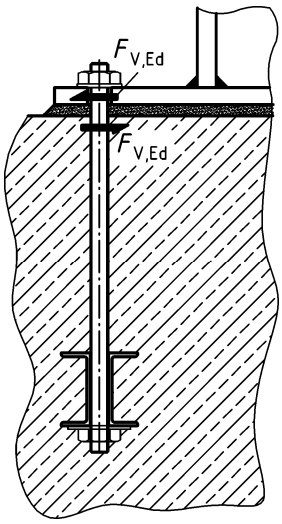
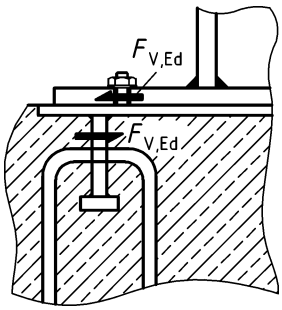
Продовження таблиці 8.1

Компонент	**Позначка**	**Графічне зображення**	**Посилання на застосовні правила**
Стінка колони, піддана поперечному стиску	c,wc		A.5
Стінка колони, піддана поперечному розтягу	t,wc		A.6
Полиця колони, піддана згину	t,fc		A.7
Торцева пластина, піддана згину	t,ep		A.8
Підсилювальна кутикова накладка, піддана згину	t,cl		A.9
Полиця та стінка балки чи колони, піддана стиску	c,fw		A.10
Стінка балки чи колони, піддана розтягу	t,wb		A.11

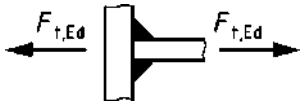
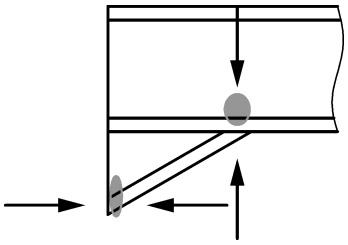
Продовження таблиці 8.1

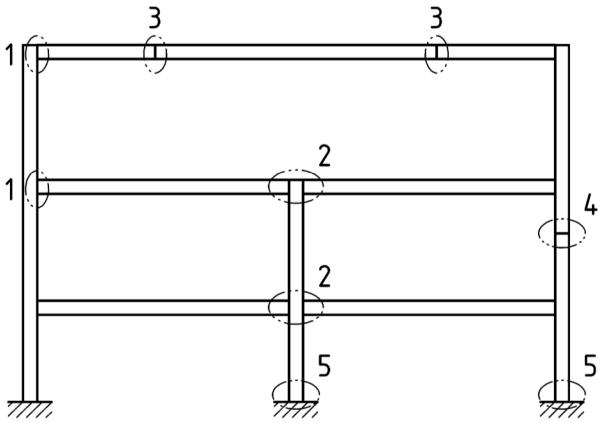
Компонент	Познака	Графічне зображення	Посилання на застосовні правила
Пластина, піддана розтягу	t,p		A.12
Пластина, піддана стиску	c,p		A.12
Болти, піддані розтягу	t		A.13
Болти, піддані зрізу	v		A.14
Зона болтових отворів, піддана зминанню	b		A.15
Бетон і опорна плита, піддані стиску	c,bp		A.16
Опорна плита, піддана згину з розтягом	t,bp		A.17

Продовження таблиці 8.1

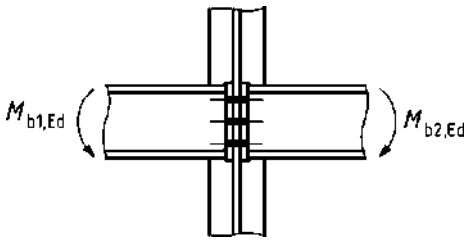
Компонент	**Позначка**	**Графічне зображення**	**Посилання на застосовні правила**
Анкерні болти, піддані розтягу	tb		A.18
Засоби кріплення сталевого елемента з бетоном, піддані розтягу[a]	ta		A.19
Анкерні болти, піддані зрізу	vb		A.20
Засоби кріплення сталевого елемента з бетоном, піддані зрізу[a]	va		A.21

Продовження таблиці 8.1

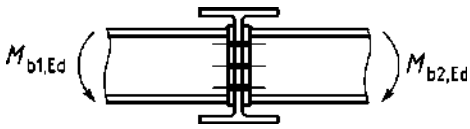
Компонент	Познака	Графічне зображення	Посилання на застосовні правила
Зварні шви	w		A.22
Підсилена вутом балка, піддана стиску	hb		A.23
[a] Це група різних компонентів, що працюють у взаємодії, див. EN 1992-4.			



а) Конфігурація з’єднання за головною віссю



Конфігурація двостороннього з’єднання балки з колоною



Конфігурація двостороннього з’єднання балок

b) Конфігурація з’єднання за малою віссю (застосовна лише у разі рівнодійних моментів $M_{b1,Ed} = M_{b2,Ed}$)

Рисунок 8.1 – Конструкційні з’єднання елементів із двотаврових профілів нормальних чи широкополичних

Умовні познаки:

1 – конфігурація одностороннього з’єднання балки з колоною;

2 – конфігурація двостороннього з’єднання балки з колоною;

3 – стикове з’єднання стінок балки;

4 – стикове з’єднання стінок колони;

5 – основа колони

Рисунок 8.1 – аркуш 2

(3) Методи розрахунку базових компонентів з’єднань згідно з цим стандартом застосовують у загальних ситуаціях, їх можна застосувати також до подібних компонентів у конфігураціях з’єднань іншого типу. Конкретні методи розрахунку для визначення розрахункового опору з’єднання щодо моменту, поворотної жорсткості та поворотної здатності засновують на припущенні щодо розподілу внутрішніх зусиль у конфігураціях з’єднань згідно з рисунком 8.1. У разі інших конфігурацій методи розрахунку обґрунтовують відповідними для визначення властивостей припущеннями щодо розподілу внутрішніх зусиль.

(4) У разі сталі марок вище S460:

a) з’єднання проєктують як рівноміцні, застосовуючи пластичний загальний розрахунок (див. 7.1.3 та 7.1.4);

b) нерівноміцні з’єднання можна запроєктувати, застосовуючи пружний загальний розрахунок.

(5) У разі сталі марок вище S460 опір з’єднання визначають, ґрунтуючись на пружному розподілі внутрішніх зусиль у з’єднанні.

8.2 Конструкційні властивості

(1) Конструкційні властивості з’єднання обґрунтовують властивостями застосовних компонентів, які обирають із таблиці 8.1.

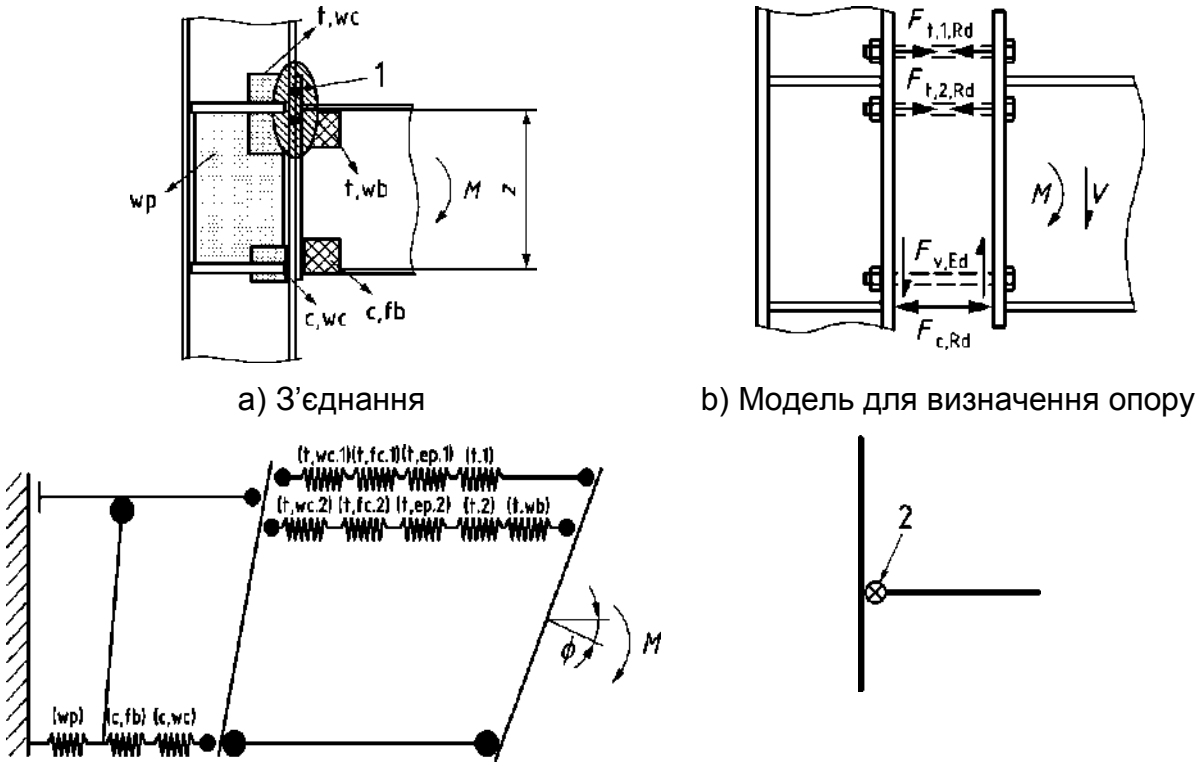
(2) Співвідношення властивостей визначених згідно з додатком A базових компонентів з’єднання із конструкційними властивостями з’єднання встановлюють за дотримання положень:

– додатка B щодо призначених для сприймання моменту конфігурацій з’єднань балки з колоною, стикових з’єднань балок із колонами;

– додатка C стосовно номінально шарнірних з’єднань;

– додатка D стосовно основ колон.

Примітка. На рисунку 8.2 показано базові компоненти з’єднання балки з колоною із застосуванням подовженої торцевої пластини за дії лише від’ємного згинального моменту, двох рядів підданих розтягу болтів, поперечних елементів жорсткості стінки колони, а також спеціальну модель механічної поведінки, застосовану в цій ситуації для спрощеного моделювання з’єднання як поворотної пружини, представленої розрахунковою кривою «момент - кут повороту».



a) З’єднання

b) Модель для визначення опору

c) Модель механічної поведінки

d) Спрощена модель із поворотною пружиною, побудована згідно з c) (див. також рисунок 7.8)

Рисунок 8.2 – Приклад базових компонентів, моделі визначення опору, механічної поведінки та спрощеної моделі конфігурації одностороннього з’єднання балки з колоною із застосуванням торцевої пластини, приєднаної двома рядами підданих розтягу болтів

Умовні познаки:

1 – ідеалізоване подання еквівалентного Т-подібного елемента для компонентів із познаками t,ep та t,fc, див. таблицю 8.1

2 – поворотна пружина із жорсткістю S_j

Рисунок 8.2 – аркуш 2

8.3 Еквівалентний Т-подібний елемент, підданий розтягу

8.3.1 Застосування

(1) Еквівалентний Т-подібний елемент, підданий розтягу, можна застосовувати у моделюванні для визначення розрахункового опору й коефіцієнта жорсткості таких базових компонентів болтових з'єднань:

– полиці колони, підданої згину;

– торцевої пластини, підданої згину;

– підсилювальної кутикової накладки, підданої згину;

– опорної плити, підданої згину з розтягом.

Примітка. У додатку А подано методи моделювання цих базових компонентів як еквівалентних Т-подібних елементів, підданих розтягу, а також застосовні значення для $e_{\min}$, l_{eff} та m.

8.3.2 Тип відмови

(1) Можливі типи відмови полиці еквівалентного Т-подібного елемента можна вважати аналогічними тим, що за припущенням виникатимуть у базовому компоненті, поведінку якого імітує Т-подібний елемент.

8.3.3 Загальна ефективна довжина

(1) Загальну ефективну довжину $\sum l_{\text{eff}}$ еквівалентного Т-подібного елемента, див. рисунок 8.3, задають таку, щоб розрахунковий опір його полиці був еквівалентним опору базового компонента з'єднання, поведінку якого імітує Т-подібний елемент.

Примітка. Ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента є умовною (теоретичною) довжиною і не обов'язково відповідатиме фізичній довжині базового компонента з'єднання, поведінку якого імітує цей елемент.

8.3.4 Розрахунковий опір розтягу

(1) Розрахунковий опір розтягу еквівалентного Т-подібного елемента визначають із таблиці 8.2.

Примітка 1. Визначення розрахункового опору розтягу згідно з таблицею 8.2 передбачає урахування в неявному вигляді ефектів важільної сили відриву.

Примітка 2. Згідно з методом 1 припускають, що сила, прикладена болтом до еквівалентного Т-подібного елемента, зосереджено діятиме по центральній осі болта. Згідно з методом 2 припускають, що сила, прикладена болтом до еквівалентного Т-подібного елемента, рівномірно розподілятиметься під шайбою, головкою болта чи гайкою, якщо застосовно, див. рисунок 8.4. Відтак припускають збільшення значення у разі відмови типу 1, однак не передбачають змінення значення $F_{\mathrm{FT,1-2,Rd}}$ у разі відмови типу 2 та 3, див. таблицю 8.2.

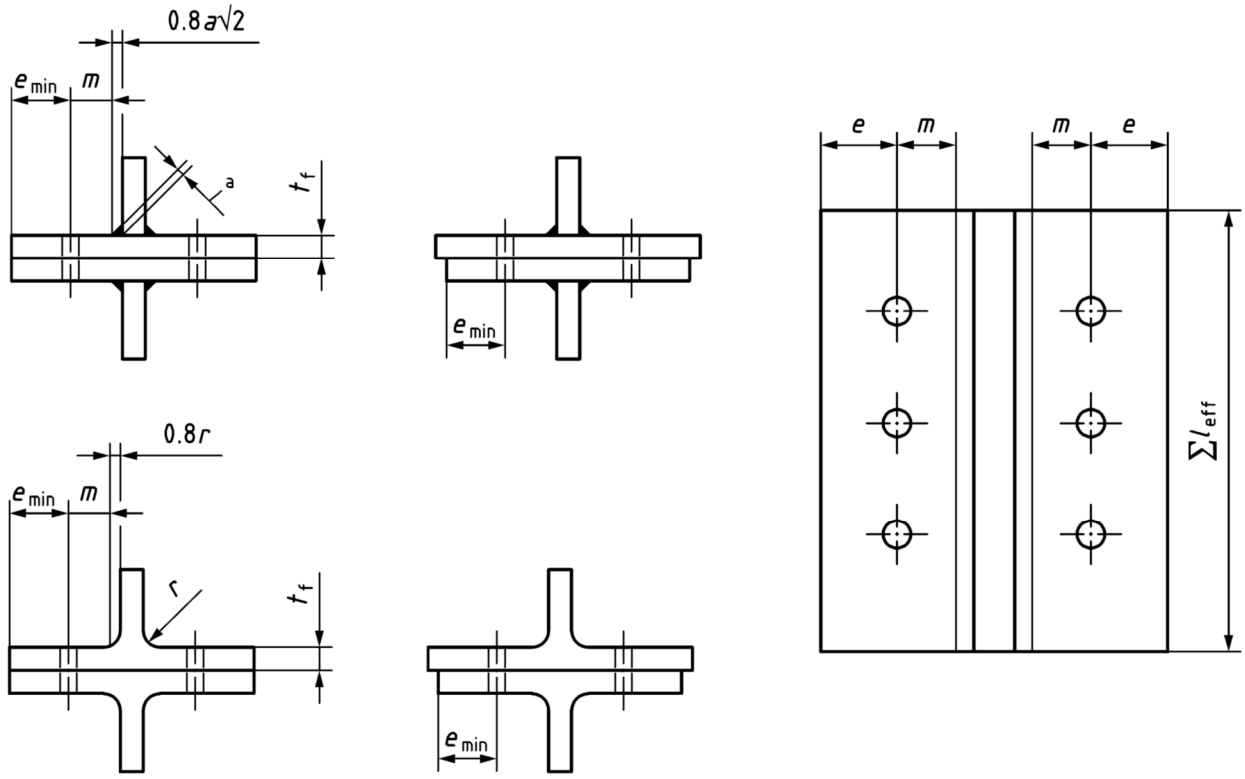


Рисунок 8.3 – Розміри еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу

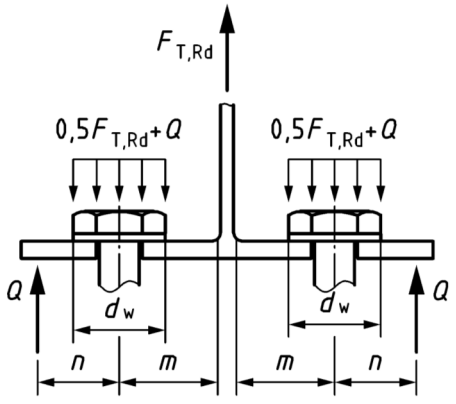
(2) Якщо можна припустити виникнення важільної сили відриву, див. таблицю 8.2, розрахунковий опір підданого розтягу еквівалентного Т-подібного елемента $F_{\mathrm{T,Rd}}$ приймають як найменше зі значень, передбачених для трьох можливих типів відмови 1, 2 та 3.

(3) Якщо виникнення важільних сил відриву не припускають, то розрахунковий опір підданого розтягу еквівалентного Т-подібного елемента $F_{\mathrm{T,Rd}}$ приймають як найменше зі значень, передбачених для двох можливих типів відмови 1–2 та 3 згідно з таблицею 8.2.

(4) Щодо болтового з'єднання балки з колоною чи балкового стикового з'єднання (нарощення) приймають припущення щодо виникнення важільних сил відриву.

(5) Правила щодо визначення опору еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу, можна застосовувати як до болтів, установлюваних без попереднього натягу, так і для болтів із попереднім натягом, незалежно від величини зусилля попереднього натягу.

Примітка. Правила щодо визначення жорсткості еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу, застосовують залежно від наявності попереднього натягу болтів. Коефіцієнти жорсткості компонентів, застосовуваних із болтами без попереднього натягу та з попереднім натягом згідно з 5.1.2(1), подано в додатку А.



Умовна познака:

Q – важільна сила відриву

Рисунок 8.4 – Умовне подання припущення згідно з методом 2

Таблиця 8.2 – Розрахунковий опір $F_{\mathrm{T,Rd}}$ еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу

	Можливе виникнення важільних сил відриву, тобто $L_{\mathrm{b}} \le L_{\mathrm{b}}^{*}$		**Важільні сили відриву не виникають**
Тип 1	Метод 1	Метод 2 (альтернативний метод)	$F_{\mathrm{T},1-2,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}}}{m}$
Без підкладних пластин	$F_{\mathrm{T},1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{4M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}}}{m}$	$F_{\mathrm{T},1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{(8n - 2e_{\mathrm{w}})\,M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}}}{2mn - e_{\mathrm{w}}(m+n)}$	
Із підкладними пластинами	$F_{\mathrm{T},1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{4M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}} + 2M_{\mathrm{bp,Rd}}}{m}$	$F_{\mathrm{T},1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{(8n - 2e_{\mathrm{w}})M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}} + 4nM_{\mathrm{bp,Rd}}}{2mn - e_{\mathrm{w}}(m+n)}$	
Тип 2	$F_{\mathrm{T},2,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2M_{\mathrm{pl},2,\mathrm{Rd}} + n\Sigma F_{\mathrm{t,Rd}}}{m+n}$		
Тип 3	$F_{\mathrm{T},3,\mathrm{Rd}} = \Sigma F_{\mathrm{t,Rd}}$		

Тип 1: розвиток пластичних деформацій у всій полиці.

Тип 2: відмова болта і виникнення пластичних деформацій у полиці.

Тип 3: відмова болта.

L_{b} – довжина видовження болта, що дорівнює його затискній довжині (загальній товщині стиснутого пакета листових деталей і шайб), плюс половина суми висоти головки болта та висоти гайки, або довжина видовження анкерного болта, що дорівнює сумі восьми номінальних діаметрів болта, товщини шару будівельного розчину, товщини пластини, шайби та половини висоти гайки.

$L_{\mathrm{b}}^{*} = \dfrac{8{,}8\,m^3 A_{\mathrm{s}} n_{\mathrm{b}}}{\Sigma l_{\mathrm{eff},1}\,{t_{\mathrm{f}}}^3}$;

A_{s} – площа напруження за розтягу болта;

$F_{\mathrm{T},i,\mathrm{Rd}}$ – розрахунковий опір еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу, у разі відмови *i*–го типу ($i = 1{,}2{,}3$, або 1-2);

$M_{\mathrm{pl},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}25\,\Sigma l_{\mathrm{eff},1}\,{t_{\mathrm{f}}}^2 f_{\mathrm{y}}/\gamma_{\mathrm{M0}}$;

$M_{\mathrm{pl},2,\mathrm{Rd}} = 0{,}25\,\Sigma l_{\mathrm{eff},2}\,{t_{\mathrm{f}}}^2 f_{\mathrm{y}}/\gamma_{\mathrm{M0}}$;

$M_{\mathrm{bp,Rd}} = 0{,}25\,\Sigma l_{\mathrm{eff},1}\,{t_{\mathrm{bp}}}^2 f_{\mathrm{y,bp}}/\gamma_{\mathrm{M0}}$;

$N = \min(e_{\min};\, 1{,}25\,m)$

n_{b} – кількість рядів болтів (по 2 болти в кожному ряду);

$F_{\mathrm{t,Rd}}$ – розрахунковий опір розтягу болта, див. таблицю 5.9, або анкерного болта, див. А.18.1

Кінець таблиці 8.2

	Можливе виникнення важільних сил відриву, тобто $L_b \leq L_b^*$	**Важільні сили відриву не виникають**
$\sum F_{t,Rd}$ – сумарне значення $F_{t,Rd}$ для всіх болтів у еквівалентному Т-подібному елементі, підданому розтягу; $\sum l_{eff,1} = \min(\sum l_{eff,cp}; \sum l_{eff,nc})$ – значення $\sum l_{eff}$ у разі відмови типу 1; $\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$ – значення $\sum l_{eff}$ у разі відмови типу 2; $\sum l_{eff,cp}$ та $\sum l_{eff,nc}$ – зазначені в додатку А; e_{min}, m та t_f – показані на рисунку 8.3; $f_{y,bp}$ – границя текучості підкладних пластин; t_{bp} – товщина підкладних пластин; $e_w = d_w/4$; d_w – діаметр шайби, або розмір «під ключ» головки болта чи гайки, якщо застосовно		

8.3.5 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості компонентів, змодельованих як підданий розтягу еквівалентний Т-подібний елемент, приймають згідно з додатком А.

8.3.6 Окремі ряди болтів, групи болтів та групи рядів болтів

(1) Застосовуючи методику моделювання підданого розтягу еквівалентного Т-подібного елемента до групи рядів болтів, цю групу можна розділити на окремі ряди болтів, а для моделювання кожного окремого ряду болтів можна застосувати моделі еквівалентного Т-подібного елемента.

(2) Застосовуючи методику моделювання підданого розтягу еквівалентного Т-подібного елемента, стосовно групи рядів болтів дотримують таких умов:

– сила, прикладена до кожного ряду болтів, не перевищуватиме розрахункового опору, визначеного з урахуванням лише цього окремого ряду болтів;

– сумарна сила, що діє у кожній групі рядів болтів, яка охоплює два чи більше прилеглих рядів болтів у межах однієї групи болтів, не перевищуватиме розрахункового опору цієї групи рядів болтів.

(3) Під час визначення розрахункового опору базового компонента, поведінку якого імітує еквівалентний Т-подібний елемент, підданий розтягу, виконують розрахунки за такими параметрами:

– розрахунковий опір окремого ряду болтів, визначений з урахуванням лише цього ряду болтів;

– внесок кожного ряду болтів у розрахунковий опір двох чи більше прилеглих рядів болтів у групі болтів, визначений з урахуванням лише цих рядів болтів.

(4) Щодо окремого ряду болтів приймають значення $\sum l_{\text{eff}}$, що дорівнює ефективній довжині l_{eff}, зазначеній у додатку А для цього ряду болтів, розглядуваного як окремий ряд болтів.

(5) Щодо групи рядів болтів значення $\sum l_{\text{eff}}$ приймають як суму значень ефективної довжини l_{eff}, зазначеної в додатку А для кожного відповідного ряду болтів, розглядуваного як частина групи болтів.

8.4 Еквівалентний Т-подібний елемент, підданий стиску

8.4.1 Застосування

(1) Полицю еквівалентного Т-подібного елемента, підданого стиску, можна застосовувати в моделюванні для визначення розрахункового опору та коефіцієнта жорсткості таких базових компонентів у з’єднаннях сталевих елементів із бетоном:

– бетон та опорна плита, піддані стиску.

8.4.2 Загальна ефективна довжина та ширина

(1) Загальну ефективну довжину l_{eff} та загальну ефективну ширину b_{eff} еквівалентного Т-подібного елемента задають такі, щоб

розрахунковий опір підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента був еквівалентним опору базового компонента, поведінку якого імітує цей елемент.

Примітка. Ефективна довжина та ширина підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента є умовним (теоретичним) значеннями і не обов'язково відповідатиме фізичним розмірам базового компонента з'єднання, поведінку якого імітує цей елемент.

8.4.3 Розрахунковий опір стиску

(1) Розрахунковий опір підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента $F_{\mathrm{C,Rd}}$ визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{C,Rd}} = f_{\mathrm{jd}}\, b_{\mathrm{eff}}\, l_{\mathrm{eff}}\,, \tag{8.1}$$

де

b_{eff} – ефективна ширина еквівалентного Т-подібного елемента, підданого стиску, див. (3) і (4);

l_{eff} – ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента, підданого стиску, див. (3) і (4);

f_{jd} – розрахункова навантажувальна здатність з'єднання у разі частково навантажених ділянок, див. (5).

(2) Зусилля, що передаються через еквівалентний Т-подібний елемент, вважають рівномірно розподіленими, як показано на рисунку 8.5(a) та (b). Забезпечують умови, за яких тиск на піддану зминанню площу не перевищуватиме розрахункової навантажувальної здатності f_{jd}, а додаткова ширина c підданої зминанню площі не перевищуватиме такого значення:

$$c = t_{\mathrm{f}} \sqrt{\frac{f_{\mathrm{y}}}{3 f_{\mathrm{jd}} \gamma_{\mathrm{M0}}}}\,, \tag{8.2}$$

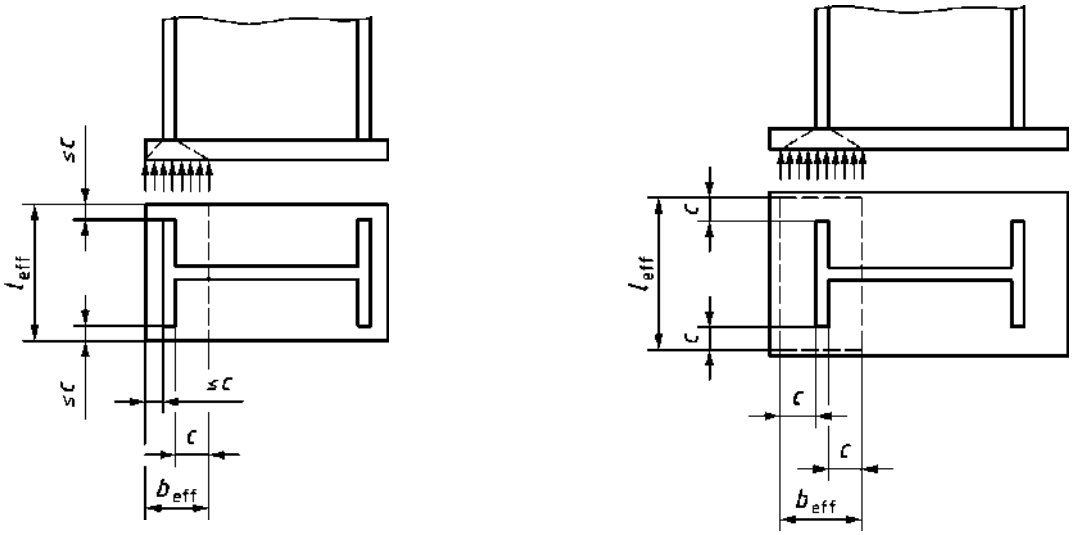
де

t_{f} – товщина еквівалентного Т-подібного елемента;

f_y – границя текучості еквівалентного Т-подібного елемента.

(3) Якщо проєкція фізичної (реальної) довжини базового компонента з'єднання, поведінку якого імітує еквівалентний Т-подібний елемент, менша ніж c, див. формулу (8.2), то ефективну площу визначають згідно з рисунком 8.5(a).

(4) Якщо проєкція фізичної (реальної) довжини базового компонента з'єднання, поведінку якого імітує еквівалентний Т-подібний елемент, більша ніж c із будь-якого боку, то частину додаткової проєкції, що виходить за межі ширини c, не враховують, див. рисунок 8.5 (b).



a) Проєкція за меншої довжини b) Проєкція за більшої довжини

Рисунок 8.5 – Площа еквівалентного Т-подібного елемента, підданого стиску

(5) Розрахункову навантажувальну здатність з'єднання у разі частково навантажених ділянок f_{jd} визначають за формулою:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j F_{Rdu}}{b_{eff}\, l_{eff}}, \tag{8.3}$$

де β_j – коефіцієнт за матеріалом з'єднання для врахування шару бетону, який може становити 2/3 за умови, що характеристична міцність шару будівельного розчину становитиме щонайменше 0,2 від характеристичної міцності бетону, а товщина шару будівельного

розчину не перевищуватиме 0,2 найменшого значення ширини сталевої опорної плити. Якщо товщина шару будівельного розчину перевищує 50 мм, то характеристичну міцність будівельного розчину задають щонайменше таку саму, як і для бетону;

F_{Rdu} – зосереджена сила розрахункового опору, встановлена в EN 1992-1-1, згідно з яким A_{c0} визначають як $b_{\mathrm{eff}}\, l_{\mathrm{eff}}$.

8.4.4 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості зазначених базових компонентів, поведінку яких імітує еквівалентний Т-подібний елемент, підданий стиску, визначають згідно з додатком А.

9 З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ПОРОЖНИСТИХ ПРОФІЛІВ

9.1 Загальні положення

(1) Розділ 9 застосовують до проєктування плоских і просторових з'єднань у ґратчастих конструкціях, які складають із порожнистих профілів із круглим перерізом (*Circular Hollow Sections; CHS*), порожнистих профілів із квадратним чи прямокутним перерізом (*Rectangular Hollow Sections; RHS*), а також плоских з'єднань у ґратчастих конструкціях, які складають із застосуванням комбінованих сполучень порожнистих профілів (із замкненим перерізом) та профілів із відкритим перерізом.

(2) Розділ 9 застосовують до з'єднань елементів із порожнистих профілів з обробкою поверхні в гарячому стані згідно з EN 10210-1 та EN 10210-2, а також із холодноформованих зварних порожнистих профілів згідно з EN 10219-1 та EN 10219-2, геометричні характеристики яких відповідають установленим у цьому розділі граничним значенням.

(3) Номінальну товщину стінки порожнистих профілів приймають щонайменше 1,5 мм.

(4) Розрахунковий опір з’єднань виражають через максимальний розрахунковий осьовий опір та/або опір щодо моменту в’язевих компонентів.

(5) Розрахунковий опір з’єднань елементів помножують на відповідний коефіцієнт за матеріалом C_{f}, залежно від типу відмови, див. 9.4.2, причому C_{f} ґрунтується на значенні границі текучості елемента, який піддано руйнуванню. Крім множення на коефіцієнт за матеріалом C_{f}, у ситуаціях відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу та типів відмови, спричиненої розтягом в’язевого елемента, значення границі текучості f_{y0} та f_{yi} у формулах для розрахунку $N_{\mathrm{i,Rd}}$ та $M_{\mathrm{i,Rd}}$ використовують щонайбільше 0,8 f_{u0} та 0,8 f_{ui}, відповідно.

Примітка 1. Значення коефіцієнта за матеріалом γ_{f} приймають із таблиці 9.1, якщо в Національному додатку не надано інших значень.

Таблиця 9.1 (NDP) — Значення коефіцієнта за матеріалом, застосовні до опору

$f_{\mathrm{y}} \leq 355\ \mathrm{Н/мм^2}$	$C_{\mathrm{f}} = 1{,}00$
$355\ \mathrm{Н/мм^2} < f_{\mathrm{y}} \leq 460\ \mathrm{Н/мм^2}$	$C_{\mathrm{f}} = 0{,}90$
$460\ \mathrm{Н/мм^2} < f_{\mathrm{y}} \leq 550\ \mathrm{Н/мм^2}$	$C_{\mathrm{f}} = 0{,}86$
$550\ \mathrm{Н/мм^2} < f_{\mathrm{y}} \leq 700\ \mathrm{Н/мм^2}$	$C_{\mathrm{f}} = 0{,}80$

Примітка 2. Типи відмови, щодо яких для границі текучості встановлено обмеження 0,8 f_{u0} або 0,8 f_{ui}, є параметрами, відкритими для національного вибору, які має бути визначено в Національному додатку.

9.2 Параметри з’єднань елементів із порожнистих профілів

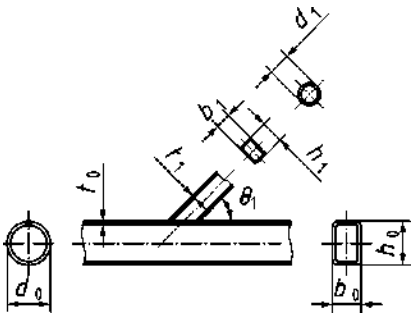
(1) Геометричні параметри, зазначені на рисунку 9.1, застосовують для проєктування з’єднань елементів із порожнистих профілів.

Примітка 1. Щодо визначення конфігурацій з'єднань елементів у ґратчастих конструкціях, наприклад, T-, Y-, K-, N-, X-подібної конфігурації, див. 9.4.1.

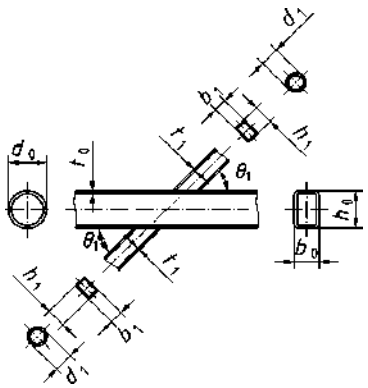
Примітка 2. Цілочислові підрядкові індекси у розділі 9 застосовано в такому значенні:

i – цілочисловий підрядковий індекс, використовуваний для позначання елемента з'єднання певної конфігурації, пояс позначають як i = 0, в'язеві елементи – як i = 1, 2 чи 3. Окремий елемент в'язей позначають як i = 1 незалежно від того, чи його піддано стиску чи розтягу, див. рисунок 9.1. У конфігураціях з'єднань із більш ніж одним в'язевим елементом як i = 1 зазвичай позначають в'язевий елемент, підданий стиску, а i = 2 – в'язевий елемент, підданий розтягу, див. рисунок 9.1(c) щодо з'єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком;

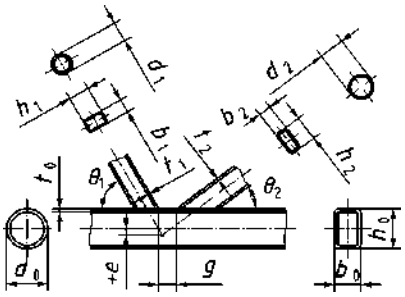
i та j – цілочислові підрядкові індекси, використовувані для позначання типу з'єднань, що містять перекривання унапуск елементів; i застосовують для позначання в'язевого елемента, який перекриває інший елемент, j – для позначання в'язевого елемента, перекритого внапуск іншим елементом, див. рисунок 9.1(d) щодо з'єднань K- та N-подібної конфігурації із перекриванням унапуск елементів.



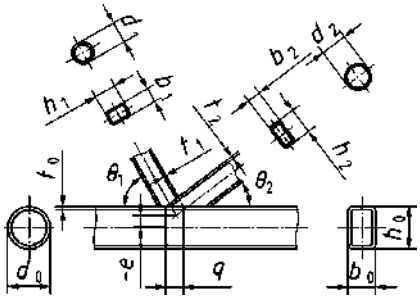
a) T- та Y-подібні конфігурації з'єднання



b) X-подібна конфігурація з'єднання



c) K- та N-подібні конфігурації з'єднання із проміжком



d) K- та N-подібні конфігурації з'єднання із перекриванням унапуск елементів

Рисунок 9.1 – Розміри з'єднань порожнистих профілів

(2) Безрозмірні геометричні параметри, подані у таблицях розрахункових значень у розділі 9, визначають із застосуванням таких формул:

– коефіцієнт за шириною β

для з'єднань T-, Y- та X-подібних конфігурацій:

$$\frac{d_1}{d_0};\ \frac{b_1}{d_0};\ \frac{d_1}{b_0};\ \frac{b_1}{b_0} \text{ або } \frac{b_1}{b_\mathrm{p}}\ ; \tag{9.1}$$

для з'єднань K- та X-подібних конфігурацій:

$$\frac{d_1 + d_2}{2d_0};\ \frac{d_1 + d_2}{2b_0};\ \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \text{ або } \frac{b_\mathrm{i}}{b_\mathrm{p}}\ ; \tag{9.2}$$

для з'єднань KT-подібної конфігурації:

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3d_0};\ \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3b_0} \text{ або } \frac{b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6\,b_0}\ ; \tag{9.3}$$

– коефіцієнт за гнучкістю поясу γ:

$$\frac{d_0}{2t_0};\ \frac{b_0}{2t_0} \text{ або } \frac{b_0}{2t_\mathrm{f}}\ ; \tag{9.4}$$

– коефіцієнт за висотою стінки елемента η:

$$\frac{h_\mathrm{i}}{d_0};\ \frac{h_\mathrm{i}}{b_0} \text{ або } \frac{h_\mathrm{i}}{b_\mathrm{p}}\ . \tag{9.5}$$

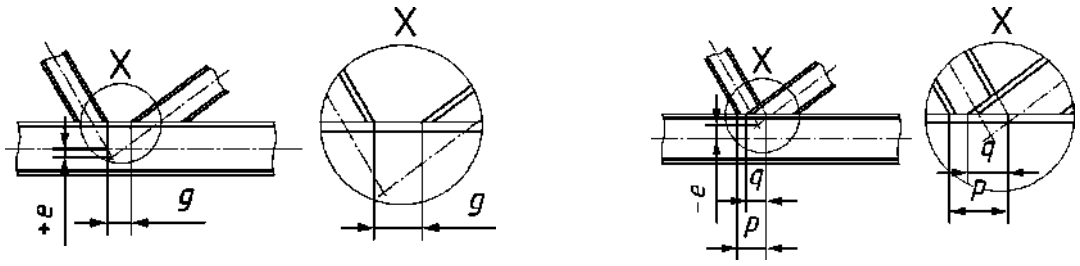
(3) Проміжок g між елементами в'язей у з'єднаннях K- чи N-подібних конфігурацій та між елементами в'язей у площині, перпендикулярній до осі поясу в просторових з'єднаннях, g_t вимірюють за довжиною сполучуваної поверхні поясу між стінками суміжних в'язевих елементів, див. рисунок 9.2(a).

Примітка. За допомогою від'ємних значень g подають перекривання унапуск q, див. рисунок 9.2(b).

(4) Коефіцієнт перекривання унапуск λ_ov визначають за формулою:

$$\lambda_\mathrm{ov} = \frac{q}{p}\ , \tag{9.6}$$

де розміри q та p визначають згідно з рисунком 9.2(b).



a) Визначення проміжка g b) Визначення перекривання унапуск q

Рисунок 9.2 – Конфігурації з'єднань, що містять проміжок і перекривання унапуск елементів

9.3 Спеціальні вимоги

(1) З'єднання елементів із порожнистих профілів, що відповідають усім положенням (2)–(7) та зазначеним у відповідних розділах вимогам щодо застосовної конфігурації з'єднань, можна проєктувати з застосуванням правил, викладених у розділі 9.

(2) Піддані стиску елементи проєктують із дотриманням критеріїв щодо класу 1 чи класу 2, установлених у таблиці 7.2 EN 1993-1-1:2022 для умов осьового стиску.

(3) Кути θ_i, утворені між поясами й елементами в'язей та між суміжними в'язевими елементами, проєктують так, щоб вони задовольняли умову: $\theta_i \geq 30°$. У разі кутів $\theta_i < 30°$ виробник має продемонструвати спроможність виконання відповідних зварних швів. З'єднання порожнистих профілів під кутами $\theta_i < 30°$ проєктують, прийнявши за припущенням кут $\theta_i = 30°$. Кути φ, утворені між площинами в просторових з'єднаннях, розраховують із дотриманням умов $\varphi \geq 60°$ та $\varphi \leq 90°$.

(4) Торці елементів у з'єднанні розглядуваної конфігурації підготовляють таким способом, щоб не було змінено форму їхнього поперечного перерізу.

Примітка. Положення розділу 9 не поширюються на з'єднання елементів зі сплющеними чи неправильно обрізаними торцями.

(5) Щоб забезпечити достатній просвіт для накладання відповідних зварних швів у з'єднанні K-подібної конфігурації з проміжком, приймають значення проміжку між елементами в'язей, що дорівнює щонайменше $(t_1 + t_2)$. N-подібну конфігурацію з'єднання можна розглядати як K-подібну, у якій θ_i = 90° (i = 1 чи 2). Проміжок g_t між в'язевими елементами у площині, перпендикулярній осі поясу, у просторових з'єднаннях забезпечують щонайменше max($2t_1$; $2t_2$).

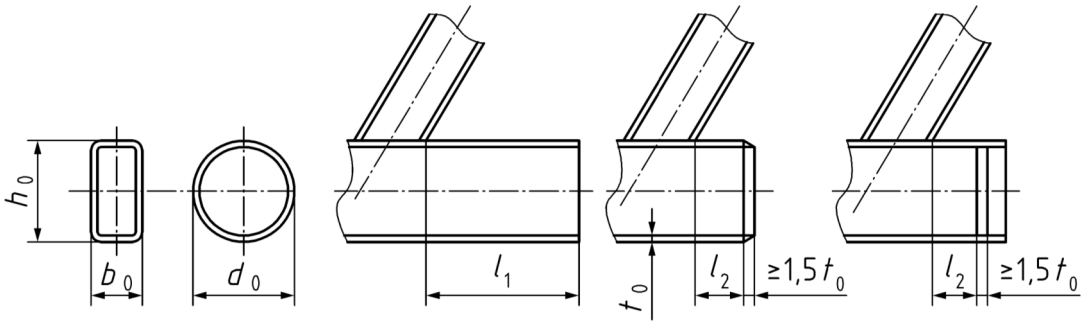
(6) У конфігураціях з'єднань, що містять перекривання унапуск елементів, забезпечують достатньо велике перекривання q, щоб гарантувати умови, у яких з'єднання між елементами в'язей буде достатньо адекватно передавати зсувні зусилля від одного в'язевого елемента до іншого. Коефіцієнт перекривання унапуск приймають щонайменше 0,25, див. також рисунок 9.3(a). Конфігурації з'єднань із перекриванням унапуск, достатньо великі для накладання зварних швів, див. рис. 9.3(b), розглядають як конфігурації з'єднань, для обчислення розрахункового опору яких приймають λ_{ov} = 1,0.

a) $\lambda_{ov} \geq 0{,}25$ b) $\lambda_{ov} = 1{,}0$

Рисунок 9.3 – Конфігурація з'єднання, що містить мінімальне перекривання унапуск, та конфігурація з'єднання із коефіцієнтом перекривання унапуск λ_{ov} ≥ 1,0, достатнім для накладання зварного шва

(7) У з'єднаннях таких конфігурацій, у яких кінець поясу не з'єднано з іншими елементами, забезпечують розташування цього кінця поясу на відстані щонайменше (2γ/10) d_0 від нижнього торця чи

основи стику полиць зі стінкою чи з кромками полиць найближчого в'язевого елемента, за мінімальної відстані 2,5d_0, див. рисунок 9.4. У разі з'єднань елементів із профілів RHS замість d_0 застосовують більше зі значень h_0 чи b_0. В іншому разі на кінці приварюють накривну пластину завтовшки щонайменше 1,5t_0 на мінімальній відстані 0,5d_0(1 – β) чи 0,5b_0(1 – β) від основи стику полиць зі стінкою чи з кромками полиць (в'язевих елементів) чи нижнього торця у з'єднанні.



$l_1 \geq \frac{2\gamma}{10} d_0$ та $l_1 \geq 2{,}5\ d_0$ – для поясів із профілів RHS замість d_0 застосовують більше зі значень h_0 чи b_0;

$l_2 \geq 0{,}5\ d_0\ (1 - \beta)$ – для поясів із профілів RHS замість d_0 застосовують b_0;

Рисунок 9.4 – Мінімальні вимоги щодо поясу з відкритим отвором у кінцевій частині

9.4 Проєктування

9.4.1 Загальні положення

(1) Конфігурації з'єднань елементів у ґратчастих конструкціях визначають як T-, Y-, X- або K-подібні (що охоплює N-подібні), ґрунтуючись на способі передавання зусиль у з'єднаннях.

(2) Конфігурації з'єднань елементів визначають так (див. рисунок 9.5):

а) якщо складник сили діє перпендикулярно поясу в елементі в'язей ($N_i \sin\theta_i$) врівноважено зі зсувом балки в елементі поясу, то конфігурацію з'єднання визначають як T-подібну, якщо в'язевий

елемент є перпендикулярним до поясу. В іншому разі конфігурацію з'єднання визначають як Y-подібну, див. (a);

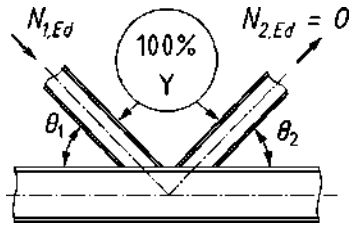
b) якщо складник сили діє перпендикулярно поясу в елементі в'язей ($N_i \sin\theta_i$), перебуваючи (в межах 20 %) у рівновазі з навантагами, що діють в інших в'язевих елементах з того самого боку, конфігурацію з'єднання визначають як K-подібну, див. (b), (c), (d) та (e). N-подібну конфігурацію з'єднання зазначають як K-подібну за наявності одного в'язевого елемента під кутом 90°, див. (f);

c) якщо складник сили, що діє перпендикулярно поясу ($N_i \sin\theta_i$), передається через елемент поясу, перебуваючи в рівновазі з елементом(ами) в'язей на протилежному боці, конфігурацію з'єднання класифікують як X-подібну, див. (g), (h) та (i);

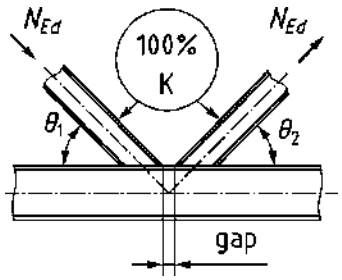
Примітка. На рисунку 9.5 як довідковий матеріал показано кілька можливих ситуацій стосовно конфігурацій з'єднань різних типів. Можливі й інші конфігурації.

(3) Якщо в'язеві елементи передають частину своєї навантаги так само, як у з'єднанні K-подібної конфігурації, а іншу частину своєї навантаги – як у з'єднанні T-, Y- або X-подібної конфігурації, то з'єднання проєктують, застосовуючи лінійну взаємодію з пропорційним співвідношенням зусиль у в'язевому елементі, задіяних у кожному типі передачі навантаги, крім зсувних між в'язевим(и) елементом(ами) і лицьовою поверхнею поясу, див. приклад на рисунку 9.6.

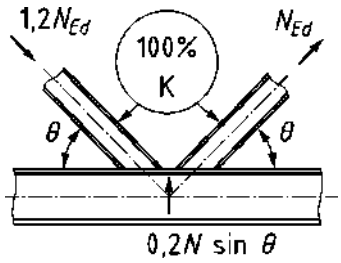
Примітка. На рисунку 9.6 показано приклад перевіряння конфігурації з'єднання певного типу за умов ситуації (f): перевіряння конфігурації з'єднання з двома елементами в'язей, які піддано незбалансованим навантагам (значення всіх осьових сил обрано так, щоб забезпечити врівноважену навантагу в з'єднанні розглядуваного типу). Конфігурацію з'єднання цього типу розраховують як комбінацію «чистої» K-подібної конфігурації (зі збалансованими зусиллями в елементах в'язей) та X-подібної конфігурації з'єднання (оскільки решта навантаги на діагональні в'язеві елементи передається через пояс).



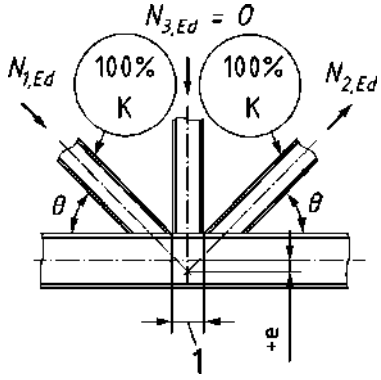
a) З'єднання Y-подібної конфігурації (один в'язевий елемент сприймає невелику навантагу чи не сприймає жодної)

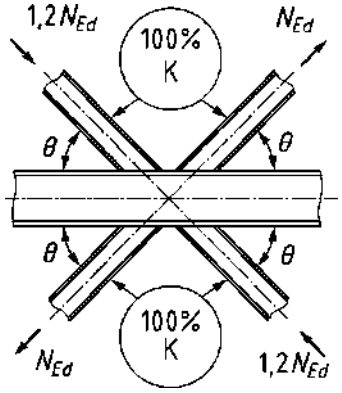


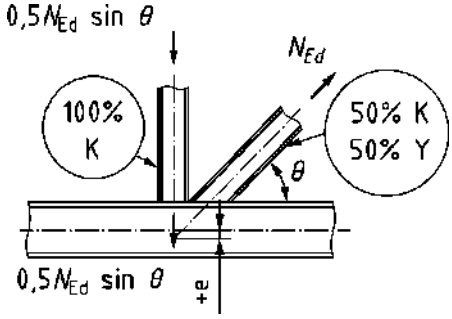
b) З'єднання K-подібної конфігурації



c) Межі допуску для з'єднання K-подібної конфігурації







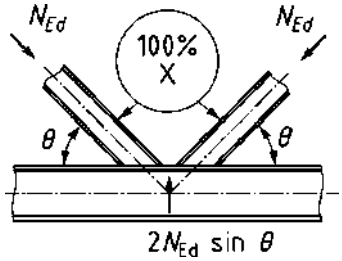
Умовна познака:

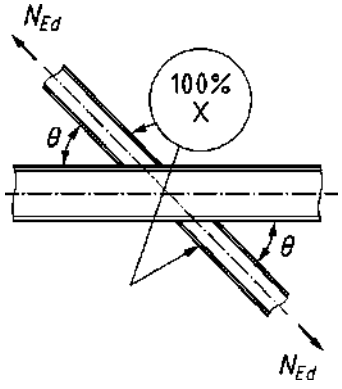
1 – проміжок

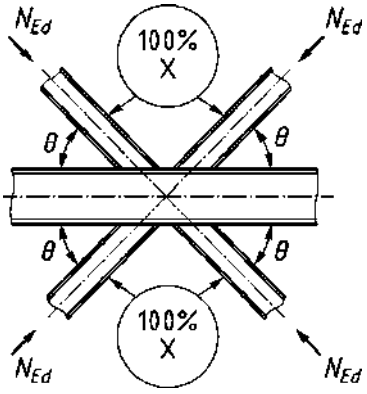
d) З'єднання K-подібної конфігурації

e) Межі допуску для з'єднання K-подібної конфігурації

f) з'єднання N-подібної конфігурації з незбалансованими навантагами на елементи в'язей





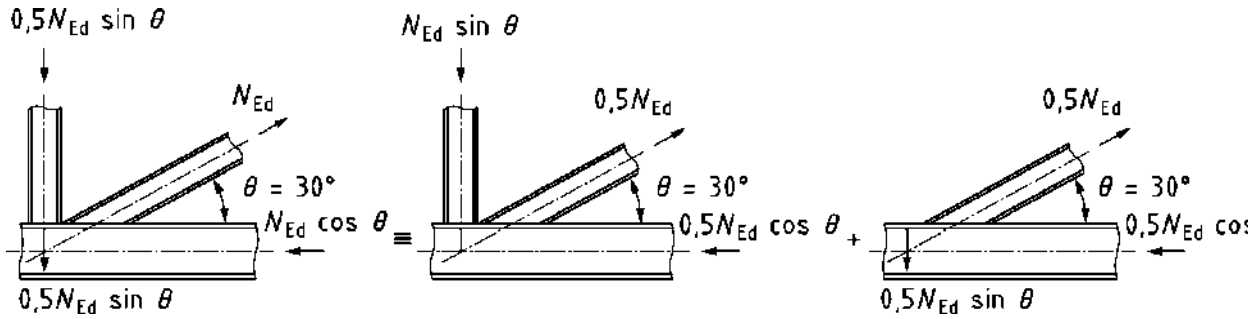


g) З'єднання X-подібної конфігурації

h) З'єднання X-подібної конфігурації

i) З'єднання DX-подібної конфігурації із проміжком

Рисунок 9.5 – Конфігурації з'єднань у ґратчастих конструкціях



Фактичне з’єднання К-подібна конфігурація + Х-подібна конфігурація

Фактичну конфігурацію з’єднання розкладають на К-подібну (з усіма силами, що діють урівноважено ззовні з’єднання) плюс Х-подібну конфігурацію (з усіма силами, що діють урівноважено ззовні з’єднання).

Перевіряння конфігурації з’єднання

Для в’язевого елемента 1 (100% К): Перевіряння як для К:

$$\frac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{K-\text{опір з’єднання}} \le 1$$

$$\frac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{N_{1,\mathrm{Rd}}} = \frac{0{,}5N\sin\theta}{N_{1,\mathrm{Rd}}}$$

$N_{1,\mathrm{Ed}}$ – розрахунковий опір з’єднання К-подібної конфігурації

Для в’язевого елемента 2 (50% К + 50% Х): Перевіряння як для К: + Перевіряння як для Х:

$$\frac{0{,}5\,N_{2,\mathrm{Ed}}}{K-\text{опір з’єднання}} + \frac{0{,}5\,N_{2,\mathrm{Ed}}}{X-\text{опір з’єднання}} \le 1$$

$$\frac{0{,}5\,N_{2,\mathrm{Ed}}}{N_{2,\mathrm{Rd}}} = \frac{0{,}5\,N}{N_{2,\mathrm{Rd}}}$$

$$\frac{0{,}5\,N_{2,\mathrm{Ed}}}{N_{2,\mathrm{Rd}}} = \frac{0{,}5\,N}{N_{2,\mathrm{Rd}}}$$

$N_{2,\mathrm{Ed}}$ – розрахунковий опір з’єднання К-подібної конфігурації

$N_{2,\mathrm{Ed}}$ – розрахунковий опір з’єднання Х-подібної конфігурації

Рисунок 9.6 – Приклад перевіряння

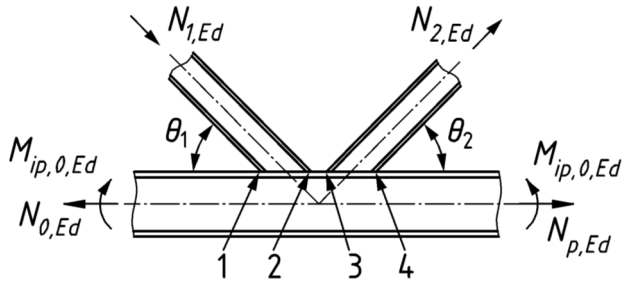
(4) Коефіцієнт напружень у поясі n_0 для врахування функції напружень у поясі Q_f, застосовний до ділянок поясу класів 1 чи 2 поблизу зовнішньої поверхні валика зварного шва у розглядуваному з’єднанні, див. рисунок 9.7, обчислюють за формулою (9.7) з урахуванням знаків цих напружень:

$$n_0 = \frac{N_{0,\mathrm{Ed}}}{A_0 f_{\mathrm{y}0}} \pm \frac{M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,pl},0} f_{\mathrm{y}0}}\,, \qquad (9.7)$$

де

– стискальне напруження у поясі (n_0 < 0) приймають як від'ємне;

– розтягувальне напруження у поясі ($n_0 \geq 0$) приймають як додатне.



Умовні познаки:

від *1* до *4* – місця на межі зовнішньої поверхні зварного шва для визначення відповідного коефіцієнта напружень у поясі

Рисунок 9.7 – Застосування зовнішньої поверхні валика зварного шва для визначення коефіцієнта напружень у поясі

(5) Функцію напружень у поясі Q_{f} обчислюють за формулою (9.8), для якої значення n_0 отримують згідно з (4) і приймають для з'єднання з того боку поясу, щодо якого отримано найменше значення Q_{f}:

$$Q_{\mathrm{f}} = (1 - |n_0|)^{C_1} \geq Q_{\mathrm{f,min}}\,, \qquad (9.8)$$

де C_1 та мінімальне значення функції напружень у поясі $Q_{\mathrm{f,min}}$ може бути визначено згідно з таблицею 9.2.

Таблиця 9.2 – Показник C_1 та мінімальне значення функції напружень у поясі, $Q_{\mathrm{f,min}}$

Профілі		Мінімальне значення функції напружень у поясі, $Q_{\mathrm{f,min}}$	Показник C_1 для конфігурацій з'єднань у поясах, підданих навантагам стиску та розтягу			
В'язі та пластини	Пояс		T-, Y- та X-подібні		K- та N-подібні з проміжком	
			Стиск $(n_0 < 0)$	Розтяг $(n_0 \geq 0)$	Стиск $(n_0 < 0)$	Розтяг $(n_0 \geq 0)$
CHS	CHS	0,4	0,45−0,25	0,2	0,25[a]	0,2[a]
Пластини[b]	CHS	0,3	0,25	0,2	–	–
CHS чи RHS	RHS	0,4	0,6−0,5	0,1	0,5−0,5β≥0,1	0,1
Поздовжні пластини	RHS	0,3	0,2	0,1	–	–
Поперечні пластини[c]	RHS	0,3	0,03γ	0,1	–	–

[a] За потреби врахування моментів у в'язях приймають значення C_1 та мінімальне значення функції напружень у поясі $Q_{\mathrm{f,min}}$ для з'єднань T-, Y- та X-подібної конфігурації.

[b] Поздовжні, поперечні пластини, двотаврові профілі нормальні чи широкополичні та профілі RHS.

[c] Стосується також двотаврових профілів нормальних чи широкополичних та профілів RHS

(6) Для поясів, у яких піддані розтягу з'єднання не задовольняють установлені граничні значення для підданого стиску перерізу класу 2, підрядковий індекс «pl» у формулі (9.7) замінюють на «el».

9.4.2 Типи відмови з'єднань порожнистих профілів

(1) Розрахунковий опір з'єднань елементів із порожнистих профілів або таких, що містять сполучення порожнистих профілів із профілями з незамкненим перерізом, визначають, ґрунтуючись на таких типах відмови, якщо застосовно:

а) **пластична деформація поясу** (відмова в пластичній стадії поверхні поясу з профілю RHS чи відмова в пластичній стадії поперечного перерізу поясу з профілю CHS);

b) **відмова бічної стінки поясу**, спричинена текучістю, роздавленням чи нестійкістю (випинання чи втрата стійкості бічної поверхні або стінки поясу) під стиснутим елементом в’язі;

c) **відмова внаслідок зсуву перерізу поясу**;

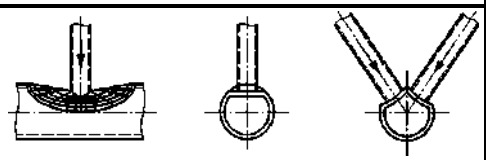
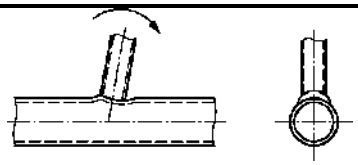
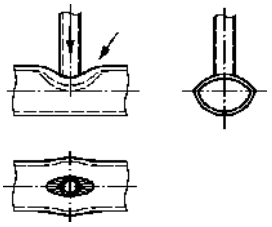
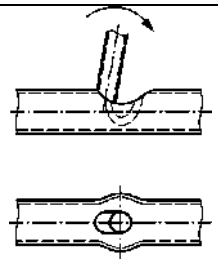
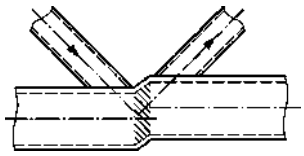
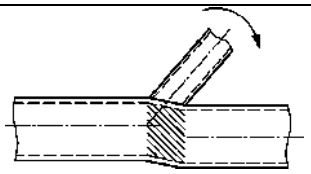
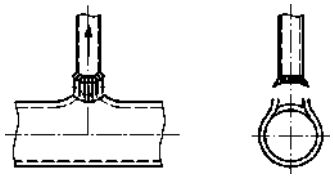
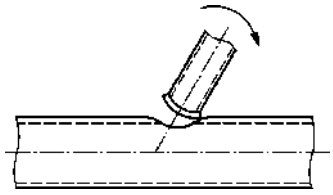
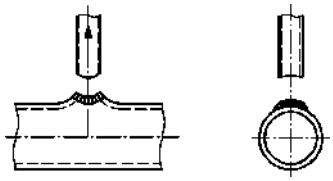
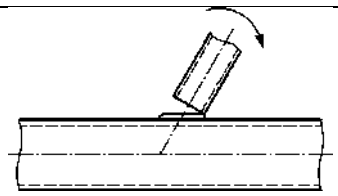
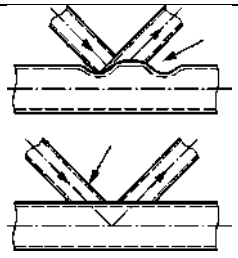
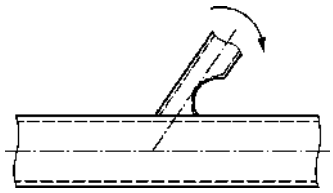
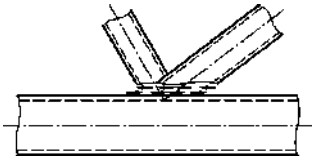
d) **відмова внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу** з порожнистого профілю (виникнення тріщини, що призводить до відривання в’язевого елемента від елемента поясу);

e) **відмова в’язевого елемента** зі зменшенням ефективної ширини перерізу (тріщини в елементі в’язей);

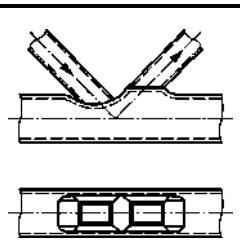
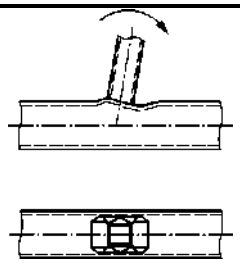
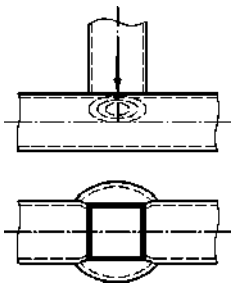
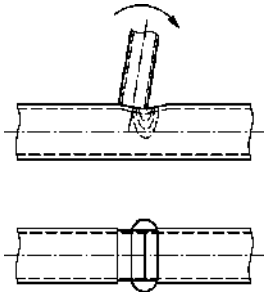
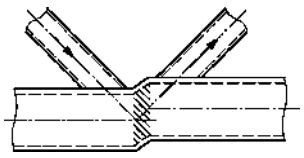
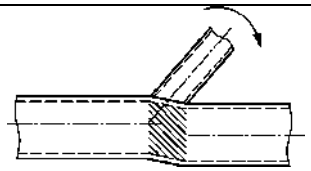
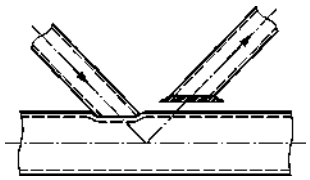
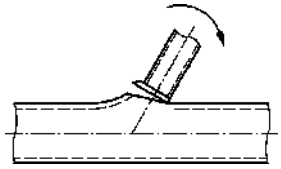
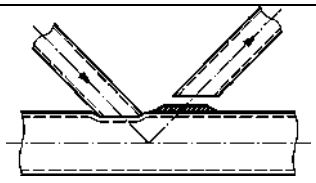
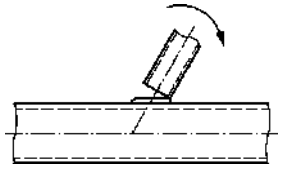
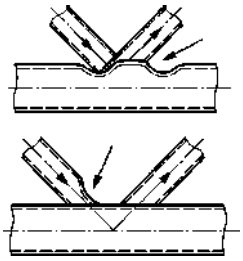
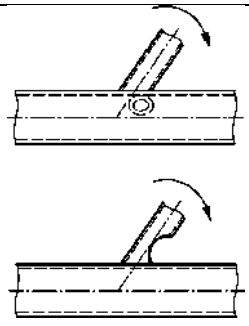
f) **відмова внаслідок місцевої втрати стійкості** в’язевого елемента чи елемента поясу із порожнистого профілю в місці їхнього з’єднання;

g) **відмова внаслідок зсуву** в’язевого елемента у конфігурації з’єднання із перекриванням унапуск елементів.

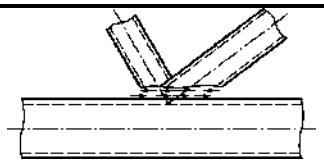
Таблиця 9.3 – Типи відмови примикань елементів із профілю CHS

Тип відмови	**В'язевий елемент під осьовою навантагою**	**В'язевий елемент під дією згинального моменту в площині**
Пластична деформація поясу		
Відмова бічної стінки поясу		
Відмова внаслідок зсуву перерізу поясу		
Відмова внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу		
Відмова в'язевого елемента		
Відмова внаслідок місцевої втрати стійкості		
Відмова внаслідок зсуву в'язевих елементів		Не застосовно

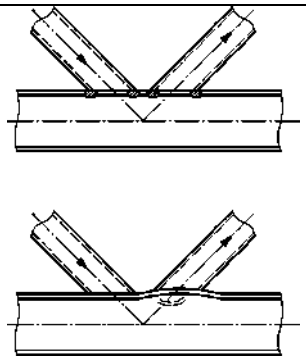
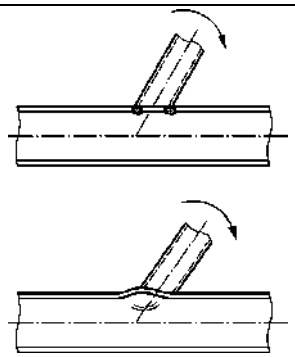
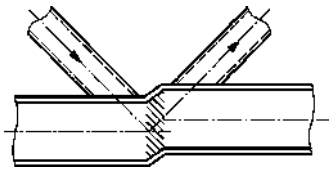
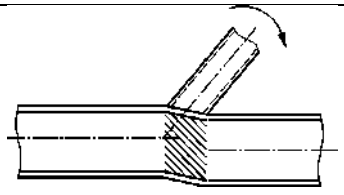
Таблиця 9.4 – Типи відмови з'єднань в'язевих елементів з профілю RHS з елементами поясу з профілю RHS

Тип відмови	В'язевий елемент під осьовою навантагою	В'язевий елемент під дією згинального моменту в площині
Пластична деформація поясу		
Відмова бічної стінки поясу		
Відмова внаслідок зсуву перерізу поясу		
Відмова внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу		
Відмова в'язевого елемента		
Відмова внаслідок місцевої втрати стійкості		

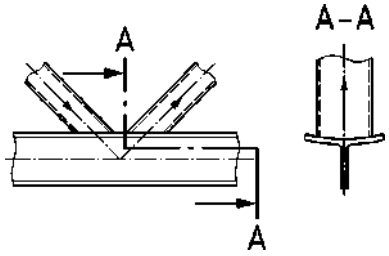
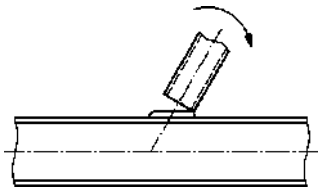
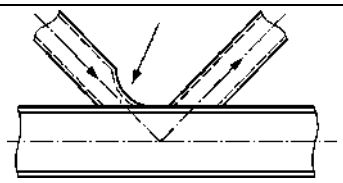
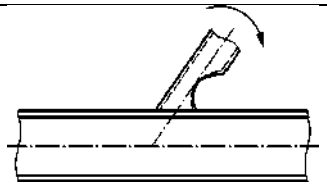
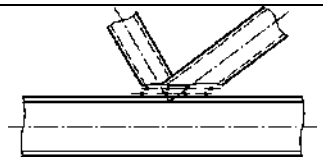
Кінець таблиці 9.4

Тип відмови	В'язевий елемент під осьовою навантагою	В'язевий елемент під дією згинального моменту в площині
Відмова внаслідок зсуву в'язевих елементів		Не застосовно

Таблиця 9.5 – Типи відмови з'єднань в'язевих елементів із профілю CHS або RHS з елементами поясу з двотаврового профілю нормального чи широкополичного

Тип відмови	В'язевий елемент під осьовою навантагою	В'язевий елемент під дією згинального моменту в площині
Пластична деформація поясу	Не застосовно	Не застосовно
Відмова бічної стінки поясу		
Відмова внаслідок зсуву перерізу поясу		
Відмова внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу	Не застосовно	Не застосовно

Кінець таблиці 9.5

Тип відмови	**В'язевий елемент під осьовою навантагою**	**В'язевий елемент під дією згинального моменту в площині**
Відмова в'язевого елемента		
Відмова внаслідок місцевої втрати стійкості		
Відмова внаслідок зсуву в'язевих елементів		Не застосовно

9.5 Розрахунковий опір зварних швів

(1) Зварні шви, якими в'язеві елементи з'єднують із поясами, має бути запроєктовано так, щоб вони мали достатній опір для уможливлення нерівномірного розподілу напружень і забезпечення достатньої місцевої деформаційної здатності для перерозподілу внутрішніх зусиль, разом із будь-якими вторинними ефектами.

(2) Щоб дотримати вимоги (1), розрахунковий опір зварного шва на одиницю довжини периметра в'язевого елемента забезпечують такий, що дорівнює чи більший за розрахунковий опір поперечного перерізу цього елемента на одиницю довжини периметра.

(3) Розрахункову товщину зварного шва визначають згідно з розділом 6.

Примітка 1. У разі товщини стінки та/або розрахункової товщини зварного шва менше 3 мм застосовують також положення розділу 6.

Примітка 2. Розрахункова товщина зварного шва може бути менше 3 мм, якщо зварні шви розроблено згідно з (2).

(4) З’єднання виконують по всьому периметру порожнистого профілю із застосуванням стикового зварного шва, кутового зварного шва або комбінації обох цих швів. Однак у конфігураціях з’єднань, що містять часткове перекривання унапуск елементів, приварювання перекритої частини з’єднання можна не виконувати за умови, що у в’язевих елементах складники осьових зусиль, які діють перпендикулярно осі поясу, не відрізняються більш ніж на 20 % від їхнього найбільшого значення.

Примітка. Типове деталювання зварних швів подано в додатку Е стандарту EN 1090-2:2018.

(5) Для зварювання в зонах холодного формування застосовують положення 6.14.

9.6 Зварні з'єднання в’язевих елементів з елементами поясу CHS

9.6.1 Загальні положення

(1) Розрахунковий опір з’єднань в’язевих елементів з елементами поясу CHS, визначають згідно з 9.6.2 та 9.6.3, дотримуючи умови, за якої геометричні характеристики з’єднань не перевищують граничні значення із таблиці 9.6.

(2) Якщо конфігурації з’єднань задовольняють зазначені в таблиці 9.6 критерії, то всі типи відмови, окрім описаних у відповідній таблиці, можна не враховувати. Розрахунковий опір з’єднання приймають як найменше значення з усіх застосовних типів відмови.

(3) Для конфігурацій з’єднань, які не задовольняють зазначені у таблиці 9.6 критерії, розглядають всі типи відмови, перелічені в 9.4.2(1). Крім того, в конфігураціях з’єднань ураховують вторинні

моменти, обумовлені поворотною жорсткістю. Для врахування вторинних моментів, пов'язаних із крутильною жорсткістю, і визначення опору в з'єднанні потрібно виконати тривимірний нелінійний розрахунок методом скінченних елементів.

(4) Розрахунковий опір у конфігурації з'єднань із перекриванням унапуск елементів визначають згідно з 9.9.

Таблиця 9.6 – Діапазон прийнятності застосовних значень для зварних з'єднань в'язевих елементів CHS, RHS, двотаврових профілів нормальних чи широкополичних зі з'єднувальними пластинами та елементами поясу CHS

Вимоги щодо з'єднань			
Коефіцієнт за шириною $0{,}2 \leq \beta \leq 1{,}0$ [a]	Кути $\theta_i \geq 30°$ [b] $60° \leq \varphi \leq 90°$	Розмір проміжку $g \geq t_1 + t_2$ $g_t \geq 2t_1$ та $g_t \geq 2t_2$	Коефіцієнт за висотою стінки елемента $0{,}6 \leq \eta = h_1/d_0 \leq 2{,}5$ [c]
Вимоги щодо елементів (товщина стінки $t \geq 1{,}5$ мм)			
Пояс	T-, Y-, K та N-подібні конфігурації з'єднань: $d_0/t_0 \leq 50$ X-подібна конфігурація з'єднання: $d_0/t_0 \leq 40$ Вимоги щодо поясу з отворами у кінцевих частинах див. 9.3(7).		
В'язі CHS	$d_i/t_i \leq 50$		
В'язі RHS	$b_i/t_i \leq 35$ та $h_i/t_i \leq 35$		
Елементи, піддані стиску, проєктують із поперечним перерізом класу 1 чи 2			

[a] Для конфігурацій з'єднань із поперечними пластинами приймають $\beta \geq 0{,}25$.

[b] Щодо з'єднань, у яких кути становлять $\theta_i < 30°$, див. 9.3(3).

[c] Для конфігурацій з'єднань із поздовжніми пластинами приймають $0{,}6 \leq \eta \leq 4$.

9.6.2 Конфігурації плоских з’єднань

(1) У конфігураціях плоских з’єднань, які піддано дії лише осьових сил, розрахункове значення осьової сили $N_{\mathrm{i,Ed}}$, прикладеної до в’язевого елемента i, забезпечують таке, що не перевищуватиме розрахункового осьового опору зварного з’єднання, $N_{\mathrm{i,Rd}}$, визначеного з таблиць 9.7, 9.8 чи 9.9 відповідно.

(2) З’єднання в’язевих елементів, підданих комбінації згину та дії осьової сили, проєктують, дотримуючи такого критерію:

$$\frac{\left|N_{\mathrm{i,Ed}}\right|}{N_{\mathrm{i,Rd}}}+\left(\frac{M_{\mathrm{ip,i,Ed}}}{M_{\mathrm{ip,i,Rd}}}\right)^{2}+\frac{\left|M_{\mathrm{op,i,Ed}}\right|}{M_{\mathrm{op,i,Rd}}}\leq 1{,}0 \qquad (9.9)$$

(3) Розрахункове значення згинального моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Ed}}$ та розрахункове значення згинального моменту із площини $M_{\mathrm{op,i,Ed}}$ згідно з (2) можна прийняти як значення в точці перетину осьової лінії в’язевого елемента з лицьовою поверхнею елемента поясу.

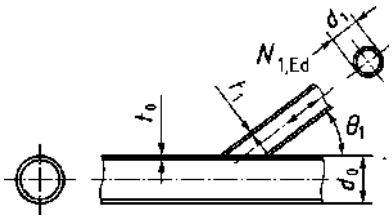
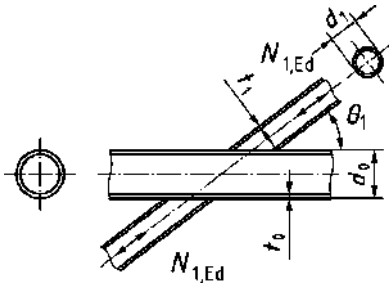
(4) Розрахунковий опір згинальному моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Rd}}$ та розрахунковий опір згинальному моменту із площини $M_{\mathrm{op,i,Rd}}$ визначають згідно з таблицями 9.8, 9.9 або 9.10, відповідно.

(5) Спеціальні типи конфігурацій зварних з’єднань, зазначені в таблицях 9.11 та 9.12, проєктують так, щоб вони задовольняли відповідні розрахункові критерії, визначені для кожної поданої у цих таблицях конфігурації з’єднання.

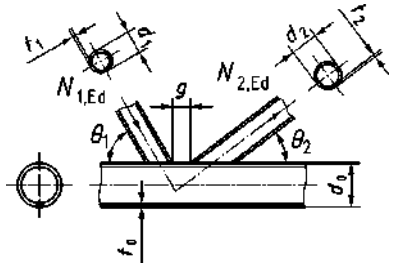
(6) Формули в таблиці 9.10 застосовують також до з’єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком, якщо потрібно врахувати моменти у в’язях, прийнявши значення C_1 та мінімальне значення функції напружень у поясі $Q_{\mathrm{f,min}}$ для з’єднань T-, Y- та X-подібної конфігурації. Забезпечують умови, за яких підсумкове значення за результатами перевіряння цілісності роботи підданих згину й осьовому

навантаженню в'язей за формулою (9.9) становитиме щонайбільше 0,8.

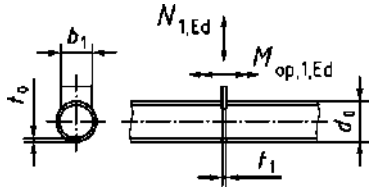
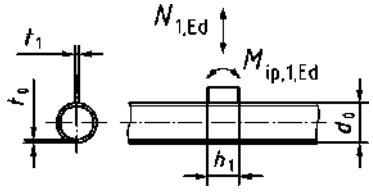
Таблиця 9.7 – Розрахунковий осьовий опір зварних з'єднань в'язевих елементів CHS з елементами поясу CHS

З'єднання T- та Y-подібної конфігурації	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}t_0^2}{\sin\theta_1}(2{,}6+17{,}7\beta^2)\gamma^{0{,}2}Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:** перевіряння виконують, якщо $d_1 \le d_0 - 2t_0$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}}\pi d_1 t_0 \dfrac{1+\sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$
З'єднання X-подібної конфігурації	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}t_0^2}{\sin\theta_1}\left(\dfrac{2{,}6+2{,}6\beta}{1-0{,}7\beta}\right)\gamma^{0{,}15}Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ **Відмова внаслідок зсуву перерізу поясу:** перевіряння виконують, якщо $\cos\theta_1 > \beta$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}}\dfrac{(2/\pi)A_0}{\sin\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $N_{0,\mathrm{v,Rd}} = \dfrac{A_0 f_{\mathrm{y}0}\sqrt{1-\left(\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}\sin\theta_1}{f_{\mathrm{y}0}/\sqrt{3}\,(2/\pi)A_0}\right)^2}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:** перевіряння виконують, якщо $d_1 \le d_0 - 2t_0$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}}\pi d_1 t_0 \dfrac{1+\sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$

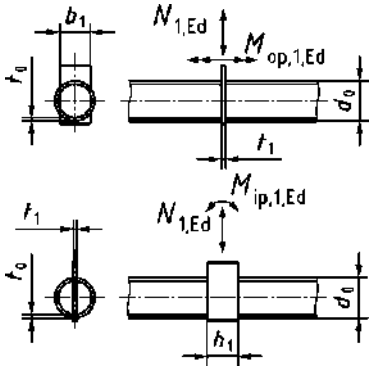
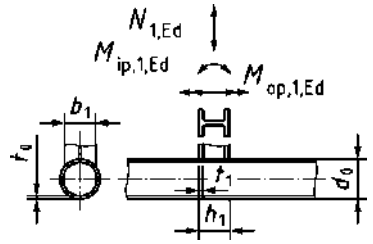
Кінець таблиці 9.7

З'єднання K- та N-подібної конфігурації з проміжком $(i = 1 \text{ чи } 2)$	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}t_0^2}{\sin\theta_1}(1{,}65 + 13{,}2\beta^{1{,}6})\gamma^{0{,}3}\left[1 + \dfrac{1}{1{,}2 + (g/t_0)^{0{,}8}}\right]Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $N_{2,\mathrm{Rd}} = \dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}N_{1,\mathrm{Rd}}$
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $d_i \le d_0 - 2t_0$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}}\pi d_1 t_0 \dfrac{1 + \sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$

Таблиця 9.8 – Розрахунковий опір T-подібної конфігурації зварних з'єднань пластин, елементів із двотаврових профілів нормальних чи широкополичних з елементами поясу CHS

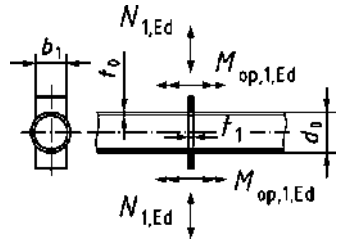
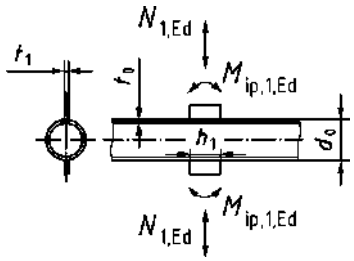
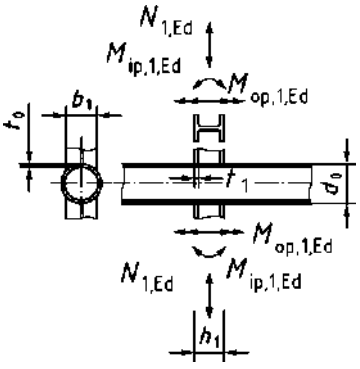
Поперечні пластини	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2{,}3C_\mathrm{f}f_{\mathrm{y}0}t_0^2(1 + 3\beta^2)\gamma^{0{,}35}Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $\quad M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = 0$ $M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}5b_1N_{1,\mathrm{Rd}}$
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $b_1 \le d_0 - 2t_0$ $\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \dfrac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \dfrac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \dfrac{2}{\sqrt{3}}C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}\dfrac{t_0}{t_1}$
Поздовжні пластини	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{7{,}1C_\mathrm{f}f_{\mathrm{y}0}t_0^2(1 + 0{,}4\eta)Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $\quad M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}7h_1N_{1,\mathrm{Rd}}$ $M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0$
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу $\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \dfrac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \dfrac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \dfrac{2}{\sqrt{3}}C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}\dfrac{t_0}{t_1}$

Кінець таблиці 9.8

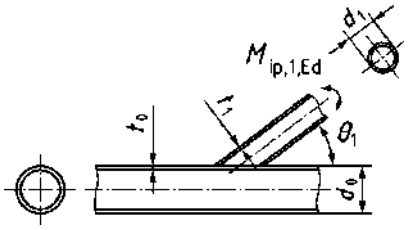
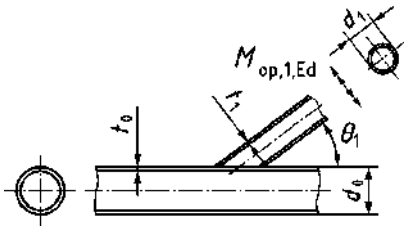
Поперечні та поздовжні нерозрізні пластини	
	**Пластична деформація поясу** Розрахунковий опір $N_{1,\mathrm{Rd}}$ з'єднань Т-подібної конфігурації із поперечними чи поздовжніми нерозрізними пластинами вдвічі перевищує розрахунковий опір $N_{1,\mathrm{Rd}}$ відповідних з'єднань Т-подібної конфігурації із поперечними чи поздовжніми пластинами. **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:** перевіряння виконують щодо поперечних нерозрізних пластин, якщо $b_1 \le d_0 - 2t_0$, та в загальних ситуаціях щодо поздовжніх нерозрізних пластин $\frac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \frac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \frac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \frac{2}{\sqrt{3}} C_{\mathrm{f}} \frac{f_{\mathrm{y0}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}} \frac{t_0}{t_1}$
Елементи в'язей із двотаврового профілю нормального та широкополичного чи профілю RHS [a]	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = N^*_{\mathrm{Rd}}(1 + 0{,}4\eta)$, але $\le 2N^*_{\mathrm{Rd}}$ де N^*_{Rd} – розрахунковий опір $N_{1,\mathrm{Rd}}$ з'єднання Т-подібної конфігурації з поперечною пластиною $M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = \frac{(h_1 - t_1)N_{1,\mathrm{Rd}}}{1 + 0{,}4\eta}$ $M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}5 b_1 N_{1,\mathrm{Rd}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:** перевіряння виконують, якщо $b_1 \le d_0 - 2t_0$ $\frac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \frac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \frac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \frac{1}{\sqrt{3}} C_{\mathrm{f}} \frac{f_{\mathrm{y0}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}} \frac{t_0}{t_1}$

[a] У разі двотаврових профілів нормальних та широкополичних внесок стінки у модулі пружності $W_{\mathrm{ip,el},1}$ та $W_{\mathrm{op,el},1}$ не враховують

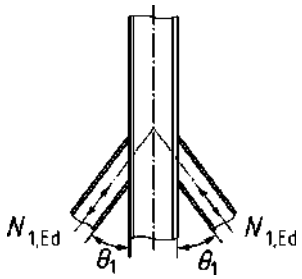
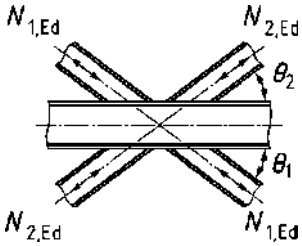
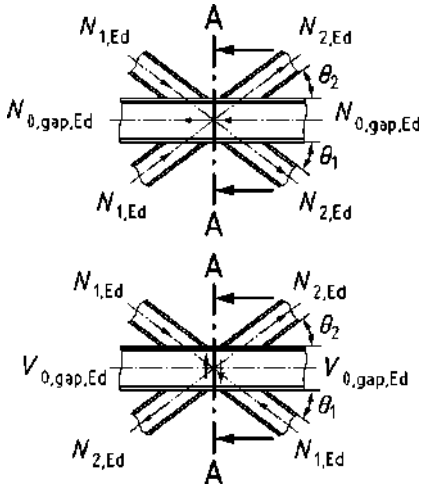
Таблиця 9.9 – Розрахунковий опір Х-подібної конфігурації (під кутом θ_1=90°) зварних з'єднань з'єднувальних пластин, елементів із двотаврових профілів нормальних чи широкополичних або профілів RHS з елементами поясу CHS

<table>
<tr><td colspan="2">Поперечні пластини</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Пластична деформація поясу
$N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2{,}1 C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0} t_0^2 (1+3\beta^2)\gamma^{0{,}25} Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = 0$
$M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}5 b_1 N_{1,\mathrm{Rd}}$
Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $b_1 \le d_0 - 2t_0$
$\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \dfrac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \dfrac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \dfrac{2}{\sqrt{3}} C_\mathrm{f} \dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\gamma_{\mathrm{M}5}} \dfrac{t_0}{t_1}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Поздовжні пластини</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Пластична деформація поясу
$N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{4{,}4 C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0} t_0^2 (1+0{,}4\eta) Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M}5}}$ $M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}7 h_1 N_{1,\mathrm{Rd}}$
$M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0$
Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу
$\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \dfrac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \dfrac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \dfrac{2}{\sqrt{3}} C_\mathrm{f} \dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\gamma_{\mathrm{M}5}} \dfrac{t_0}{t_1}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Елементи в'язей із двотаврового профілю нормального чи широкополичного або профілю RHS [a]</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Пластична деформація поясу
$N_{1,\mathrm{Rd}} = N^*_{\mathrm{Rd}}(1+0{,}4\eta)$, але $\le 2N^*_{\mathrm{Rd}}$
де N^*_{Rd} – розрахунковий опір $N_{1,\mathrm{Rd}}$ з'єднання Х-подібної конфігурації з поперечною пластиною $M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{(h_1 - t_1) N_{1,\mathrm{Rd}}}{1+0{,}4\eta}$ $M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Rd}} = 0{,}5 b_1 N_{1,\mathrm{Rd}}$
Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $b_1 \le d_0 - 2t_0$
$\dfrac{N_{1,\mathrm{Ed}}}{A_1} + \dfrac{M_{\mathrm{ip},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{ip,el},1}} + \dfrac{M_{\mathrm{op},1,\mathrm{Ed}}}{W_{\mathrm{op,el},1}} \le \dfrac{1}{\sqrt{3}} C_\mathrm{f} \dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\gamma_{\mathrm{M}5}} \dfrac{t_0}{t_1}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">[a] У разі двотаврових профілів нормальних та широкополичних внесок стінки у модулі пружності $W_{\mathrm{ip,el},1}$ та $W_{\mathrm{op,el},1}$ не враховують</td></tr>
</table>

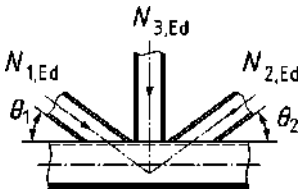
Таблиця 9.10 – Розрахунковий опір щодо моменту T-, Y- та X-подібних конфігурацій зварних з'єднань в'язевих елементів CHS з елементами поясу CHS

<table>
<tr><td colspan="2">Згин у площині</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Пластична деформація поясу
$$M_{\mathrm{ip,1,Rd}} = \frac{4{,}3C_{\mathrm{f}}\frac{f_{\mathrm{y0}}t_0^2 d_1}{\sin\theta_1}\beta\gamma^{0{,}5}Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$
Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $d_1 \le d_0 - 2t_0$
$$M_{\mathrm{ip,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}}\frac{f_{\mathrm{y0}}}{\sqrt{3}}t_0 d_1^2\frac{1+3\sin\theta_1}{4\sin^2\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Згин із площини</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Пластична деформація поясу
$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}}\frac{f_{\mathrm{y0}}t_0^2 d_1}{\sin\theta_1}\left(\frac{1{,}3+1{,}3\beta}{1-0{,}7\beta}\right)\gamma^{0{,}15}Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$
Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $d_1 \le d_0 - 2t_0$
$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}}\frac{f_{\mathrm{y0}}}{\sqrt{3}}t_0 d_1^2\frac{3+\sin\theta_1}{4\sin^2\theta_1}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Примітка. Щодо з'єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком див. 9.6.2(6)</td></tr>
</table>

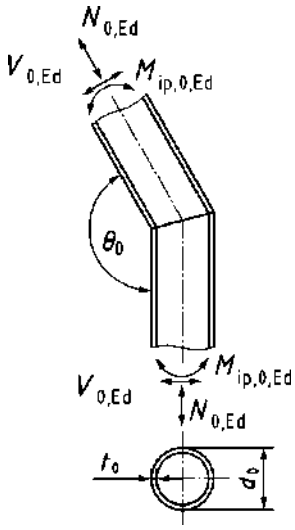
Таблиця 9.11 – Розрахункові критерії для інших конфігурацій зварних з'єднань елементів CHS з елементами поясу CHS [a, b]

<table>
<tr><td colspan="2">З'єднання DY-подібної конфігурації: обидві сили (стиску чи розтягу) діють на в'язевий елемент в одному напрямку</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>$N_{1,\mathrm{Ed}} \le N_{1,\mathrm{Rd}}$
де $N_{1,\mathrm{Rd}}$ приймають із таблиці 9.7 для з'єднання X-подібної конфігурації.
Перевіряння стосовно відмови за зсуву перерізу поясу не потрібно.</td></tr>
<tr><td colspan="2">З'єднання DX-подібної конфігурації з проміжком: усі сили (стиску чи розтягу) діють на в'язевий елемент в одному напрямку</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>$N_{1,\mathrm{Ed}} \sin\theta_1 + N_{2,\mathrm{Ed}} \sin\theta_2 \le \max\{|N_{1,Rd}\sin\theta_1|, |N_{2,Rd}\sin\theta_2|\}$
де $N_{\mathrm{i,Rd}} \sin\theta_{\mathrm{i}}$ $(i = 1 \text{ чи } 2)$ приймають із таблиці 9.7 для з'єднання X-подібної конфігурації</td></tr>
<tr><td colspan="2">З'єднання DK-подібної конфігурації з проміжком: на елементи 1 діють сили стиску, а на елементи 2 – сили розтягу</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>$N_{\mathrm{i,Ed}} \le N_{\mathrm{i,Rd}}$ $(i = 1 \text{ чи } 2)$
де $N_{\mathrm{i,Rd}}$ приймають із таблиці 9.6 для з'єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком, але за фактично прикладеної до поясу сили.
Якщо в проміжку виникають зсувні зусилля, то стосовно поперечного перерізу поясу A-A у проміжку дотримують такої вимоги:
$\left(\frac{N_{0,\mathrm{gap,Ed}}}{N_{0,\mathrm{Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{V_{0,\mathrm{gap,Ed}}}{V_{0,\mathrm{Rd}}}\right)^2 \le 1{,}0$,
де $N_{0,\mathrm{Rd}} = \frac{A_0 f_{y0}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$; $V_{0,\mathrm{gap,Rd}} = \frac{\frac{2}{\pi}\frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} A_0}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$</td></tr>
</table>

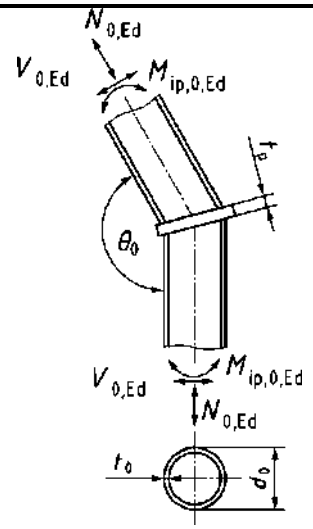
Кінець таблиці 9.11

З’єднання КТ-подібної конфігурації з проміжком (у цьому прикладі: елементи 1 та 3 піддано стиску, а елемент 2 – розтягу)	
	$N_{1,\mathrm{Ed}}\sin\theta_1 + N_{3,\mathrm{Ed}}\sin\theta_3 \le N_{1,\mathrm{Rd}}\sin\theta_1$ $N_{2,\mathrm{Ed}}\sin\theta_2 \le N_{1,\mathrm{Rd}}\sin\theta_1$ де $N_{1,\mathrm{Rd}}$ приймають із таблиці 9.7 для з’єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком, але з коефіцієнтом за фактичною шириною з’єднання КТ-подібної конфігурації, див. формулу (9.3)
[a] Розрахунковий опір застосовують як за пластичної деформації поясу згідно з таблицею 9.7. [b] Перевіряння щодо відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу виконують для кожного в’язевого елемента.	

Таблиця 9.12 – Розрахункові критерії для колиноподібної конфігурації зварних з’єднань елементів CHS

З’єднання колиноподібної конфігурації	
	Для поперечного перерізу дотримують відповідності класу 1 щодо осьового стиску, див. EN 1993-1-1, а також відповідності таким критеріям: $N_{0,\mathrm{Ed}} \le 0{,}2\,N_{0,\mathrm{Rd}}$ та $V_{0,\mathrm{Ed}} \le 0{,}5\,V_{0,\mathrm{Rd}}$ та $\frac{\lvert N_{0,\mathrm{Ed}}\rvert}{N_{0,\mathrm{Rd}}} + \frac{\lvert M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Ed}}\rvert}{M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Rd}}} \le \kappa$ де, за умови $90^{\circ} \le \theta_0 \le 135^{\circ}$ $\kappa = \varepsilon\left(0{,}05\frac{d_0}{t_0} + 0{,}77\right)^{-1,2}$, причому $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{y0}}}$ де f_{y0} у Н/мм^2

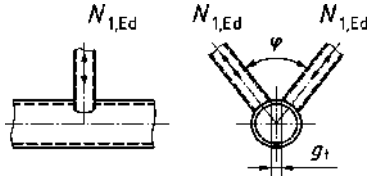
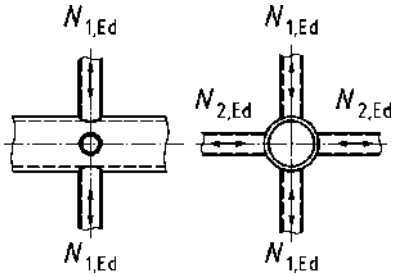
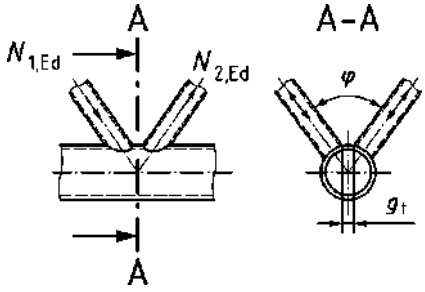
Кінець таблиці 9.12

З’єднання коліноподібної конфігурації зі вставною пластиною	
	Для поперечного перерізу дотримують відповідності класу 1 чи 2 щодо осьового стиску, див. EN 1993-1-1, а також відповідності таким критеріям: $t_{\mathrm{p}} \geq 1{,}5t_0$, але ≥ 10 мм та $\frac{\lvert N_{0,\mathrm{Ed}}\rvert}{N_{0,\mathrm{Rd}}} + \frac{\lvert M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Ed}}\rvert}{M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Rd}}} \leq 1{,}0$
Значення розрахункового опору $N_{0,\mathrm{Rd}}$, $V_{0,\mathrm{Ed}}$ та $M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Rd}}$ визначають згідно з EN 1993-1-1, застосовуючи розрахункове значення опору згинальному моменту в площині за пластичної деформації поясу	

9.6.3 Конфігурації просторових з’єднань

(1) Розрахунковий опір у кожній розглядуваній площині конфігурації просторового з’єднання, де діють навантаги внаслідок переважно осьових сил, визначають відповідно до 9.6.2, застосовуючи до розрахункового опору коефіцієнт просторовості μ із таблиці 9.13 для врахування відмови поясу. У з’єднаннях KK-подібної конфігурації перевіряння виконують також для проміжку щодо взаємодії зсуву та осьової навантаги з урахуванням фактично прикладеної до поясу сили.

Таблиця 9.13 – Значення коефіцієнта просторовості μ, застосовні до розрахункового опору в конфігураціях просторових з'єднань елементів CHS

З'єднання TT-подібної конфігурації: елементи 1 може бути піддано розтягу чи стиску	
	$\mu = 1{,}0$
З'єднання XX-подібної конфігурації: елементи 1 та 2 може бути піддано розтягу чи стиску	
	$\mu = 1 + 0{,}35\,\frac{N_{2,\mathrm{Ed}}}{N_{1,\mathrm{Ed}}}$ Має бути враховано знак $N_{1,\mathrm{Ed}}$ та $N_{2,\mathrm{Ed}}$, а також умову $\lvert N_{2,\mathrm{Ed}}\rvert \le \lvert N_{1,\mathrm{Ed}}\rvert$. $N_{2,\mathrm{Ed}}/N_{1,\mathrm{Ed}}$ є від'ємним значенням, якщо елементи, розташовані в одній площині, піддано розтягу, а в іншій площині – стиску.
З'єднання KK-подібної конфігурації з проміжком: елементи 1 піддано стиску, а елементи 2 – розтягу	
	$\mu = 1{,}0$ У з'єднанні KK-подібної конфігурації з проміжком поперечний переріз поясу A-A в проміжку перевіряють щодо відмови за зсуву перерізу: $\left(\frac{N_{0,\mathrm{gap,Ed}}}{N_{0,\mathrm{Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{V_{0,\mathrm{gap,Ed}}}{V_{0,\mathrm{Rd}}}\right)^2 \le 1{,}0$ де: $N_{0,\mathrm{Rd}} = \frac{A_0 f_{y0}}{\gamma_{M5}}$ $V_{0,\mathrm{Rd}} = \frac{\frac{2}{\pi}\frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} A_0}{\gamma_{M5}}$

9.7 Зварні з’єднання пластин, в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу RHS

9.7.1 Загальні положення

(1) Розрахунковий опір зварних з’єднань пластин, в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу RHS, визначають згідно з 9.7.2 та 9.7.3, за умови, що геометричні характеристики з’єднань не перевищують граничних значень із таблиці 9.14.

(2) Щодо з’єднань, які задовольняють зазначені в таблиці 9.14 критерії, всі типи відмови, крім описаних у відповідній таблиці, можна не враховувати. Розрахунковий опір з’єднання приймають як найменше значення з обчислених для усіх застосовних типів відмови.

(3) Щодо з’єднань, які не задовольняють зазначені в таблиці 9.14 критерії, ураховують усі перелічені в 9.4.2(1) типи відмови. Крім того, у з’єднаннях ураховують обумовлені поворотною жорсткістю вторинні моменти.

(4) Розрахунковий опір для конфігурації з’єднань із перекриванням унапуск елементів визначають згідно з 9.9.

(5) З’єднання K- та N-подібної конфігурації також перевіряють як дві окремі конфігурації з’єднань – T-подібну чи Y-подібну, якщо $g > 1{,}5(1-\beta)b_0$ та $g \geq (t_1 + t_2)$, але з додатковим перевірянням проміжку щодо зсуву перерізу поясу, як зазначено в таблиці 9.16, прийнявши α = 0.

Таблиця 9.14 – Діапазон прийнятності застосовних значень для зварних з'єднань пластин, в'язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу RHS

Вимоги щодо з'єднань			
Коефіцієнт за шириною $\beta \geq 0{,}1 + 0{,}01\frac{b_0}{t_0}$ [a] та – в'язі RHS: $\beta \geq 0{,}25$ – в'язі CHS: $0{,}25 \leq \beta \leq 0{,}80$	Кути $\theta_i \geq 30°$ [b]	Розмір проміжку $0{,}5(1-\beta) \leq \frac{g}{b_0} \leq 1{,}5(1-\beta)$ але $g \geq t_1 + t_2$	Коефіцієнт за висотою стінки елемента $1 \leq \eta \leq 4$ [c] $\eta \geq 2\sqrt{1-\beta}$ [d]
Вимоги щодо елементів (товщина стінки $\boldsymbol{t} \geq 1{,}5$ мм)			
Пояс	$b_0/t_0 \leq 35$ та $h_0/t_0 \leq 35$, для з'єднань із поперечними пластинами $2\gamma \leq 30$ Вимоги щодо поясу з отворами у кінцевих частинах див. 9.3(7).		
В'язі CHS	$d_i/t_i \leq 50$		
В'язі RHS	$b_i/t_i \leq 35$ та $h_i/t_i \leq 35$; $0{,}5 \leq h_i/b_i \leq 2{,}0$		
Елементи, піддані стиску, проєктують із поперечним перерізом класу 1 чи 2			

[a] Для конфігурацій з'єднань із поперечними пластинами приймають $\beta \geq 0{,}40$.

[b] Щодо з'єднань, у яких кути становлять $\theta_i < 30°$, див. 9.3(3).

[c] Для конфігурацій з'єднань із поздовжніми пластинами.

[d] Застосовно до з'єднань в'язевих елементів із двотаврового профілю нормального чи широкополичного. Додатково виконують перевіряння відповідності умові: $h_1 \geq 2t_1 + 5t_0$

9.7.2 Конфігурації плоских з’єднань

9.7.2.1 Непідсилені з’єднання

(1) У конфігураціях плоских з’єднань, на які діють лише осьові сили, розрахункове значення осьової сили $N_{\mathrm{i,Ed}}$, прикладеної до в’язевого елемента i, забезпечують таке, що не перевищуватиме визначеного згідно з (2) розрахункового осьового опору $N_{\mathrm{i,Rd}}$ з’єднання, який містить зварне з’єднання.

(2) Розрахункові значення осьового опору зварних з’єднань в’язевих елементів з елементами поясу RHS, у діапазоні прийнятності застосовних значень з таблиці 9.14 обчислюють за формулами із таблиць 9.15, 9.16 або 9.17, якщо застосовно.

(3) З’єднання в’язевих елементів, які піддано комбінації згину та осьової сили, проєктують із дотриманням такого критерію:

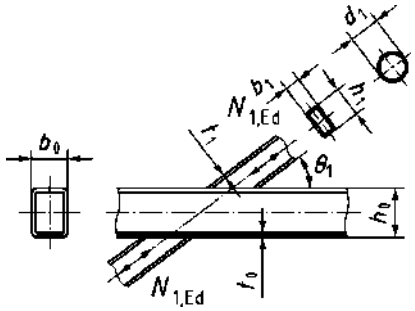
$$\frac{\left|N_{\mathrm{i,Ed}}\right|}{N_{\mathrm{i,Rd}}}+\frac{\left|M_{\mathrm{ip,i,Ed}}\right|}{M_{\mathrm{ip,i,Rd}}}+\frac{\left|M_{\mathrm{op,i,Ed}}\right|}{M_{\mathrm{op,i,Rd}}}\leq 1{,}0 \qquad (9.10)$$

(4) Розрахункове значення згинального моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Ed}}$ та розрахункове значення згинального моменту із площини $M_{\mathrm{op,i,Ed}}$ можна прийняти як значення в точці перетину осьової лінії в’язевого елемента з лицьовою поверхнею елемента поясу.

(5) У разі непідсилених з’єднань розрахунковий опір щодо моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Rd}}$ та розрахунковий опір щодо моменту із площини $M_{\mathrm{op,i,Rd}}$ приймають із таблиці 9.17 або 9.18, відповідно. Стосовно підсилених з’єднань і діапазону прийнятності застосовних значень згідно з таблицею 9.14 див. 9.7.2.2.

(6) Інші конфігурації зварних з’єднань, подані у таблицях 9.19 та 9.20, проєктують, дотримуючи відповідних розрахункових критеріїв, визначених для кожної конфігурації в цих таблицях.

Таблиця 9.15 – Розрахункові значення осьового опору T-, Y- та X-подібних конфігурацій зварних з'єднань в'язевих елементів CHS[a] чи RHS з елементами поясу RHS

З'єднання T-, Y- та X-подібних[b] конфігурацій	
	**Пластична деформація поясу:** перевіряння виконують, якщо $\beta \leq 0{,}85$ [c] $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}t_0^2}{\sin\theta_1}\left(\dfrac{2\eta}{(1-\beta)\sin\theta_1}+\dfrac{4}{\sqrt{1-\beta}}\right)Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
	Відмова бічної стінки поясу, за якої $\beta = 1{,}0$ [c] $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_\mathrm{b}t_0}{\sin\theta_1}\left(\dfrac{2h_1}{\sin\theta_1}+10t_0\right)Q_\mathrm{f}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
З'єднання T-, Y- та X-подібних[b] конфігурацій	
	Відмова в'язевого елемента $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}f_{\mathrm{y}1}t_1(2h_1-4t_1+2b_\mathrm{eff})}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $b_1 \leq (b_0-2t_0)$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}t_0}{\sqrt{3}\sin\theta_1}\left(\dfrac{2h_1}{\sin\theta_1}+2b_{\mathrm{e,p}}\right)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

Кінець таблиці 9.15

де:

стінка поясу, піддана розтягу: $f_{\mathrm{b}} = f_{\mathrm{y0}}$;

стінка поясу за стиску: з'єднання Т- та Y-подібної конфігурації $f_{\mathrm{b}} = \chi f_{\mathrm{y0}}$;

з'єднання X-подібної конфігурації $f_{\mathrm{b}} = 0{,}8\chi f_{\mathrm{y0}} \sin\theta_1$,

де χ – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості, який визначають згідно з EN 1993-1-1 із застосуванням кривої c, а відносну гнучкість $\bar{\lambda}$ обчислюють за формулою:

$$\bar{\lambda} = 2\sqrt{3}\frac{\left(\frac{h_0}{t_0} - 2\right)\sqrt{\frac{1}{\sin\theta_1}}}{\pi\sqrt{E/f_{\mathrm{y0}}}}$$

$$b_{\mathrm{eff}} = \frac{10}{b_0/t_0}\frac{f_{\mathrm{y0}}t_0}{f_{\mathrm{y1}}t_1}b_1, \text{ але } b_{\mathrm{eff}} \le b_1 \qquad d_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}}t_0}{f_{\mathrm{y1}}t_1}\right)d_1 \text{ , але } d_{\mathrm{eff}} \le d_1$$

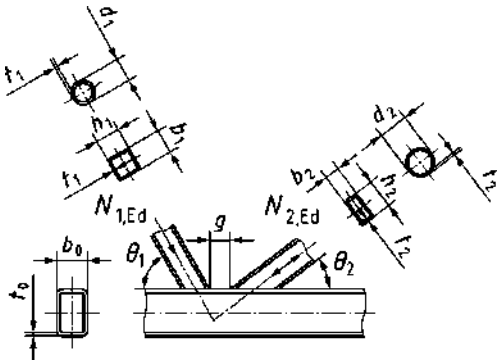
$$b_{\mathrm{e,p}} = \frac{10}{b_0/t_0}b_1, \text{ але } b_{\mathrm{e,p}} \le b_1 \qquad d_{\mathrm{e,p}} = \frac{10}{b_0/t_0}d_1 \text{ , але } d_{\mathrm{e,p}} \le d_1$$

[a] У разі в'язевих елементів із профілю з круглим перерізом вказані вище значення опору помножують на $\pi/4$; b_1 та h_1 замінюють на d_1; b_2 та h_2 на d_2, а b_{eff} та $b_{\mathrm{e,p}}$ на d_{eff} та $d_{\mathrm{e,p}}$, за винятком відмови внаслідок зсуву перерізу поясу.

[b] Щодо з'єднань X-подібної конфігурації, у яких $\cos\theta_1 > h_1/h_0$, розрахунковий опір зсуву поясу перевіряють із застосуванням таблиці 9.16, прийнявши $\alpha = 0$.

[c] У разі $0{,}85 < \beta < 1{,}0$ можна застосувати лінійну інтерполяцію між значеннями опору, що відповідають $\beta = 0{,}85$ (у ситуаціях пластичної деформації поясу, відмови в'язевого елемента і зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу) та $\beta = 1{,}0$ (у ситуаціях відмови бічної стінки поясу, відмови в'язевого елемента та відмови внаслідок зсуву перерізу поясу)

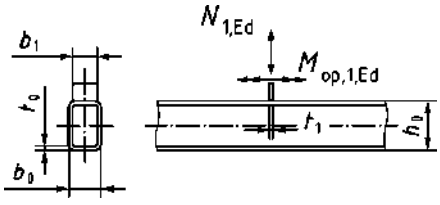
Таблиця 9.16 – Розрахункові значення осьового опору зварних з'єднань K- та N-подібних конфігурацій із проміжком, що містять сполучення в'язевих елементів CHS[a] чи RHS з елементами поясу RHS

З'єднання K- та N-подібної конфігурації з проміжком $(i = 1 \text{ чи } 2)$	
	**Пластична деформація поясу** $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{8{,}9 C_{\mathrm{f}} \beta \gamma^{0{,}5} \dfrac{f_{\mathrm{y0}} t_0^2}{\sin \theta_{\mathrm{i}}} Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ **Відмова внаслідок зсуву перерізу поясу** $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{\mathrm{y0}} A_{\mathrm{v,0,gap}}}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{i}}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ $N_{\mathrm{0,V,Rd}} = \dfrac{\left(A_0 - A_{\mathrm{v,0,gap}}\right) f_{\mathrm{y0}} + A_{\mathrm{v,0,gap}} f_{\mathrm{y0}} \sqrt{1 - \left(\dfrac{V_{\mathrm{0,gap,Ed}}}{V_{\mathrm{0,gap,Rd}}}\right)^2}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ де $V_{\mathrm{0,gap,Ed}} = \max\{\lvert N_{\mathrm{i,Ed}} \sin \theta_{\mathrm{i}} \rvert\}$ $V_{\mathrm{0,gap,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{y0}}{\sqrt{3}} A_{\mathrm{v,0,gap}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ **Відмова в'язевого елемента** $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}} (2h_{\mathrm{i}} - 4t_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{eff}})}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:** перевіряння виконують, якщо $b_{\mathrm{i}} \le (b_0 - 2t_0)$ $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{f}} \dfrac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{i}}} \left(\dfrac{2h_1}{\sin\theta_{\mathrm{i}}} + b_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{e,p}}\right)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

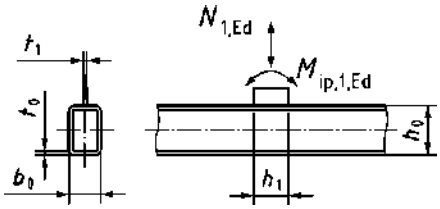
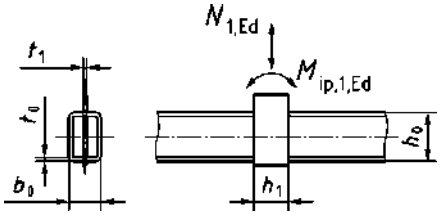
Кінець таблиці 9.16

З’єднання K- та N-подібної конфігурації з проміжком $(i = 1 \text{ чи } 2)$
де $A_{\mathrm{v,0,gap}} = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$ у цій формулі α = 0 у разі в’язевого елемента з профілю з круглим перерізом, а в разі в’язевого елемента з профілю з квадратним чи прямокутним перерізом α обчислюють за формулою: $\alpha = \sqrt{\dfrac{1}{1 + \dfrac{4g^2}{3t_0^2}}}$ $b_{\mathrm{eff}} = \dfrac{10}{b_0/t_0}\dfrac{f_{y0}t_0}{f_{\mathrm{yi}}t_{\mathrm{i}}}b_{\mathrm{i}}$, але $b_{\mathrm{eff}} \le b_{\mathrm{i}}$ $\quad$ $d_{\mathrm{eff}} = \dfrac{10}{b_0/t_0}\dfrac{f_{y0}t_0}{f_{\mathrm{yi}}t_{\mathrm{i}}}d_{\mathrm{i}}$, але $d_{\mathrm{eff}} \le d_{\mathrm{i}}$ $b_{\mathrm{e,p}} = \dfrac{10}{b_0/t_0}b_{\mathrm{i}}$, але $b_{\mathrm{e,p}} \le b_{\mathrm{i}}$ $\quad$ $d_{\mathrm{e,p}} = \dfrac{10}{b_0/t_0}d_{\mathrm{i}}$, але $d_{\mathrm{e,p}} \le d_{\mathrm{i}}$
[a] У разі в’язевих елементів із профілю з круглим перерізом вказані вище значення опору помножують на $\pi/4$; b_1 та h_1 замінюють на d_1; b_2 та h_2 на d_2, а b_{eff} та $b_{\mathrm{e,p}}$ на d_{eff} та $d_{\mathrm{e,p}}$, за винятком відмови внаслідок зсуву перерізу поясу

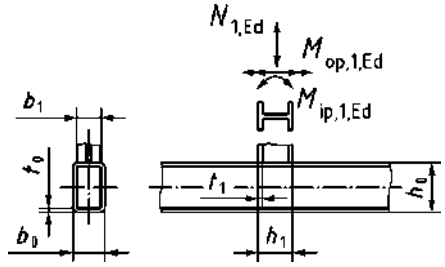
Таблиця 9.17 – Розрахунковий опір пластини чи двотаврового профілю нормального і широкополичного (θ_1 = 90°), сполучених з елементами поясу RHS

З’єднання T- та X-подібної конфігурації: поперечна пластина [a]	
	**Пластична деформація поясу:** перевіряння виконують, якщо $\beta \le 0{,}85$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{f}}f_{\mathrm{y0}}t_0^2\left[\dfrac{2 + 2{,}8\beta}{\sqrt{1 - 0{,}9\beta}}\right]Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
	Відмова бічної стінки поясу, за якої $\beta = 1{,}0$ [a] $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2C_{\mathrm{f}}f_{\mathrm{y0}}t_0(t_1 + 5t_0)Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

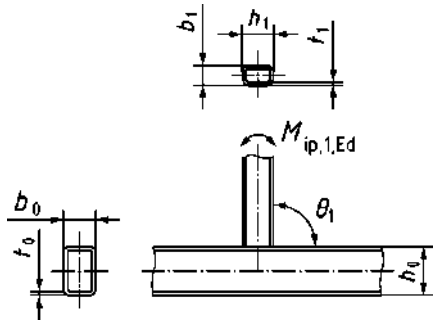
Продовження таблиці 9.17

З'єднання Т- та Х-подібної конфігурації: поперечна пластина [a]	
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу: перевіряння виконують, якщо $b_1 \leq (b_0 - 2t_0)$ $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f}\dfrac{f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}} t_0 (2t_1 + 2b_{\mathrm{e,p}})}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
	Відмова пластини (в'язевого елемента) $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}1} t_1 b_{\mathrm{eff}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
З'єднання Т- та Х-подібної конфігурації: поздовжня пластина	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2Q_\mathrm{f} C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0} t_0^2 \left[\eta + 2\sqrt{1 - \dfrac{t_1}{b_0}}\right]}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{\dfrac{C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}} t_0 (2h_1 + 2t_1)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
З'єднання Т-подібної конфігурації: поздовжня наскрізна пластина	
	**Пластична деформація поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{4Q_\mathrm{f} C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0} t_0^2 \left[\eta + 2\sqrt{1 - \dfrac{t_1}{b_0}}\right]}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ **Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу** $N_{1,\mathrm{Rd}} = \dfrac{2\dfrac{C_\mathrm{f} f_{\mathrm{y}0}}{\sqrt{3}} t_0 (2h_1 + 2t_1)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

Кінець таблиці 9.17

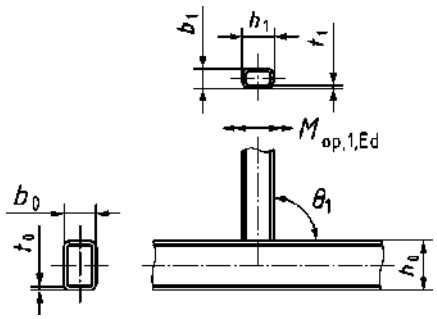
З'єднання Т-подібної конфігурації: двотаврові профілі нормальні чи широкополиці	
	$N_{1,Rd} = 2N^*_{1,Rd}$ $M_{ip,1,Rd} = N^*_{1,Rd}(h_1 - t_1)$ де $N^*_{1,Rd}$ – розрахунковий опір з'єднання Т-подібної конфігурації з поперечною пластиною з такими самими розмірами, що і полиці двотаврових профілів нормальних чи широкополиці
де $b_{eff} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{y0}t_0}{f_{y1}t_1}\right)b_1$, але $\leq b_1$	$b_{e,p} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)b_1$, але $\leq b_1$
[a] У разі $0{,}85 < \beta < 1{,}0$ можна застосувати лінійну інтерполяцію між значеннями опору, що відповідають $\beta = 0{,}85$ (за пластичної деформації поясу, зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу й відмови пластини (в'язі)) та $\beta = 1{,}0$ (за відмови бічної стінки поясу, пластини (в'язі)).	

Таблиця 9.18 – Розрахункові значення опору щодо моменту для Т- та Х-подібних конфігурацій зварних з'єднань в'язевих елементів RHS з елементами поясу RHS

Згин у площині	
	**Пластична деформація поясу** перевіряння виконують, якщо $\beta \leq 0{,}85$ $M_{ip,1,Rd} = \frac{C_f f_{y0} t_0^2 h_1 \left(\frac{1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{1-\beta}\right) Q_f}{\gamma_{M5}}$
	Відмова бічної стінки поясу, за якої $\beta = 1{,}0$ [a] $M_{ip,1,Rd} = \frac{0{,}5 C_f f_b t_0 (h_1 + 5t_0)^2 Q_f}{\gamma_{M5}}$
	Відмова в'язевого елемента $M_{ip,1,Rd} = \frac{C_f f_{y1}\left[W_{ip,pl,1} - \left(1 - \frac{b_{eff}}{b_1}\right) b_1 (h_1 - t_1) t_1\right]}{\gamma_{M5}}$
	Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу $M_{ip,1,Rd} = \frac{C_f \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \left(0{,}33 h_1^2 + b_{e,p} h_1\right)}{\gamma_{M5}}$

Кінець таблиці 9.18

Згин із площини [b]



Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу

$$M_{\mathrm{ip,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}} \frac{f_{\mathrm{y0}}}{\sqrt{3}} t_0 \left(0{,}33 h_1^2 + b_{\mathrm{e,p}} h_1\right)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$

$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{y0}} t_0^2 b_1 \left[\frac{h_1(1+\beta)}{2b_1(1-\beta)} + \sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta(1-\beta)}}\right] Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$

Відмова бічної стінки поясу,[a] за якої $\beta = 1{,}0$

$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{b}} t_0 (b_0 - t_0)(h_1 + 5t_0) Q_{\mathrm{f}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$

Відмова в'язевого елемента

$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{y1}} \left[W_{\mathrm{op,pl,1}} - 0{,}5 t_1 (b_1 - b_{\mathrm{eff}})^2\right]}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$

Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу

$$M_{\mathrm{op,1,Rd}} = \frac{C_{\mathrm{f}} \frac{f_{\mathrm{y0}}}{\sqrt{3}} t_0 \left[h_1 b_1 + 0{,}33\left(b_1^2 - \left(b_1 - b_{\mathrm{e,p}}\right)^2\right)\right]}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$$

де

згин у площині в'язевого елемента з'єднання T- та Y-подібних конфігурацій: $f_{\mathrm{b}} = \chi f_{\mathrm{y0}}$;

згин із площини в'язевого елемента з'єднання X-подібної конфігурації: $f_{\mathrm{b}} = 0{,}8\chi f_{\mathrm{y0}}$,

де χ – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості за згинальною формою, див. таблицю 9.15.

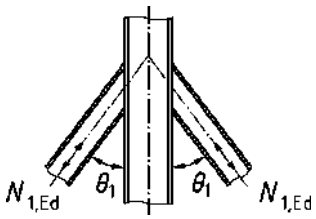
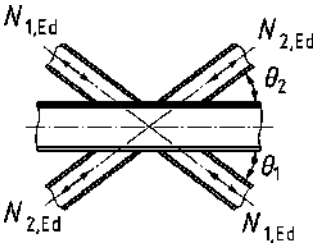
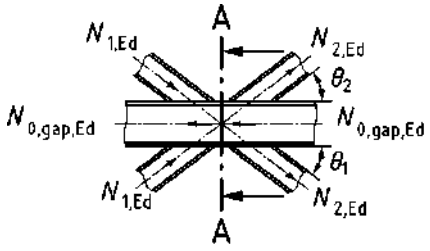
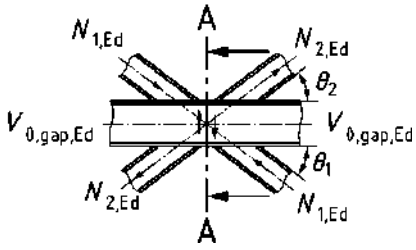
$$b_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{y1}} t_1}\right) b_1 \text{ , але} \leq b_1$$

Примітка. У разі $\theta_1 < 90^{\mathrm{o}}$ ці рівняння надають результати «із запасом» міцності.

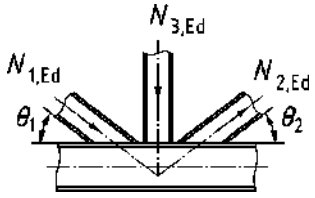
[a] У разі $0{,}85 < \beta < 1{,}0$ можна застосувати лінійну інтерполяцію між значеннями опору, що відповідають $\beta = 0{,}85$ (у ситуаціях пластичної деформації поясу й відмови в'язевого елемента) та $\beta = 1{,}0$ (у ситуаціях відмови в'язевого елемента й відмови бічної стінки поясу).

[b] Вживають запобіжних заходів, щоб уникнути змінення форми перерізу поясу внаслідок дії моментів із площини.

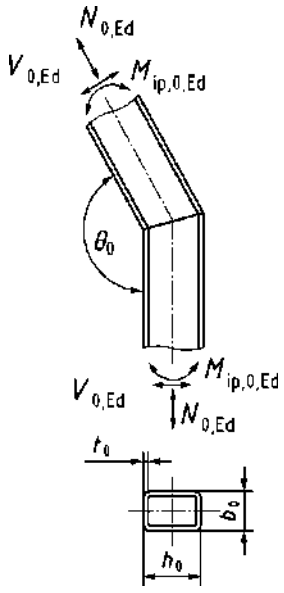
Таблиця 9.19 – Розрахункові критерії для інших конфігурацій зварних з'єднань в'язевих елементів RHS з елементами поясу RHS [a, b]

З'єднання DY-подібної конфігурації: обидві сили (стиску чи розтягу) діють на в'язевий елемент в одному напрямку	
	$N_{1,\mathrm{Ed}} \le N_{1,\mathrm{Rd}}$ де $N_{1,\mathrm{Rd}}$ приймають із таблиці 9.15 для з'єднання X-подібної конфігурації. Перевіряння стосовно відмови за зсуву перерізу поясу не потрібно.
З'єднання DX-подібної конфігурації з проміжком: усі сили (стиску чи розтягу) діють на в'язевий елемент в одному напрямку	
	$N_{1,\mathrm{Ed}} \sin\theta_1 + N_{2,\mathrm{Ed}} \sin\theta_2 \le \max\left(\left\|N_{1,\mathrm{Rd}} \sin\theta_1\right\|, \left\|N_{2,\mathrm{Rd}} \sin\theta_2\right\|\right)$ де $N_{\mathrm{i,Rd}} \sin\theta_{\mathrm{i}}$ $(i = 1 \text{ чи } 2)$ приймають із таблиці 9.15 для з'єднання X-подібної конфігурації
З'єднання DK-подібної конфігурації з проміжком: на елемент 1 діють сили стиску, а на елемент 2 – сили розтягу	
 	$N_{\mathrm{i,Ed}} \le N_{\mathrm{i,Rd}}$ $(i = 1 \text{ чи } 2)$ де $N_{\mathrm{i,Rd}}$ приймають із таблиці 9.16 для з'єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком. Якщо в проміжку виникають зсувні зусилля, то стосовно поперечного перерізу поясу A-A у проміжку дотримують такої вимоги $V_{0,\mathrm{gap,Ed}} \le V_{0,\mathrm{gap,Rd}}$ $N_{0,\mathrm{V,Rd}} = \dfrac{\left(A_0 - A_{\mathrm{v},0,\mathrm{gap}}\right) f_{y0} + A_{\mathrm{v},0,\mathrm{gap}} f_{y0} \sqrt{1 - \left(\dfrac{V_{0,\mathrm{gap,Ed}}}{V_{0,\mathrm{gap,Rd}}}\right)^2}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ $V_{0,\mathrm{gap,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{y0}}{\sqrt{3}} A_{\mathrm{v},0,\mathrm{gap}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$, де $A_{\mathrm{v},0,\mathrm{gap}} = 2h_0 t_0 + 2\alpha b_0 t_0$

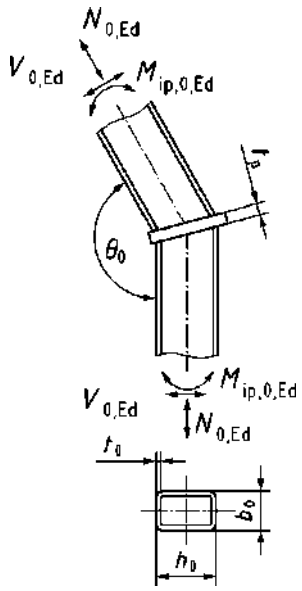
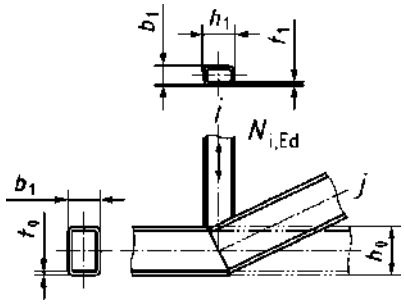
Кінець таблиці 9.19

З'єднання КТ-подібної конфігурації з проміжком (у цьому прикладі: елементи 1 та 3 піддано стиску, а елемент 2 – розтягу)	
	$N_{1,\mathrm{Ed}} \sin\theta_1 + N_{3,\mathrm{Ed}} \sin\theta_3 \le N_{1,\mathrm{Rd}} \sin\theta_1$ $N_{2,\mathrm{Ed}} \sin\theta_2 \le N_{1,\mathrm{Rd}} \sin\theta_1$ де $N_{1,\mathrm{Rd}}$ приймають із таблиці 9.16 для з'єднань K- та N-подібної конфігурації із проміжком, але з коефіцієнтом за фактичної ширини з'єднання КТ-подібної конфігурації, див. формулу (9.3)
[a] Розрахунковий опір застосовують як за пластичної деформації поясу згідно з таблицями 9.15 та 9.16. [b] Перевіряння щодо відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу виконують для кожного в'язевого елемента.	

Таблиця 9.20 – Розрахункові критерії для зварних з'єднань елементів RHS колиноподібної конфігурації та поясів колінчатої форми

Непідсилене з'єднання колиноподібної конфігурації	
	Для поперечного перерізу дотримують відповідності класу 1 щодо осьового стиску, див. EN 1993-1-1, а також відповідності таким критеріям: $N_{0,\mathrm{Ed}} \le 0{,}2N_{0,\mathrm{Rd}}$ та $V_{0,\mathrm{Ed}} \le 0{,}5V_{0,\mathrm{Rd}}$ та $\frac{\lvert N_{0,\mathrm{Ed}}\rvert}{N_{0,\mathrm{Rd}}} + \frac{\lvert M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Ed}}\rvert}{M_{\mathrm{ip},0,\mathrm{Rd}}} \le \kappa$ де $\kappa = 1 - \left(\sqrt{2}\cos(\theta_0/2)\right)(1-\kappa_{90})$ за умови $90^{\mathrm{o}} < \theta_0 < 180^{\mathrm{o}}$ κ_{90} – значення κ за умови $\theta_0 = 90^{\mathrm{o}}$ $\kappa_{90} = \left(\frac{3\sqrt{b_0/h_0}}{[b_0/t_0]^{0,8}} + \frac{1}{1+2\,b_0/h_0}\right)\varepsilon$ та $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{\mathrm{y0}}}}$, де f_{y0} у Н/мм^2

Кінець таблиці 9.20

З’єднання коліноподібної конфігурації зі вставною пластиною	
	Для поперечного перерізу дотримують відповідності класу 1 чи 2 щодо осьового стиску, див. EN 1993-1-1, а також таких критеріїв: $t_p \geq 1{,}5t_0$, але ≥ 10 мм та $\frac{\lvert N_{0,Ed}\rvert}{N_{0,Rd}} + \frac{\lvert M_{ip,0,Ed}\rvert}{M_{ip,0,Rd}} \leq 1{,}0$
Конфігурація поясу колінчатої форми (з уявним продовженням поясу)	
	Для поперечного перерізу дотримують відповідності класу 1 щодо осьового стиску, див. EN 1993-1-1, а також таких критеріїв: $N_{i,Ed} \leq N_{i,Rd}$ де $N_{i,Rd}$ приймають із таблиці 9.28 для з’єднань K- та N-подібної конфігурації із перекриванням унапуск елементів. Для поясу колінчатої форми дотримують також вимоги щодо опору, як і для непідсиленого з’єднання коліноподібної конфігурації, див. вище.
Значення розрахункового опору $N_{0,Rd}$, $V_{0,Ed}$ та $M_{ip,0,Rd}$ визначають згідно з EN 1993-1-1, застосовуючи розрахункове значення опору згинальному моменту в площині за пластичної деформації поясу	

9.7.2.2 Підсилені з’єднання

(1) Можна застосовувати різні типи підсилення з’єднань залежно від типу відмови, яким обумовлено розрахунковий опір з’єднання, що визначають за відсутнього підсилення.

(2) Можна застосовувати підсилювальні пластини для полиць, щоб підвищити опір з’єднання пластичній деформації поясу, відмові внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу та відмові в’язевого елемента зі зменшенням ефективної ширини.

(3) Можна застосувати пару бічних пластин для (двобічного) підсилення з’єднання, щоб запобігти відмові бічної стінки поясу чи відмові внаслідок зсуву перерізу поясу.

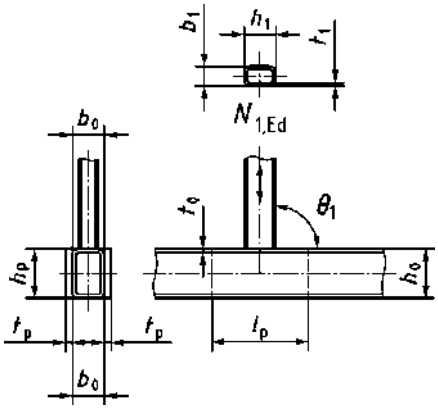
(4) Щоб уникнути часткового перекривання унапуск в’язевих елементів у з’єднаннях K- та N-подібних конфігурацій, ці в’язеві елементи можна приварити до розділювальної пластини (вертикального ребра жорсткості).

(5) Можна використовувати також будь-які комбінації цих типів підсилення з’єднань.

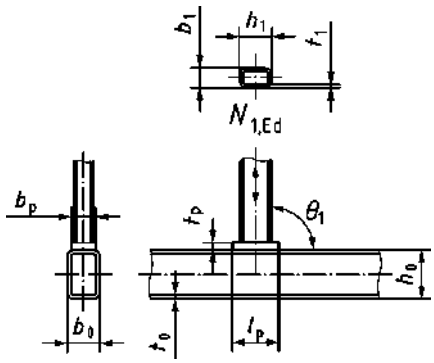
(6) Марку сталі, застосовної для підсилення, обирають не нижчу за марку сталі елемента поясу.

(7) Розрахунковий опір підсилених з’єднань визначають згідно з таблицями 9.21 та 9.22.

Таблиця 9.21 – Розрахункові значення опору підсилених зварних з'єднань T-, Y- та X-подібних конфігурацій, що містять сполучення в'язевих елементів CHS[a] чи RHS з елементами поясу RHS

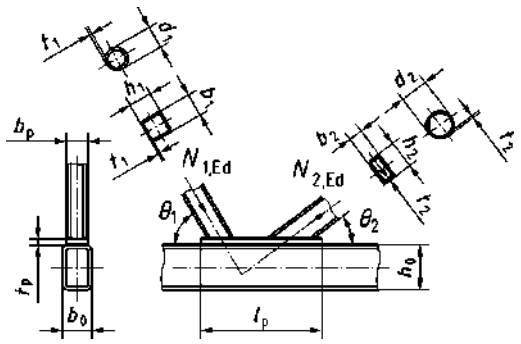
Підсилене з'єднання з бічними пластинами	
	**Для з'єднань T- і Y-подібних конфігурацій** $l_p \geq 1{,}5\left(\frac{h_1}{\sin\theta_1}\right)$ та $h_p \geq h_0 - 2t_0$ **Для з'єднань X-подібних конфігурацій** $l_p \geq 1{,}5\left(\frac{h_1}{\sin\theta_1} + \frac{h_0}{\tan\theta_1}\right)$ та $h_p \geq h_0 - 2t_0$ **Розрахункові перевіряння** Виконують перевіряння щодо відмови внаслідок пластичної деформації поясу, відмови бічної стінки поясу, відмови в'язевого елемента, відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу й унаслідок зсуву перерізу поясу, використовуючи розрахунковий опір $N_{1,Rd}$, установлений у таблиці 9.15 для з'єднань T-, Y- чи X-подібних конфігурацій щодо ситуації відмови бічної стінки поясу: – f_b t_0 замінюють на найменше зі значень $f_b(t_0 + t_p)$ та $f_{bp}(t_0 + t_p)$, де f_b обчислюють, застосовуючи значення t_0 та f_{y0}; – f_{bp} – напруження за втрати стійкості підсилювальної пластини, що розраховують за формулою для f_b, замінивши в ній t_0 на t_p, а f_{y0} – на f_{yp}. Перевіряння щодо відмови внаслідок зсуву перерізу поясу з'єднання X-подібної конфігурації за умови $\cos\theta_1 > h_1/h_0$ виконують із застосуванням значення опору зсуву пластини, яке додають до значення розрахункового опору, визначеного згідно з таблицею 9.15 як опір бічної стінки поясу

Кінець таблиці 9.21

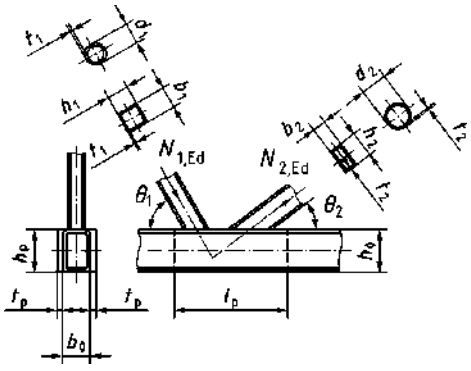
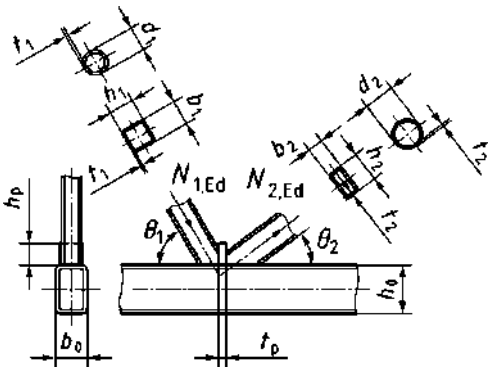
Підсилене з'єднання з листовими накладками	
	**Для з'єднань T-, Y- та X-подібних конфігурацій** $l_p \geq \frac{h_1}{\sin\theta_1} + \sqrt{b_p(b_p - b_1)}$, але та $b_p \geq b_0 - 2t_0$ $\geq 1{,}5\left(\frac{h_1}{\sin\theta_1}\right)$ **Розрахункові перевіряння** Визначають розрахунковий опір $N_{1,Rd}$ для з'єднань T-, Y- чи X-подібних конфігурацій із таблиці 9.15, але для ситуацій відмови внаслідок пластичної деформації поясу, відмови в'язевого елемента й відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу зазначений у таблиці 9.15 розрахунковий опір $N_{1,Rd}$ обчислюють так: – $Q_f = 1{,}0$; – f_{y0} та f_{u0} замінюють на f_{yp} та f_{up}, відповідно; – t_0 замінюють на t_p ; – щоб обчислити b_{eff} та $b_{e,p}$,вираз b_0/t_0 замінюють на b_p/t_p ; – β замінюють на $\beta_p = b_1/b_p$; – η замінюють на $\eta_p = h_1/b_p$; Щоб визначити сили стиску, враховують внесок полиці поясу в ситуації відмови внаслідок пластичної деформації поясу та внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу, додавши відповідне значення розрахункового опору $N_{1,Rd}$ з таблиці 9.15 до внеску листової накладки, див. вище

[a] У разі в'язевих елементів із профілю з круглим перерізом, у наведених вище формулах b_1 та h_1 замінюють на d_1 та застосовують розрахунковий опір, зазначений у таблицях 9.15 та 9.16 (для ситуації відмови внаслідок зсуву перерізу поясу)

Таблиця 9.22 – Розрахункові значення опору підсилених зварних з'єднань K- та N-подібних конфігурацій, що містять сполучення в'язевих елементів CHS[a] чи RHS з елементами поясу RHS

Конфігурації з'єднань із проміжком, підсилених листовими накладками	
	**Для з'єднань K- та N-подібної конфігурації** $l_p \geq 1{,}5\left(\frac{h_1}{\sin\theta_1} + g + \frac{h_2}{\sin\theta_2}\right)$ та $b_p \geq b_0 - 2t_0$ **Розрахункові перевіряння** Значення $N_{i,Rd}$ приймають як таке, що дорівнює $N_{i,Rd}$ для з'єднань K- та N-подібної конфігурації з проміжком, згідно з таблицею 9.16. Для ситуацій відмови внаслідок пластичної деформації поясу, відмови в'язевого елемента й відмови внаслідок зсуву з вириванням лицьової поверхні поясу: – f_{y0} та f_{u0} замінюють на f_{yp} та f_{up}, відповідно; – t_0 замінюють на t_p ; Стосовно β та η, b_0 замінюють на b_p

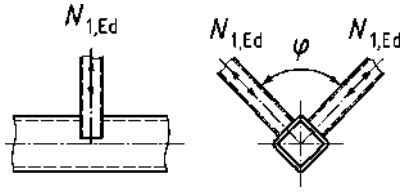
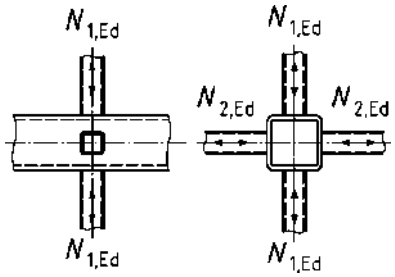
Кінець таблиці 9.22

<table>
<tr><td colspan="2">Конфігурації з’єднань із проміжком, підсилених парою бічних пластин</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>Для з’єднань K- та N-подібної конфігурації
$l_{\mathrm{p}} \geq 1{,}5\left(\frac{h_1}{\sin\theta_1} + g + \frac{h_2}{\sin\theta_2}\right)$ та $h_{\mathrm{p}} \geq h_0 - 2t_0$</td></tr>
<tr><td>Розрахункові перевіряння
$N_{\mathrm{i,Rd}}$ приймають як таке, що дорівнює $N_{\mathrm{i,Rd}}$ для з’єднань K- та N-подібної конфігурації з проміжком, згідно з таблицею 9.16 щодо відмови внаслідок зсуву перерізу поясу:
– f_{y0} замінюють на менше зі значень f_{y0} та f_{yp} ;
– A_0 замінюють на $A_0 + 2h_0t_{\mathrm{p}}$;
– $A_{\mathrm{v,0,gap}}$ замінюють на $2h_0\left(t_0 + t_{\mathrm{p}}\right) + \alpha b_0 t_0$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Розділювальна пластина між в’язевими елементами у конфігурації з’єднання з перекриванням унапуск елементів</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>Вимоги щодо товщини пластини
$t_{\mathrm{p}} \geq 2t_1$ та $t_{\mathrm{p}} \geq 2t_2$</td></tr>
<tr><td>Розрахункові перевіряння
$N_{\mathrm{i,Rd}}$ приймають як таке, що дорівнює $N_{\mathrm{i,Rd}}$ для з’єднань K- та N-подібної конфігурації з перекриванням унапуск елементів за умови $\lambda_{\mathrm{ov}} > 0{,}25$, але виконуючи перевіряння щодо відмови в’язевого елемента стосовно обох таких елементів, b_{i}, t_{i} замінюють на b_1, t_1 та b_2, t_2, а f_{yi} замінюють на f_{y1} та f_{y2}. Стосовно перекритої унапуск пластини b_{i}, t_{j} та f_{yj} замінюють на b_{p}, t_{p} та f_{yp}.</td></tr>
<tr><td colspan="2">[a] У разі в’язевих елементів із профілю з круглим перерізом, у наведених вище формулах b_1 та h_1 замінюють на d_1, b_2 та h_2 замінюють на d_2 та застосовують розрахунковий опір, зазначений у таблицях 9.16 чи 9.28</td></tr>
</table>

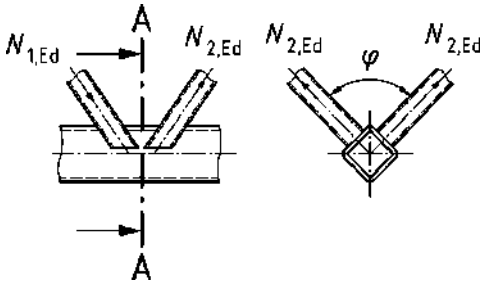
9.7.3 Конфігурації просторових з'єднань

(1) Розрахунковий опір у кожній розглядуваній площині конфігурації просторового з'єднання, у якій діють навантаги внаслідок переважно осьових сил, визначають згідно з 9.7.2, застосовуючи до значення опору відмові внаслідок руйнування лицьової поверхні поясу коефіцієнт просторовості μ із таблиці 9.23. У з'єднаннях KK-подібної конфігурації виконують також перевіряння зони проміжку щодо взаємодії навантаги внаслідок зсуву та осьової сили з урахуванням фактично прикладеної до поясу сили.

Таблиця 9.23 – Значення коефіцієнта просторовості μ, застосовні в ситуації відмови внаслідок пластичної деформації поясу[a] у конфігураціях просторових з'єднань порожнистих профілів із квадратними перерізами

З'єднання TT-подібної конфігурації: елементи 1 може бути піддано розтягу чи стиску	
	$\mu = 1{,}0$
З'єднання XX-подібної ($\theta_i = 90°$) конфігурації ($i = 1$ чи 2): елементи 1 та 2 може бути піддано розтягу чи стиску	
	$\mu = 1 + 0{,}35\frac{N_{2,Ed}}{N_{1,Ed}}$ Має бути враховано знак $N_{1,Ed}$ та $N_{2,Ed}$, а також умову $\lvert N_{2,Ed}\rvert \leq \lvert N_{1,Ed}\rvert$. $N_{2,Ed}/N_{1,Ed}$ є від'ємним значенням, якщо елементи, розташовані в одній площині, піддано розтягу, а в іншій площині – стиску.

Кінець таблиці 9.23

З'єднання КК-подібної конфігурації з проміжком[b] $(i = 1 \text{ чи } 2)$**:** елементи 1 піддано стиску, а елементи 2 – розтягу	
	$\mu = 1{,}0$ якщо у з'єднанні КК-подібної конфігурації із проміжком поперечний переріз А-А у проміжку поясу задовольняє такий критерій: $\left(\frac{N_{0,\text{gap,Ed}}}{N_{0,\text{Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{V_{0,\text{gap,Ed}}}{V_{0,\text{gap,Rd}}}\right)^2 \leq 1{,}0$, де $N_{0,\text{Rd}} = \frac{A_0 f_{y0}}{\gamma_{\text{M5}}}$; $V_{0,\text{gap,Ed}} = 2N_{\text{i,Ed}} \sin\theta_{\text{i}} \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)$; $V_{0,\text{gap,Rd}} = \frac{\frac{f_{y0}}{\sqrt{6}} A_0}{\gamma_{\text{M5}}}$
Примітка. У разі кутів $\varphi \neq 90°$ та $\theta_{\text{i}} \neq 90°$ розрахунок з'єднань XX-подібної конфігурації може бути виконано числовими методами	
[a] Щодо інших типів відмови μ=1,0 (див. таблиці 9.15, 9.16 та 9.28). [b] У яких $N_{1,\text{Ed}}$ у двох суміжних площинах є стискальними за однакової величини дії, а $N_{2,\text{Ed}}$ у двох суміжних площинах є розтягувальними за однакової величини дії.	

9.8 Зварні з'єднання в'язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу, виконаними з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних

(1) Розрахунковий опір зварних з'єднань в'язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу, виконаними з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних, визначають згідно з таблицею 9.25 чи таблицею 9.26, дотримуючи умови, за якої геометричні характеристики з'єднань не перевищують граничні значення із таблиці 9.24.

(2) Якщо конфігурації з'єднань задовольняють критерії, зазначені в таблиці 9.24, то всі типи відмови, окрім описаних у відповідній

таблиці, можна не враховувати. Розрахунковий опір з'єднання приймають як найменше значення з усіх застосовних типів відмови.

(3) Для конфігурацій з'єднань, які не задовольняють наведені у таблиці 9.24 критерії, розглядають усі типи відмови, перелічені в 9.4.2(1). Крім того, в конфігураціях з'єднань ураховують вторинні моменти, обумовлені поворотною жорсткістю.

(4) У з'єднаннях в'язевих елементів, підданих дії лише осьових сил, забезпечують умови, за яких розрахункова осьова сила $N_{\mathrm{i,Ed}}$ не перевищуватиме розрахункового осьового опору $N_{\mathrm{i,Rd}}$ з таблиці 9.25 у з'єднанні, що містить зварне з'єднання.

(5) З'єднання в'язевих елементів, підданих комбінації згину та дії осьової сили, проєктують, дотримуючи умови:

$$\frac{\left|N_{\mathrm{i,Ed}}\right|}{N_{\mathrm{i,Rd}}} + \frac{\left|M_{\mathrm{ip,i,Ed}}\right|}{M_{\mathrm{ip,i,Rd}}} \leq 1{,}0 \qquad (9.11)$$

(6) Розрахункове значення згинального моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Ed}}$ згідно з (5) можна прийняти як значення в точці перетину осьової лінії в'язевого елемента з лицьовою поверхнею елемента поясу.

(7) Розрахунковий опір згинальному моменту в площині $M_{\mathrm{ip,i,Rd}}$ визначають згідно з таблицею 9.26.

Примітка. Розмір h_{z}, застосований у таблиці 9.26, визначають як відстань між центрами ваги за ефективною шириною частин балки RHS, сполученої з колоною з двотаврового профілю нормального чи широкополичного, див. рисунок 9.8.

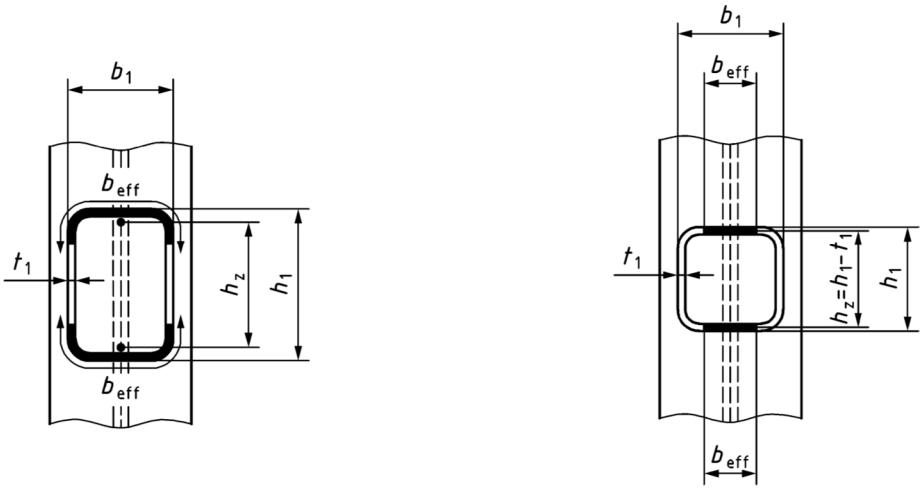


Рисунок 9.8 – Визначення розміру h_z

(8) Якщо в поясі використовують елементи жорсткості, див. рисунок 9.9, то розрахунковий опір відмові в'язевих елементів $N_{i,Rd}$ у з'єднаннях T-, Y-, X- та K-, а також N-подібних конфігурацій із проміжком (див. таблицю 9.25) визначають за формулами:

$$N_{i,Rd} = \frac{2f_{yi}t_i\left(b_{eff} + b_{eff,s}\right)}{\gamma_{M5}} \tag{9.12}$$

та

$b_{eff} = t_w + 2r + 7t_0\frac{f_{y0}}{f_{yi}}$, але $\leq b_i + h_i - 2t_i$;

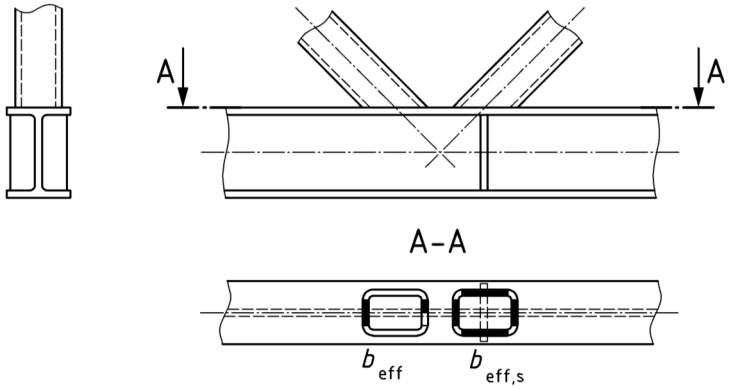
$b_{eff,s} = t_s + 2a + 7t_0\frac{f_{y0}}{f_{yi}}$, але $\leq b_i + h_i - 2t_i$;

$b_{eff} + b_{eff,s} \leq b_i + h_i - 2t_i$,

де

a – товщина зварного шва, яким прикріплюють елемент жорсткості; у разі застосування односторонніх кутових швів замість «2a» приймають «a»;

s – підрядковий індекс, який означає відношення до елемента жорсткості.



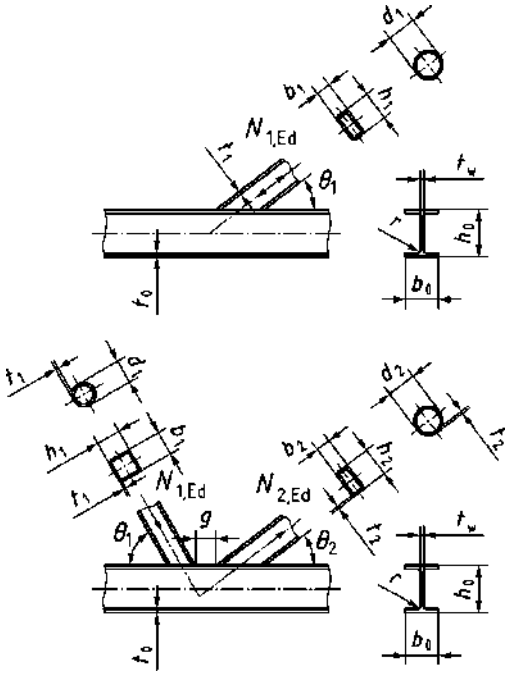
Ефективний периметр в’язевого елемента:
без елементів жорсткості (ліворуч) та з елементами жорсткості (праворуч)

Рисунок 9.9 – Елементи жорсткості поясу, виконаного з нормального двотаврового профілю

Таблиця 9.24 – Діапазон прийнятності застосовних значень для зварних з’єднань в’язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу з двотаврового профілю нормального чи широкополичного

Вимоги щодо з’єднань			
Коефіцієнт за шириною –	Кути –	Розмір проміжку $g \geq t_1 + t_2$	Коефіцієнт за висотою стінки елемента –
Вимоги щодо елементів (товщина стінки $\boldsymbol{t} \geq$ 1,5 мм)			
Пояс	$h_w \leq 400$ мм		
В’язі CHS	$d_i/t_i \leq 50, t_i \geq 1{,}5$ мм		
В’язі RHS	$h_i/t_i \leq 35, b_i/t_i \leq 35$ та $0{,}5 \leq h_i/b_i \leq 2{,}0, t_i \geq 1{,}5$ мм		
Елементи RHS, CHS, стінки та полиці з двотаврового профілю нормального чи широкополичного проєктують із поперечними перерізами класу 1 чи 2. Сітки поясів у разі з’єднань Х-подібної конфігурації проєктують із перерізом класу 1			

Таблиця 9.25 – Розрахункові значення зварних з'єднань в'язевих елементів RHS чи CHS з елементами поясу з двотаврового профілю нормального чи широкополичного

З'єднання Т-, Y-, X-[a], а також К- та N-подібних конфігурацій[b] із проміжком	
	**Відмова в'язевого елемента** $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{2C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}} b_{\mathrm{eff}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$ У разі сталі марок до S355 включно перевіряння щодо відмови в'язевого елемента виконувати не потрібно, якщо: $g/t_{\mathrm{f}} \le 20 - 28\beta$ та $\beta \le 1{,}0 - 0{,}03\gamma$ та в'язі CHS: $0{,}75 \le d_1/d_2 \le 1{,}33$ в'язі RHS: $0{,}75 \le b_1/b_2 \le 1{,}33$
	Відмова стінки поясу [a, b] $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{\mathrm{y0}} t_{\mathrm{w}} b_{\mathrm{w}}}{\sin\theta_{\mathrm{i}}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
	Перевіряння щодо відмови внаслідок зсуву перерізу поясу виконують для з'єднань K- та N-подібних конфігурацій із проміжком та X-подібних конфігурацій за умови $\cos\theta_{\mathrm{i}} > h_{\mathrm{i}}/h_0$ $N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{\mathrm{y0}} A_{\mathrm{v,0,gap}}}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{i}}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$, $N_{\mathrm{0,gap,Rd}} = \dfrac{(A_0 - A_{\mathrm{v,0,gap}}) f_{\mathrm{y0}} + A_{\mathrm{v,0,gap}} f_{\mathrm{y0}} \sqrt{1 - \left(\dfrac{V_{\mathrm{0,gap,Ed}}}{V_{\mathrm{0,gap,Rd}}}\right)^2}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$, де $V_{\mathrm{0,gap,Ed}} = \max\left(\left\lvert N_{\mathrm{i,Ed}} \sin\theta_{\mathrm{i}}\right\rvert\right)$; $V_{\mathrm{0,gap,Rd}} = \dfrac{\dfrac{f_{\mathrm{y0}}}{\sqrt{3}} A_{\mathrm{v,0,gap}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

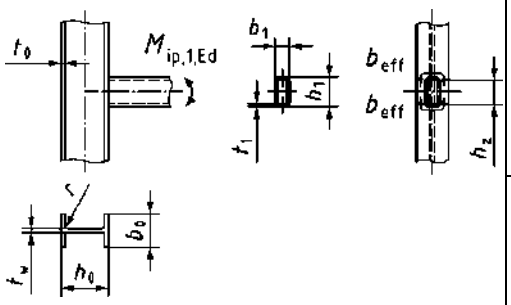
Кінець таблиці 9.25

З'єднання T-, Y-, X-[a], а також K- та N-подібних конфігурацій[b] із проміжком	
де $A_{\mathrm{v,0,gap}} = A_0 - (2-\alpha)b_0 t_0 + (t_\mathrm{w} + 2r)t_0$ причому α = 0 для з'єднань із в'язевими елементами CHS та з'єднань X-подібної конфігурації із в'язевими елементами RHS. Для з'єднань K- та N-подібних конфігурацій із проміжком α визначають за формулою: $\alpha = \sqrt{\dfrac{1}{1+\dfrac{4g^2}{3t_0^2}}}$	
$b_{\mathrm{eff}} = t_\mathrm{w} + 2r + 7t_0\dfrac{f_{\mathrm{y0}}}{f_{\mathrm{yi}}}$, але	$d_{\mathrm{eff}} = t_\mathrm{w} + 2r + 7t_0\dfrac{f_{\mathrm{y0}}}{f_{\mathrm{yi}}}$, але
$\leq b_\mathrm{i} + h_\mathrm{i} - 2t_\mathrm{i}$	$\leq 0{,}5\pi(d_\mathrm{i} - t_\mathrm{i})$
$b_\mathrm{w} = \dfrac{h_\mathrm{i}}{\sin\theta_\mathrm{i}} + 5(t_0 + r)$, але	$d_\mathrm{w} = \dfrac{d_\mathrm{i}}{\sin\theta_\mathrm{i}} + 5(t_0 + r)$, але
$\leq \dfrac{2t_\mathrm{i}}{\sin\theta_\mathrm{i}} + 10(t_0 + r)$	$\leq \dfrac{2t_\mathrm{i}}{\sin\theta_\mathrm{i}} + 10(t_0 + r)$

[a] Якщо стінку поясу піддано стиску, вживають запобіжних заходів, щоб уникнути нестійкості стінки та нестійкості поясу із площини, див. А.5.

[b] Для зварних з'єднань елементів поясу, виконаних із нормального двотаврового профілю, до перевіряння за критерієм щодо відмови стінки поясу вводять також коефіцієнт за матеріалом C_f.

Таблиця 9.26 – Значення розрахункового опору щодо моменту для зварних з'єднань в'язевих елементів із порожнистого профілю з прямокутним перерізом (балок) з елементами поясу з двотаврового профілю нормального чи широкополичного

<table>
<tr><td colspan="2">З'єднання Т-подібної конфігурації ($\boldsymbol{\theta_1 = 90°}$)</td></tr>
<tr><td rowspan="2"> 
</td><td>Відмова в'язевого елемента
$M_{\mathrm{ip,1,Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{y1}} t_1 b_{\mathrm{eff}} h_{\mathrm{z}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
де:
$b_{\mathrm{eff}} = t_{\mathrm{w}} + 2r + 7t_0 \dfrac{f_{\mathrm{y0}}}{f_{\mathrm{y1}}}$, але $b_{\mathrm{eff}} \le b_1 + h_1 - 2t_1$</td></tr>
<tr><td>Відмова стінки поясу[a, b]
$M_{\mathrm{ip,1,Rd}} = \dfrac{0{,}5 f_{\mathrm{y0}} t_{\mathrm{w}} b_{\mathrm{w}} (h_1 - t_1)}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
де:
$b_{\mathrm{w}} = h_1 + 5(t_0 + r)$, але $2t_1 + 10(t_0 + r)$</td></tr>
<tr><td colspan="2">[a] Якщо стінку поясу піддано стиску, вживають запобіжних заходів, щоб уникнути нестійкості стінки та нестійкості поясу із площини, див. А.5.
[b] Для зварних з'єднань елементів поясу з нормального двотаврового профілю до перевіряння за критерієм щодо відмови стінки поясу вводять також коефіцієнт за матеріалом C_{f}.</td></tr>
</table>

9.9 Зварні з'єднання унапуск в'язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу CHS, RHS, виконаними з двотаврових профілів нормальних чи широкополичних або зі швелера

(1) Розрахунковий опір зварних з'єднань у конфігураціях із перекриванням унапуск в'язевих елементів CHS чи RHS з елементами поясу CHS, RHS, із двотаврового профілю нормального чи широкополичного або зі швелера (UPN, CH або UPE, PFC) визначають згідно з таблицями 9.28 та 9.29, дотримуючи умови, за якої геометричні характеристики з'єднань не перевищують граничних значень із таблиці 9.27.

(2) Якщо в’язеві елементи, що перекривають один одного, мають різну товщину та/або виконані зі сталі різних марок, то їх проєктують так, щоб елемент із нижчим значенням $t_i f_{yi}$ перекривав інший елемент.

(3) Якщо в’язеві елементи, що перекривають один одного, мають різну ширину, то їх проєктують так, щоб вужчий елемент перекривав ширший елемент.

(4) Перевіряння щодо відмови в’язевого елемента виконують тільки для одного в’язевого елемента i, що утворює напуск. Ефективність (тобто розрахунковий опір з’єднання, поділений на розрахунковий опір пластичній деформації в’язевого елемента) перекритого внапуск в’язевого елемента j приймають такий, що дорівнює ефективності в’язевого елемента, який утворює напуск.

(5) З’єднання між в’язевими елементами i та j та лицьовою поверхнею поясу перевіряють щодо зсуву, якщо застосовна будь-яка з таких умов:

– $\lambda_{ov} \geq 0{,}6$, а прихований стик перекритого внапуск в’язевого елемента не буде заварено;

– $\lambda_{ov} \geq 0{,}8$, а прихований стик перекритого внапуск в’язевого елемента буде заварено;

– в’язеві елементи виконано з профілю із прямокутним перерізом, у якому $h_i < b_i$ та/або $h_j < b_j$.

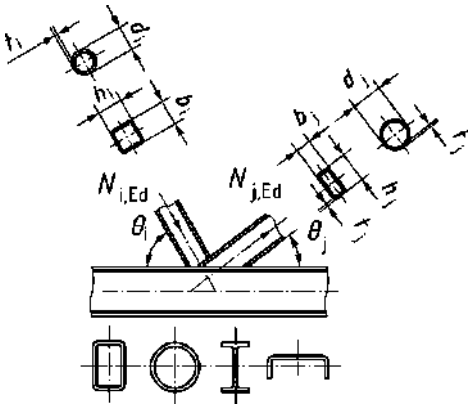
Примітка. Ексцентриситет визначають згідно з 7.1.5(5) і таблицею 9.27.

(6) Для конфігурацій з’єднань, які не задовольняють наведені в таблиці 9.27 критерії, розглядають усі типи відмови, перелічені в 9.4.2(1). Крім того, в конфігураціях з’єднань ураховують вторинні моменти, обумовлені поворотною жорсткістю.

Таблиця 9.27 – Діапазон прийнятності застосовних значень розрахункового осьового опору плоских зварних з'єднань унапуск з елементами поясу CHS, RHS, із двотаврового профілю нормального чи широко поличного або зі швелера

<table>
<tr><td colspan="4">Вимоги щодо з'єднань</td></tr>
<tr><td>Коефіцієнт за шириною
$\frac{d_i}{d_0}$ та $\frac{d_j}{d_0} \geq 0{,}20$
$\frac{b_i}{b_0}$ та $\frac{b_j}{b_0} \geq 0{,}25$
$\frac{d_i}{b_0}$ та $\frac{d_j}{b_0} \geq 0{,}25$
$\frac{d_i}{d_j}$ та $\frac{b_i}{b_j} \geq 0{,}75$</td><td>Кути
θ_i та $\theta_j \geq 30^{oa}$</td><td>Коефіцієнт перекривання унапуск
$\lambda_{ov} \geq 0{,}25$</td><td>Міцність
$f_{yi}\ t_i \leq f_{yj} t_j \leq f_{y0} t_0$</td></tr>
<tr><td colspan="4">Вимоги щодо елементів (товщина стінки $t \geq 1{,}5$ мм)</td></tr>
<tr><td>Пояс</td><td colspan="3">CHS $d_0/t_0 \leq 50$
RHS $b_0/t_0 \leq 35$ та $h_0/t_0 \leq 35$;
$0{,}5 \leq h_0/b_0 \leq 2{,}0$
Двотавровий профіль нормальний чи широкополичний $h_w \leq 400$ мм</td></tr>
<tr><td>В'язі CHS</td><td colspan="3">d_i/t_i та $d_j/t_j \leq 50$</td></tr>
<tr><td>В'язі RHS</td><td colspan="3">$b_i/t_i, h_i/t_i, b_j/t_j$ та $h_j/t_j \leq 35$
$0{,}5 \leq h_i/b_i \leq 2{,}0$ та $0{,}5 \leq h_j/b_j \leq 2{,}0$</td></tr>
<tr><td colspan="4">Елементи RHS, CHS, а також стінки й полиці двотаврового профілю нормального чи широкополичного або швелера, які піддано стиску, проєктують із поперечним перерізом класу 1 чи 2</td></tr>
<tr><td colspan="4">[a] Щодо з'єднань, у яких кути становлять $\theta_i < 30°$, див. 9.3(3)</td></tr>
</table>

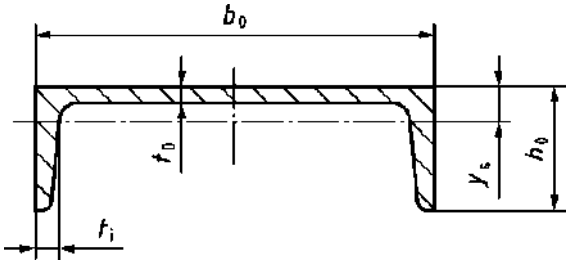
Таблиця 9.28 – Розрахунковий осьовий опір плоских зварних з'єднань унапуск з елементами поясу CHS чи RHS, або зварних з'єднань елементів із полицями двотаврового профілю нормального чи широкополичного, або зі стінками швелера[a]

<table>
<tr><td colspan="3">Конфігурація з'єднань унапуск, підданих осьовій навантазі</td></tr>
<tr><td rowspan="3">  </td><td>Відмова в'язевого елемента, що утворює напуск
$N_{\mathrm{i,Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{f}} f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}} l_{\mathrm{b,eff}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$</td><td>Відмова перекритого внапуск в'язевого елемента
$N_{\mathrm{j,Rd}} = N_{\mathrm{i,Rd}} \left(\dfrac{A_{\mathrm{j}} f_{\mathrm{yj}}}{A_{\mathrm{i}} f_{\mathrm{yi}}} \right)$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Відмова елемента поясу
$\left(\dfrac{\lvert N_{0,\mathrm{Ed}} \rvert}{N_{0,\mathrm{Rd}}} \right)^{\mathrm{c}} + \dfrac{\lvert M_{\mathrm{ip,0,Ed}} \rvert}{M_{\mathrm{ip,0,Rd}}} \leq 1{,}0$
де
$c = 1{,}7$ для елементів поясу CHS;
$c = 1{,}0$ для елементів поясу RHS, із двотаврового профілю нормального чи широкополичного, або зі швелера</td></tr>
<tr><td colspan="2">Зсув із вириванням лицьової поверхні поясу:
перевіряння виконують, якщо $\lambda_{\mathrm{ov,lim}} < \lambda_{\mathrm{ov}}$ [b]
$N_{\mathrm{i,Ed}} \cos\theta_{\mathrm{i}} + N_{\mathrm{j,Ed}} \cos\theta_{\mathrm{j}} \leq N_{\mathrm{S,Rd}}$
та
$\lambda_{\mathrm{ov,lim}} = 0{,}6$, якщо прихований стик перекритого внапуск в'язевого елемента не буде заварено.
$\lambda_{\mathrm{ov,lim}} = 0{,}8$, якщо прихований стик перекритого внапуск в'язевого елемента буде заварено.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Примітка 1. Ефективну довжину периметра $l_{\mathrm{b,eff}}$ див. у таблиці 9.29.
Примітка 2. Розрахунковий опір зсуву в'язевого елемента $N_{\mathrm{S,Rd}}$ див. у таблиці 9.30.</td></tr>
<tr><td colspan="3">[a] В'язеві елементи може бути піддано розтягу чи стиску, але один з них – розтягу, а інший – стиску.
[b] Якщо в'язеві елементи мають прямокутний переріз, у якому $h_{\mathrm{i}} < b_{\mathrm{i}}$ та/або $h_{\mathrm{j}} < b_{\mathrm{j}}$, то з'єднання в'язевих елементів із лицьовою поверхнею поясу перевіряють щодо зсуву</td></tr>
</table>

Таблиця 9.29 – Ефективна довжина периметра $l_{\mathrm{b,eff}}$, застосовна в ситуації відмови в’язевого елемента, що утворює напуск

Коефіцієнт перекривання унапуск	**В’язі CHS**	**В’язі RHS**
$0{,}25 \le \lambda_{\mathrm{ov}} < 0{,}5$	$l_{\mathrm{b,eff}} = \frac{\pi}{4}\left(2d_{\mathrm{i}} + d_{\mathrm{eff}} + d_{\mathrm{e,ov}} - 4t_{\mathrm{i}}\right)$	$l_{\mathrm{b,eff}} = 4\lambda_{\mathrm{ov}} 2h_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{eff}} + b_{\mathrm{e,ov}} - 4t_{\mathrm{i}}$
$0{,}5 \le \lambda_{\mathrm{ov}} < 1{,}0$		$l_{\mathrm{b,eff}} = 2h_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{eff}} + b_{\mathrm{e,ov}} - 4t_{\mathrm{i}}$
$\lambda_{\mathrm{ov}} = 1{,}0$	$l_{\mathrm{b,eff}} = \frac{\pi}{4}\left(2d_{\mathrm{i}} + 2d_{\mathrm{e,ov}} - 4t_{\mathrm{i}}\right)$	$l_{\mathrm{b,eff}} = 2h_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{i}} + b_{\mathrm{e,ov}} - 4t_{\mathrm{i}}$
Для d_{eff} та b_{eff}	Перекривання унапуск в’язевого елемента CHS з елементом поясу CHS $d_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{12}{d_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}}}\right) d_{\mathrm{i}}$, але $\le d_{\mathrm{i}}$	Перекривання унапуск в’язевого елемента RHS з елементом поясу CHS —
	Перекривання унапуск в’язевого елемента CHS з елементом поясу RHS $d_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}}}\right) d_{\mathrm{i}}$, але $\le d_{\mathrm{i}}$	Перекривання унапуск в’язевого елемента RHS з елементом поясу RHS $b_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}}}\right) b_{\mathrm{i}}$, але $\le b_{\mathrm{i}}$
	Перекривання унапуск в’язевого елемента CHS з елементом поясу з нормального двотаврового профілю $d_{\mathrm{eff}} = t_{\mathrm{w}} + 2r + 7t_0 \frac{f_{\mathrm{y0}}}{f_{\mathrm{yi}}}$, але $\le d_{\mathrm{i}}$	Перекривання унапуск в’язевого елемента RHS з елементом поясу з нормального двотаврового профілю $b_{\mathrm{eff}} = t_{\mathrm{w}} + 2r + 7t_0 \frac{f_{\mathrm{y0}}}{f_{\mathrm{yi}}}$, але $\le b_{\mathrm{i}}$
	Перекривання унапуск в’язевого елемента CHS з елементом поясу зі швелера $d_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0^*/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}}}\right) d_{\mathrm{i}}$, але $\le d_{\mathrm{i}}$ де $b_0^* = b_0 - 3t_{\mathrm{f}}$	Перекривання унапуск в’язевого елемента RHS з елементом поясу зі швелера $b_{\mathrm{eff}} = \left(\frac{10}{b_0^*/t_0}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{y0}} t_0}{f_{\mathrm{yi}} t_{\mathrm{i}}}\right) b_{\mathrm{i}}$, але $\le b_{\mathrm{i}}$ де $b_0^* = b_0 - 3t_{\mathrm{f}}$

Кінець таблиці 9.29

Коефіцієнт перекривання унапуск	**В'язі CHS**	**В'язі RHS**
Для $d_{\mathrm{e,ov}}$ та $b_{\mathrm{e,ov}}$	Перекривання унапуск в'язевим елементом CHS в'язевого елемента CHS $d_{\mathrm{e,ov}} = \left(\frac{12}{d_{\mathrm{j}}/t_{\mathrm{j}}}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{yj}}t_{\mathrm{j}}}{f_{\mathrm{yi}}t_{\mathrm{i}}}\right)d_{\mathrm{i}}$, але $\leq d_{\mathrm{i}}$	Перекривання унапуск в'язевим елементом RHS в'язевого елемента RHS $b_{\mathrm{e,ov}} = \left(\frac{10}{b_{\mathrm{j}}/t_{\mathrm{j}}}\right)\left(\frac{f_{\mathrm{yj}}t_{\mathrm{j}}}{f_{\mathrm{yi}}t_{\mathrm{i}}}\right)b_{\mathrm{i}}$, але $\leq b_{\mathrm{i}}$
		
Примітка. Щодо радіуса *r* кутового шва поясу в з'єднанні стінки з полицею з двотаврового профілю нормального чи широкополичного див. 4.4.3 EN 1993-1-1:2022.		

Таблиця 9.30 – Розрахунковий опір зсуву в'язевих елементів плоских з'єднань, що містять перекривання унапуск з елементами поясу CHS, RHS, виконаними з двотаврового профілю нормального чи широкополичного або зі швелера, для перевіряння за критерієм щодо зсуву в'язевих елементів[a,b,c]

В'язі CHS	
$\lambda_{\mathrm{ov,lim}} < \lambda_{\mathrm{ov}} < 1$	$N_{\mathrm{S,Rd}} = \dfrac{\frac{\pi}{4\sqrt{3}}\left[C_{\mathrm{ui}}f_{\mathrm{yi}}t_{\mathrm{i}}\dfrac{[(1-\lambda_{\mathrm{ov}})2d_{\mathrm{i}}+7{,}2t_{\mathrm{i}}]}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{i}}} + C_{\mathrm{uj}}f_{\mathrm{yj}}t_{\mathrm{j}}\dfrac{\left(2d_{\mathrm{j}}+C_{\mathrm{s}}7{,}2t_{\mathrm{j}}\right)}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{j}}}\right]}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$
$\lambda_{\mathrm{ov}} = 1$	$N_{\mathrm{S,Rd}} = \dfrac{C_{\mathrm{uj}}f_{\mathrm{yj}}t_{\mathrm{j}}\frac{\pi}{4}\dfrac{\left(3d_{\mathrm{j}}+7{,}2t_{\mathrm{j}}\right)}{\sqrt{3}\sin\theta_{\mathrm{j}}}}{\gamma_{\mathrm{M5}}}$

Кінець таблиці 9.30

В'язі RHS	
$\lambda_{ov,lim} < \lambda_{ov} < 1$	$N_{S,Rd} = \dfrac{C_{ui} f_{yi} t_i \dfrac{[(1-\lambda_{ov})2h_i + 6t_i]}{\sqrt{3}\sin\theta_i} + C_{uj} f_{yj} t_j \dfrac{(2h_j + C_s 6t_j)}{\sqrt{3}\sin\theta_j}}{\gamma_{M5}}$
$\lambda_{ov} = 1$	$N_{S,Rd} = \dfrac{C_{uj} f_{yj} t_j \dfrac{(2h_j + b_j + 6t_j)}{\sqrt{3}\sin\theta_j}}{\gamma_{M5}}$

[a] $C_{ui} = f_{ui}/f_{yi}$; $C_{uj} = f_{uj}/f_{yj}$

[b] $C_s = 1$, якщо прихований стик перекритого внапуск в'язевого елемента не буде заварено та $C_s = 2$, якщо прихований стик перекритого внапуск в'язевого елемента буде заварено.

[c] Перевіряння виконують на відповідність умові $\lambda_{ov,lim} < \lambda_{ov} < 1$ чи h_i/b_i або $h_j/b_j < 1$.

ДОДАТОК А

(обов’язковий)

КОНСТРУКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ

А.1 Використання цього додатка

(1) Цей обов’язковий додаток містить положення, що доповнюють зміст розділу 8 щодо оцінювання конструкційних властивостей базових компонентів з’єднання.

А.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Цей обов’язковий додаток застосовують для визначення розрахункового опору та коефіцієнтів жорсткості базових компонентів з’єднань, які подано у зведеному вигляді в таблиці 8.1.

А.3 Загальні положення

(1) Певні компоненти з’єднання можуть бути підсиленими. Детальну інформацію про різні методи підсилення викладено в цьому додатку.

А.4 Ділянка стінки колони, піддана зсуву

А.4.1 Розрахунковий опір

А.4.1.1 Загальні положення

(1) Положення А.4.1.2, А.4.1.3 та А.4.1.4 застосовують лише до ділянок стінки колони, які задовольняють таку умову:

$$\frac{h_{\mathrm{wc}}}{t_{\mathrm{wc}}} \leq 72\frac{\varepsilon}{\eta}\,, \tag{А.1}$$

де

h_{wc} – висота стінки колони, виміряна в просвіті між полицями;

t_{wc} – товщина стінки колони;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$, де f_y в Н/мм^2.

Значення η див. у EN 1993-1-5. У формулі (А.1) можна прийняти значення η = 1,2.

А.4.1.2 Непідкріплена стінка колони

(1) У разі односторонніх чи двосторонніх конфігурацій з'єднань, у яких балки мають однакову висоту, розрахунковий опір зсуву $V_{wp,Rd}$ ділянки непідкріпленої стінки колони, до якої прикладено розрахункову силу зсуву $V_{wp,Ed}$, див. 7.2.2(2), визначають за такою формулою:

$$V_{wp,Rd} = \frac{0{,}9 f_{y,wc} A_{wp}}{\sqrt{3}\,\gamma_{M0}} + V_{wp,add,Rd}\,, \qquad (A.2)$$

де

A_{wp} – площа ділянки стінки колони, яку приймають:

– у разі гарячекатаного профілю $A_{wp} = h_c t_{wc}$;

– у разі елемента зі складеним перерізом з двотаврового профілю нормального чи широкополичного $A_{wp} = h_w t_{wc}$;

h_c – висота перерізу колони;

h_w – висота стінки, виміряна між полицями;

t_{wc} – товщина стінки колони;

$V_{wp,add,Rd}$ – внесок до опору полиць колони, який обчислюють за формулами:

$$V_{wp,add,Rd} = \frac{4 M_{pl,fc,Rd}}{z_{wp}} \qquad (A.3)$$

та

$$M_{pl,fc,Rd} = \frac{b_{fc} {t_{fc}}^2 f_{y,fc}}{4\gamma_{M0}}\,, \qquad (A.4)$$

де

$M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}$ – опір пластичній деформації полиці колони за дії моменту;

z_{wp} – важільне плече, що приймають:

– у разі зварного з'єднання $z_{\mathrm{wp}} = h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}$;

– у разі болтового з'єднання $z_{\mathrm{wp}} = h_{\mathrm{r}}$;

h_{b} – висота перерізу балки;

t_{fb} – товщина полиці балки;

h_{r} – відстань між центром стиску з'єднання, див. таблицю B.1 у B.3.2, та рядом болтів r, що працюють на розтяг у з'єднанні (див. B.3.2.2(7)), для якого загальний розрахунковий опір $\sum F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ усіх рядів болтів, включно з рядом болтів r, дорівнює розрахунковому опору зсуву ділянки стінки колони, поділеному на коефіцієнт перетворення β, див. 7.2.3(2), $V_{\mathrm{wp,Rd}}/\beta$. Якщо $\sum F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ не перевищує значення $V_{\mathrm{wp,Rd}}/\beta$, то r обирають як ряд болтів, найближчий до центра стиску;

b_{fc} – ширина полиці колони;

t_{fc} – товщина полиці колони;

$f_{\mathrm{y,fc}}$ – границя текучості полиці колони;

$f_{\mathrm{y,wc}}$ – границя текучості стінки колони.

(2) Розрахунковий опір зсуву можна підвищити, застосовуючи елементи жорсткості чи підсилювальні листові накладки.

A.4.1.3 Елементи жорсткості стінки колони

(1) Якщо поперечні елементи жорсткості стінки використовують у зонах стиску та/або розтягу зварних з'єднань, розрахунковий опір зсуву ділянки підкріпленої стінки колони $V_{\mathrm{wp,Rd}}$ визначають за формулою (A.2), у якій $V_{\mathrm{wp,add,Rd}}$ обчислюють, як зазначено нижче:

– елементи жорсткості в зонах розтягу та стиску:

$$V_{\mathrm{wp,add,Rd}} = \begin{cases} \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} + \dfrac{\min\left(2M_{\mathrm{pl,fb,Rd}}; 4M_{\mathrm{pl,st,Rd}}\right)}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} & \text{для односторонніх з'єднань} \\ \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} + \dfrac{\min\left(4M_{\mathrm{pl,fb,Rd}}; 4M_{\mathrm{pl,st,Rd}}\right)}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} & \text{для двосторонніх з'єднань} \end{cases} \quad \text{(A.5)}$$

– елементи жорсткості в зоні лише розтягу чи лише стиску:

$$V_{\mathrm{wp,add,Rd}} = \begin{cases} \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} + \dfrac{\min\left(M_{\mathrm{pl,fb,Rd}}; 2M_{\mathrm{pl,st,Rd}}\right)}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} & \text{для односторонніх з'єднань} \\ \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} + \dfrac{\min\left(2M_{\mathrm{pl,fb,Rd}}; 2M_{\mathrm{pl,st,Rd}}\right)}{h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}} & \text{для двосторонніх з'єднань} \end{cases} \quad \text{(A.6)}$$

де

$M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}$ – див. A.4.1.2(1);

$M_{\mathrm{pl,fb,Rd}}$ – опір пластичній деформації полиці балки за дії моменту, обчислений за формулою:

$$M_{\mathrm{pl,fb,Rd}} = \frac{b_{\mathrm{fb}} {t_{\mathrm{fb}}}^2 f_{\mathrm{y,fb}}}{4\gamma_{\mathrm{M0}}}\ ; \quad \text{(A.7)}$$

$M_{\mathrm{pl,st,Rd}}$ – опір пластичній деформації елементів жорсткості колони за дії моменту, обчислений за формулою:

$$M_{\mathrm{pl,st,Rd}} = \frac{b_{\mathrm{st}} {t_{\mathrm{st}}}^2 f_{\mathrm{y,st}}}{4\gamma_{\mathrm{M0}}}, \quad \text{(A.8)}$$

де

b_{fb} – ширина полиці балки;

b_{st} – ширина обох елементів жорсткості з урахуванням товщини стінки колони;

t_{fb} – товщина полиці балки;

t_{st} – товщина елемента жорсткості;

$f_{\mathrm{y,fb}}$ – границя текучості полиці балки;

$f_{\mathrm{y,st}}$ – границя текучості елемента жорсткості.

(2) Якщо поперечні елементи жорсткості стінки застосовують у зонах стиску та/або розтягу болтових з'єднань, розрахунковий опір

зсуву підкріпленої стінки колони $V_{\mathrm{wp,Rd}}$ визначають за формулою (А.2), у якій $V_{\mathrm{wp,add,Rd}}$ обчислюють, як зазначено нижче:

– елементи жорсткості в зонах розтягу та стиску:

$$V_{\mathrm{wp,add,Rd}} = \begin{cases} \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}} + \dfrac{4M_{\mathrm{pl,st,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}}, & \text{якщо } h_{\mathrm{r}} \geq d_{\mathrm{s}} \\ \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}} + \dfrac{2M_{\mathrm{pl,st,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}}, & \text{якщо } h_{\mathrm{r}} < d_{\mathrm{s}} \end{cases} \tag{A.9}$$

– елементи жорсткості лише в зоні розтягу:

$$V_{\mathrm{wp,add,Rd}} = \begin{cases} \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}} + \dfrac{2M_{\mathrm{pl,st,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}}, & \text{якщо } h_{\mathrm{r}} \geq d_{\mathrm{s}} \\ \dfrac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}}, & \text{якщо } h_{\mathrm{r}} < d_{\mathrm{s}} \end{cases} \tag{A.10}$$

– елементи жорсткості лише в зоні стиску:

$$V_{\mathrm{wp,add,Rd}} = \frac{4M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}} + \frac{2M_{\mathrm{pl,st,Rd}}}{h_{\mathrm{r}}}, \tag{A.11}$$

де

$M_{\mathrm{pl,fc,Rd}}$ – див. А.4.1.2(1);

$M_{\mathrm{pl,st,Rd}}$ – див. (1);

h_{r} – див. А.4.1.2(1);

d_{s} – відстань між осьовими лініями елементів жорсткості.

(3) Якщо для підвищення розрахункового опору зсуву ділянки стінки колони застосовують діагональні елементи жорсткості стінки, то їх проєктують із таким розрахунком, щоб забезпечити опір силам розтягу та стиску, що передають полиці балки на колону. Розрахунковий опір цих елементів жорсткості визначають згідно з 8.2.3 і 8.2.4 EN 1993-1-1:2022 та EN 1993-1-5 відповідно.

А.4.1.4 Підсилювальні листові накладки

(1) Якщо для стінки колони застосовують додаткові підсилювальні листові накладки, які приварюють до полиць колони,

див. рисунок А.1, то площу ділянки стінки колони A_{wp} допустимо збільшувати на $b_{\mathrm{s}} \sum t_{\mathrm{s}}$.

(2) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальну листову накладку, яку приварюють лише до стінки колони, то площу ділянки стінки колони A_{wp} допустимо збільшувати на $b_{\mathrm{s}}\ t_{\mathrm{wc}}$. Товщину t_{s} підсилювальної листової накладки приймають таку, що дорівнює щонайменше товщині стінки колони t_{wc}. Якщо підсилювальну листову накладку приєднують ще й з протилежного боку стінки, то подальше збільшення площі зсуву не допустимо.

(3) Для підсилювальної листової накладки обирають марку сталі таку саму, як і для колони.

(4) Підсилювальні листові накладки можна розташовувати безпосередньо впритул до контактної поверхні стінки колони або на деякій відстані від неї.

a) Якщо листові накладки розташовують упритул до контактної поверхні стінки колони, див. рисунок А.1(b), то ширину b_{s} підсилювальної листової накладки приймають таку, що дорівнює щонайменше відстані до основи радіуса заокруглення западини стику (полиці зі стінкою) або валика зварного шва;

b) якщо листові накладки розташовують на відстані від стінки, див. рисунок А.1(c), то ширину b_{s} підсилювальної листової накладки приймають таку, що дорівнює відстані до полиці колони, а листові накладки розміщують симетрично парами на стінках із протилежних боків колони.

(5) Довжину l_{s} підсилювальної листової накладки приймають таку, що дорівнює повній ефективній ширині стінки за розтягу та стиску, див. рисунок А.1(a).

(6) Зварні шви, якими з'єднують підсилювальну листову накладку з колоною, розраховують на сприйняття розрахункових значень прикладуваних сил.

(7) Товщину кожної підсилювальної листової накладки приймають таку, щоб її гнучкість задовольняла умову:

$$t_{\mathrm{s}} \geq \frac{h_{\mathrm{wc}}}{40\varepsilon}, \qquad \text{(A.12)}$$

де

h_{wc} – висота стінки колони, виміряна в просвіті між полицями;

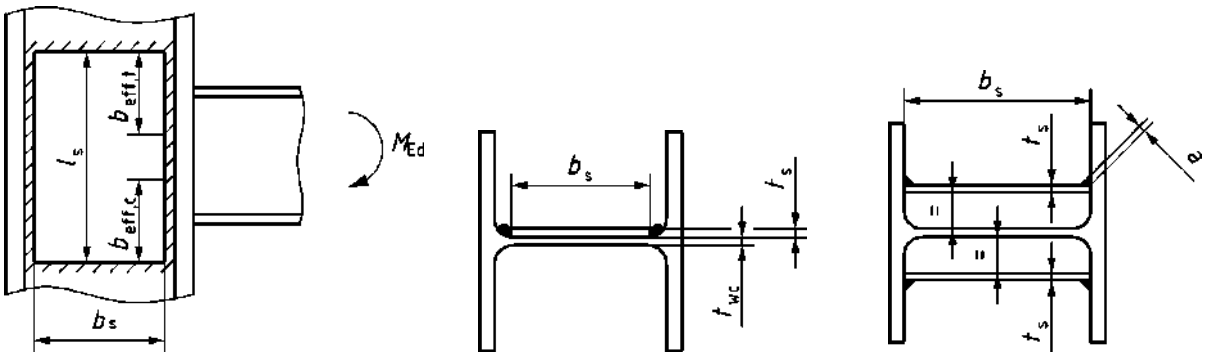
t_{s} – товщина підсилювальної листової накладки;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{\mathrm{y}}}}$, де f_{y} в Н/мм^2.

(8) Як альтернативний варіант, якщо місцевій втраті стійкості ділянки стінки колони й підсилювальної листової накладки запобігають, з'єднуючи їх корковими зварними швами, то щодо загальної товщини ділянки стінки дотримують умови (A.12). Забезпечують щонайменше чотири коркові зварні шви, які відповідають вимогам 6.3.5. Індивідуальну товщину ділянки стінки колони та підсилювальних листових накладок забезпечують таку, щоб було дотримано умови (A.1) і (A.12) відповідно, замінивши значення h_{wc} на найбільшу відстань по горизонталі чи вертикалі між двома корковими зварними швами або між корковим зварним швом та кромкою пластини.

(9) Переривчасті зварні шви допустимо використовувати в умовах некорозійних середовищ.

(10) Ураховують зварюваність у зоні кутового заокруглення, див. рисунок A.1.



a) Схема розташування

b) Приклад підсилювальних листових накладок, розташованих упритул до контактної поверхні стінки колони

c) Приклад підсилювальних листових накладок, розташованих на певній відстані від стінки колони

Рисунок А.1 – Приклади підсилювальних листових накладок

А.4.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості k_{wp} для ділянки стінки колони, підданої зсуву, у з'єднаннях односторонніх конфігурацій або двосторонніх, у яких значення висоти стінок балки є однаковими, обчислюють за формулами:

– у разі стінок без діагональних елементів жорсткості

$$k_{\mathrm{wp}} = \frac{0{,}38A_{\mathrm{wp}}}{\beta\, z}\ ; \tag{A.13}$$

– у разі стінок із діагональними елементами жорсткості

$$k_{\mathrm{wp}} = \infty\,, \tag{A.14}$$

де

z – важільне плече згідно з таблицею В.1;

β – коефіцієнт перетворення згідно з 7.2.3.

(2) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальні листові накладки, то коефіцієнт жорсткості для ділянки стінки колони, підданої

зсуву, обчислюють за формулою (А.13) із застосуванням збільшеної площі ділянки стінки колони A_{wp} згідно з А.4.1.4.

А.5 Стінка колони, піддана поперечному стиску

А.5.1 Розрахунковий опір

А.5.1.1 Непідкріплена стінка колони

(1) Розрахунковий опір непідкріпленої стінки колони, підданої поперечному стиску, $F_{\mathrm{c,wc,Rd}}$ визначають за формулами:

$$F_{\mathrm{c,wc,Rd}} = \frac{\omega\, k_{\mathrm{wc}} b_{\mathrm{eff,c,wc}} t_{\mathrm{wc}} f_{\mathrm{y,wc}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{але} \quad F_{\mathrm{c,wc,Rd}} \le \frac{\omega\, k_{\mathrm{wc}}\, \rho\; b_{\mathrm{eff,c,wc}}\, t_{\mathrm{wc}}\, f_{\mathrm{y,wc}}}{\gamma_{\mathrm{M1}}} \quad \text{(А.15)}$$

(2) У разі зварних з’єднань ефективну ширину стінки колони за стиску $b_{\mathrm{eff,c,wc}}$ визначають так:

$$b_{\mathrm{eff,c,wc}} = t_{\mathrm{fb}} + 2\sqrt{2}\, a_{\mathrm{b}} + 5(t_{\mathrm{fc}} + s), \quad \text{(А.16)}$$

де

– у разі колони з прокатного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $\mathrm{s} = r_{\mathrm{c}}$;

– у разі колони зі зварного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $\mathrm{s} = \sqrt{2} a_{\mathrm{c}}$

– a_{c}, r_{c} та a_{b} визначають, як на рисунку А.2.

(3) У разі болтового з’єднання торцевої пластини ефективну ширину стінки колони за стиску $b_{\mathrm{eff,c,wc}}$ визначають так:

$$b_{\mathrm{eff,c,wc}} = t_{\mathrm{fb}} + 2\sqrt{2}\, a_{\mathrm{p}} + 5(t_{\mathrm{fc}} + s) + s_{\mathrm{p}}\,, \quad \text{(А.17)}$$

де

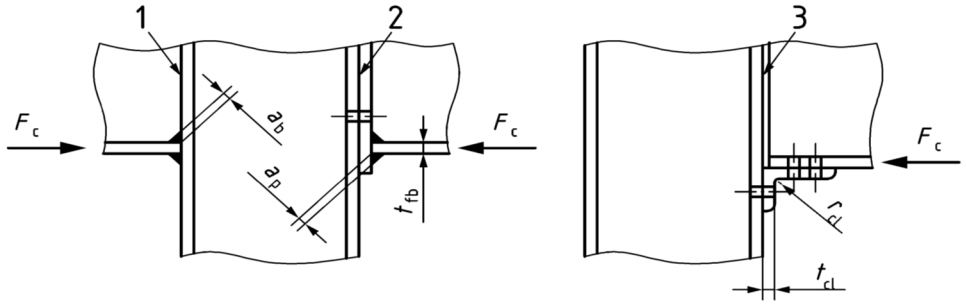
s_{p} – довжина, виміряна уздовж розрізу під кутом 45° крізь товщину торцевої пластини, що дорівнює щонайменше t_{p}, а за достатньої довжини виступу пластини за межі полиці може дорівнювати до $2t_{\mathrm{p}}$;

a_{p} – визначають, як показано на рисунку А.2.

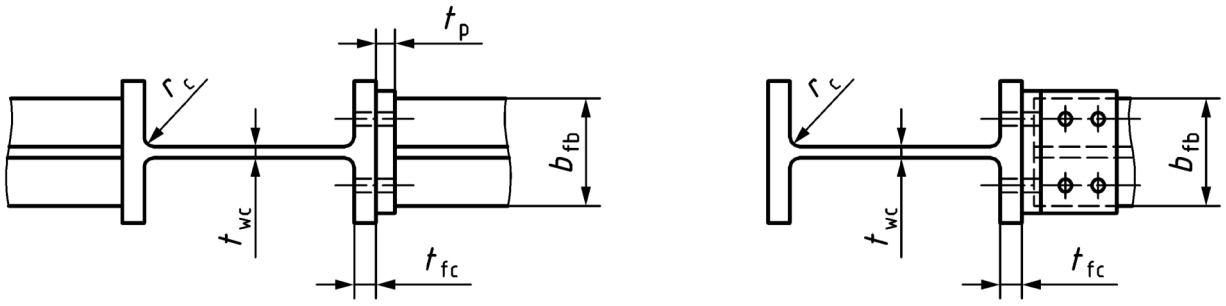
(4) У разі болтових з’єднань із підсилювальними кутиковими накладками ефективну ширину стінки колони за стиску $b_{\mathrm{eff,c,wc}}$ обчислюють за формулою:

$$b_{\mathrm{eff,c,wc}} = 2t_{\mathrm{cl}} + 0{,}6r_{\mathrm{cl}} + 5(t_{\mathrm{fc}} + s), \qquad \text{(A.18)}$$

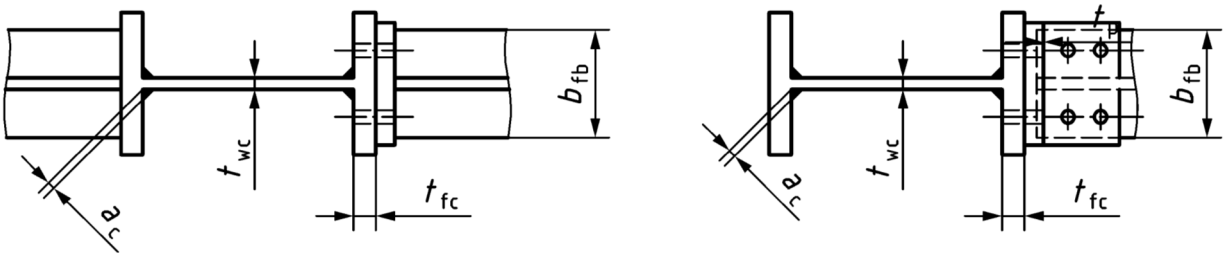
де r_{cl} визначають, як показано на рисунку А.2.



а) Вертикальний розріз



b) Колона з прокатного профілю



c) Колона зі зварного профілю

Умовні позначки:

1 – з’єднання, що містить зварне з’єднання;

2 – з’єднання, що містить з’єднання з торцевою пластиною;

3 – з’єднання, що містить з’єднання з підсилювальними кутовими накладками

Рисунок А.2 – Непідкріплена колона, піддана поперечному стиску

(5) Понижувальний коефіцієнт ω для врахування можливих ефектів взаємодії за умов зсуву в ділянці стінки колони визначають згідно з таблицею А.1.

Таблиця А.1 – Понижувальний коефіцієнт ω для врахування взаємодії за зсуву

Коефіцієнт перетворення β	**Понижувальний коефіцієнт** ω
$0 \le \beta \le 0{,}5$	$\omega = 1$
$0{,}5 < \beta < 1$	$\omega = \omega_1 + 2\,(1-\beta)\,(1-\omega_1)$
$\beta = 1$	$\omega = \omega_1$
$1 < \beta < 2$	$\omega = \omega_1 + (\beta - 1)\,(\omega_2 - \omega_1)$
$\beta = 2$	$\omega = \omega_2$
A_{wp} – площа ділянки стінки колони, див. А.4; β – коефіцієнт перетворення, див. 7.2.3; ω_1 та ω_2 визначають за формулами (А.11) та (А.12).	

(6) Коефіцієнти ω_1 та ω_2 визначають за формулами:

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1{,}3\left(\frac{b_{\mathrm{eff,c,wc}}\, t_{\mathrm{wc}}}{A_{\mathrm{wp}}}\right)^2}} \qquad \text{(А.19)}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{1 + 5{,}2\left(\frac{b_{\mathrm{eff,c,wc}}\, t_{\mathrm{wc}}}{A_{\mathrm{wp}}}\right)^2}} \qquad \text{(А.20)}$$

(7) Понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості пластини ρ визначають за формулою:

– якщо $\bar{\lambda}_{\mathrm{p}} \le 0{,}673$: $\quad \rho = 1{,}0$; (А.21)

– якщо $\bar{\lambda}_{\mathrm{p}} > 0{,}673$: $\quad \rho = \frac{\bar{\lambda}_{\mathrm{p}} - 0{,}22}{\bar{\lambda}_{\mathrm{p}}{}^2}$, (А.22)

в яких $\bar{\lambda}_{\mathrm{p}}$ – гнучкість пластини, яку обчислюють за формулою:

$$\bar{\lambda}_{\mathrm{p}} = 0{,}932\sqrt{\frac{\omega\, k_{\mathrm{wc}} b_{\mathrm{eff,c,wc}} d_{\mathrm{wc}} f_{\mathrm{y,wc}}}{E {t_{\mathrm{wc}}}^2}} \qquad \text{(A.23)}$$

– для колони з прокатаного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $d_{\mathrm{wc}} = h_{\mathrm{c}} - 2\,(t_{\mathrm{fc}} + r_{\mathrm{c}})$;

– для колони зі зварного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $d_{\mathrm{wc}} = h_{\mathrm{c}} - 2\,(t_{\mathrm{fc}} + \sqrt{2}a_{\mathrm{c}})$.

(8) Понижувальний коефіцієнт k_{wc} обчислюють, як зазначено нижче:

– якщо $\sigma_{\mathrm{com,Ed}} \le 0{,}7\, f_{\mathrm{y,wc}}$: $\quad k_{\mathrm{wc}} = 1$; (A.24)

– якщо $\sigma_{\mathrm{com,Ed}} > 0{,}7\, f_{\mathrm{y,wc}}$: $\quad k_{\mathrm{wc}} = 1{,}7 - \sigma_{\mathrm{com,Ed}}/f_{\mathrm{y,wc}}$, (A.25)

де

$\sigma_{\mathrm{com,Ed}}$ – максимальне значення поздовжнього стискального напруження, спричиненого осьовою силою та згинальним моментом у колоні.

Примітка. Зазвичай понижувальний коефіцієнт k_{wc} дорівнює 1,0, відтак понижування не потрібно. Тому його можна не враховувати в попередніх розрахунках, у яких поздовжнє напруження не відомо і його можна з'ясувати пізніше.

(9) Формі втрати стійкості колони внаслідок перекошення піддaної стиску непідкріпленої стінки, яку зображено на рисунку А.3, запобігають застосуванням розкріплення конструкційних елементів.

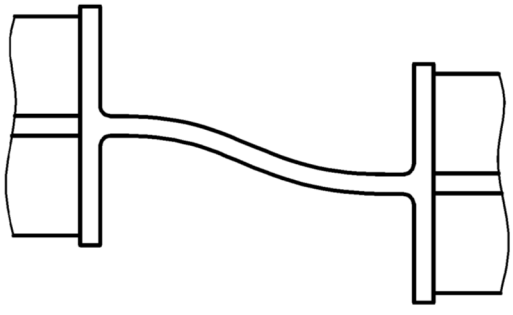


Рисунок А.3 – Форма втрати стійкості колони внаслідок перекошення непідкріпленої стінки

(10) Розрахунковий опір стінки колони, підданої поперечному стиску, можна збільшити, застосувавши елементи жорсткості чи підсилювальні листові накладки.

А.5.1.2 Елементи жорсткості стінки колони

(1) Поперечні елементи жорсткості чи відповідне розташування діагональних елементів жорсткості (у поєднанні з поперечними елементами жорсткості чи як альтернатива їм) можна використовувати для підвищення розрахункового опору стінки колони, підданої стиску.

(2) У зварних з'єднаннях поперечні елементи жорсткості вирівнюють співвісно з відповідною полицею балки. У болтових з'єднаннях елемент жорсткості в зоні стиску вирівнюють із центром стиску, як зазначено в таблиці В.1.

А.5.1.3 Підсилювальні листові накладки

(1) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальну листову накладку, яку приварюють до полиць колони, то розрахунковий опір підданої стиску стінки колони допустимо збільшувати на розрахунковий опір підсилювальної листової накладки, обчисленої згідно з А.5.1.1 як для стінки колони зі зварного профілю. Коефіцієнти ω_1 та ω_2 визначають за допомогою формул (А.19) і (А.20), замінивши ефективну площу $b_{\mathrm{eff,c,wc}} \cdot t_{\mathrm{wc}}$ на суму значень ефективної площі стінки колони та ефективної площі підсилювальних листових накладок.

(2) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальні листові накладки, які приварюють лише до стінки колони, то для спрощення ефективну товщину стінки можна прийняти як $1{,}5t_{\mathrm{wc}}$, якщо приварюють одну підсилювальну листову накладку, або як $2t_{\mathrm{wc}}$, якщо підсилювальні листові накладки приварюють з обох боків стінки.

(3) Підсилювальні листові накладки проєктують згідно з А.4.1.4. Визначаючи понижувальний коефіцієнт ω для врахування можливих

ефектів зсувного напруження, площу ділянки стінки колони A_{wp} допустимо збільшувати лише до граничного значення, установленого під час визначення її розрахункового опору зсуву, див. А.4.1.4.

А.5.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Для підданої поперечному стиску стінки колони коефіцієнт жорсткості $k_{\mathrm{c,wc}}$ розраховують, як зазначено нижче:

– у разі непідкріплених стінок: $$k_{\mathrm{c,wc}} = \frac{0{,}7\, b_{\mathrm{eff,c,wc}}\, t_{\mathrm{wc}}}{d_{\mathrm{wc}}}\ ; \qquad \text{(А.26)}$$

– у разі підкріплених стінок: $$k_{\mathrm{c,wc}} = \infty\ , \qquad \text{(А.27)}$$

де

$b_{\mathrm{eff,c,wc}}$ – ефективна ширина, визначена згідно з А.5.1.1(2), А.5.1.1(3) або А.5.1.1(4), відповідно.

(2) У разі застосування підсилювальних листових накладок коефіцієнт жорсткості для підданої стиску стінки колони обчислюють за формулою (А.26) із застосуванням суми значень ефективної площі стінки колони та ефективної площі підсилювальних листових накладок, див. А.5.1.3.

А.6 Стінка колони, піддана поперечному розтягу

А.6.1 Розрахунковий опір

А.6.1.1 Непідкріплена стінка колони

(1) Розрахунковий опір непідкріпленої стінки колони, підданої поперечного розтягу, $F_{\mathrm{t,wc,Rd}}$ визначають за такою формулою:

$$F_{\mathrm{t,wc,Rd}} = \frac{\omega\, b_{\mathrm{eff,t,wc}} t_{\mathrm{wc}}\, f_{\mathrm{y,wc}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(А.28)}$$

де

ω – понижувальний коефіцієнт для врахування ефектів взаємодії за зсуву в стінці колони, див. А.5.1.1(5).

(2) У разі зварних з’єднань ефективну ширину стінки колони за натягу $b_{\mathrm{eff,t,wc}}$ визначають за формулою:

$$b_{\mathrm{eff,t,wc}} = t_{\mathrm{fb}} + 2\sqrt{2}\,a_{\mathrm{b}} + 5(t_{\mathrm{fc}} + s)\ , \qquad \text{(A.29)}$$

де

– у разі колон із прокатного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $\mathrm{s} = r_{\mathrm{c}}$;

– у разі колон зі зварного двотаврового профілю нормального чи широкополичного: $\mathrm{s} = \sqrt{2}a_{\mathrm{c}}$

a_{c} та r_{c} визначають, як показано на рисунку А.4, а a_{b} – як на рисунку А.2.

(3) У разі болтових з’єднань, згідно з припущенням стосовно ряду чи групи рядів болтів, ефективна ширина $b_{\mathrm{eff,t,wc}}$ підданої розтягу стінки колони дорівнює ефективній довжині еквівалентного підданого розтягу Т-подібного елемента, що імітує поведінку полиці колони, див. А.7.1.1(3).

(4) Понижувальний коефіцієнт ω для врахування ефектів підданої зсуву ділянки стінки колони визначають згідно з таблицею А.1, використовуючи значення $b_{\mathrm{eff,t,wc}}$, подане в (2) чи (3), якщо застосовно.

(5) Розрахунковий опір підданої поперечному розтягу стінки колони можна збільшити, застосувавши елементи жорсткості чи підсилювальні листові накладки.

А.6.1.2 Елементи жорсткості стінки колони

(1) Для збільшення розрахункового опору підданої розтягу стінки колони можна застосувати поперечні елементи жорсткості та/або відповідну схему розташування діагональних елементів жорсткості.

(2) У разі зварних з’єднань поперечні елементи жорсткості вирівнюють співвісно з відповідної полицею балки.

(3) Зварні шви, якими з'єднують діагональні елементи жорсткості з полицею колони, розробляють як суцільно заповнені багатошарові зварні шви з герметизувальним шаром, забезпечуючи загальну товщину зварного шва, що дорівнює товщині елементів жорсткості.

А.6.1.3 Підсилювальні листові накладки

(1) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальну листову накладку, яку приварюють до полиць колони, то розрахунковий опір підданої розтягу стінки колони допустимо збільшувати на розрахунковий опір підсилювальної листової накладки, визначений згідно з А.6.1.1 для стінки колони зі зварного профілю. Коефіцієнти ω_1 та ω_2 обчислюють за формулами (А.19) і (А.20), замінивши ефективну площу $b_{\text{eff,t,wc}} \cdot t_{\text{wc}}$ на суму значень ефективної площі стінки колони та ефективної площі підсилювальних листових накладок.

(2) Якщо для стінки колони застосовують підсилювальні листові накладки, які приварюють до стінки колони, то розрахунковий опір розтягу залежить від товщини поздовжніх зварних швів, якими з'єднують ці підсилювальні листові накладки. Якщо поздовжні зварні шви є кутовими, товщина яких становить $a \geq t_s/\sqrt{2}$, то у разі однієї чи двох підсилювальних листових накладок ефективну товщину стінки $t_{\text{w,eff}}$ визначають так:

– у разі сталі марок S235, S275 та S355: $t_{\text{w,eff}} = 1{,}4\ t_{\text{wc}}$; (А.30)

– у разі сталі марок від S420 до S460: $t_{\text{w,eff}} = 1{,}3\ t_{\text{wc}}$ (А.31)

(3) Підсилювальні листові накладки проєктують згідно з А.4.1.4. Обчислюючи понижувальний коефіцієнт ω для врахування можливих ефектів зсувних напружень, площу ділянки стінки колони A_{wp} допустимо збільшувати лише до граничного значення, установленого під час визначення її розрахункового опору зсуву, див. А.4.1.4.

A.6.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) У разі болтових з’єднань коефіцієнт жорсткості $k_{\mathrm{t,wc}}$ підданої поперечному розтягу стінки колони з одним рядом болтів визначають за формулою:

$$k_{\mathrm{t,wc}} = \frac{0{,}7\, b_{\mathrm{eff,t,wc}}\, t_{\mathrm{wc}}}{d_{\mathrm{c}}}, \tag{A.32}$$

де $b_{\mathrm{eff,t,wc}}$ визначають згідно з A.6.1.1(3), приймаючи його таким, що дорівнює меншому зі значень ефективної довжини l_{eff} цього ряду болтів (окремого ряду чи розглядуваного як частина групи рядів болтів), згідно з таблицею A.2.

(2) У разі непідкріплених зварних з’єднань коефіцієнт жорсткості стінки колони, підданої поперечному розтягу, визначають за формулою (A.26) чи (A.27) відповідно, застосовуючи ефективну ширину, визначену згідно з A.6.1.1 (2).

(3) У разі підкріплених зварних з’єднань коефіцієнт жорсткості підданої поперечному розтягу стінки колони приймають як нескінченність.

A.7 Полиця колони, піддана згину

A.7.1 Розрахунковий опір

A.7.1.1 Непідкріплені полиці колони у болтових з'єднаннях

(1) Розрахунковий опір підданої поперечному згину непідкріпленої полиці колони $F_{\mathrm{t,fc,Rd}}$ та тип відмови, охоплюючи відповідні болти, що працюють на розтяг, визначають як опір і тип відмови еквівалентного Т-подібного елемента за розтягу, див. 8.3, розглядаючи:

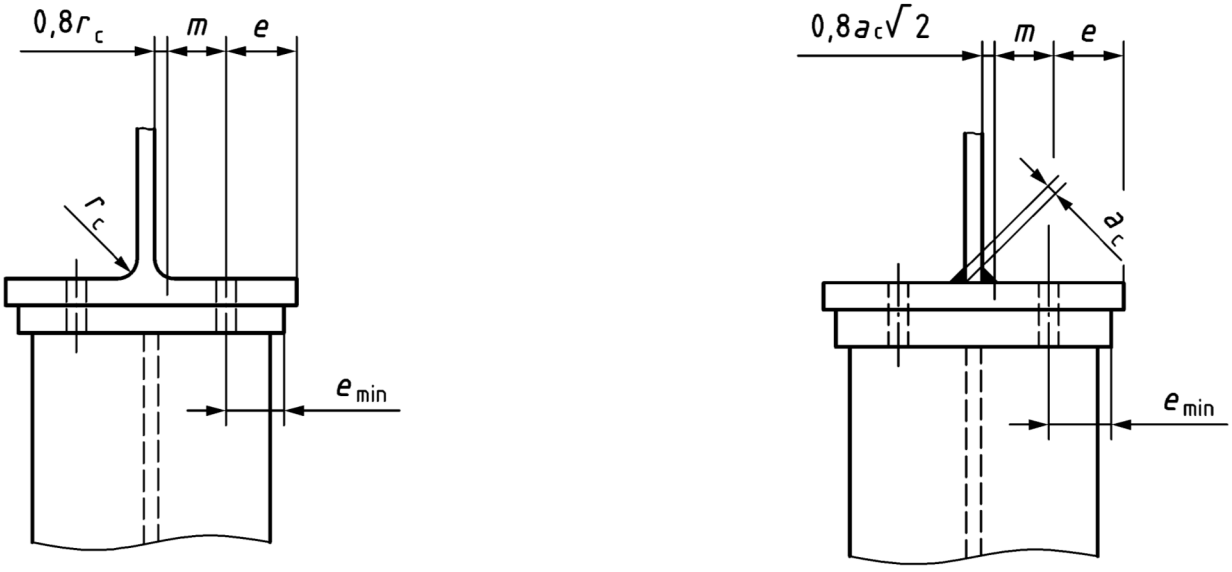
– кожний окремий ряд болтів, потрібний для забезпечення опору розтягу;

– кожну групу рядів болтів, потрібних для забезпечення опору розтягу.

2) Щоб використати згідно з таблицею 8.2 розміри $e_{\min}$ та m (див. 8.3), їх визначають, як показано на рисунку А.4.

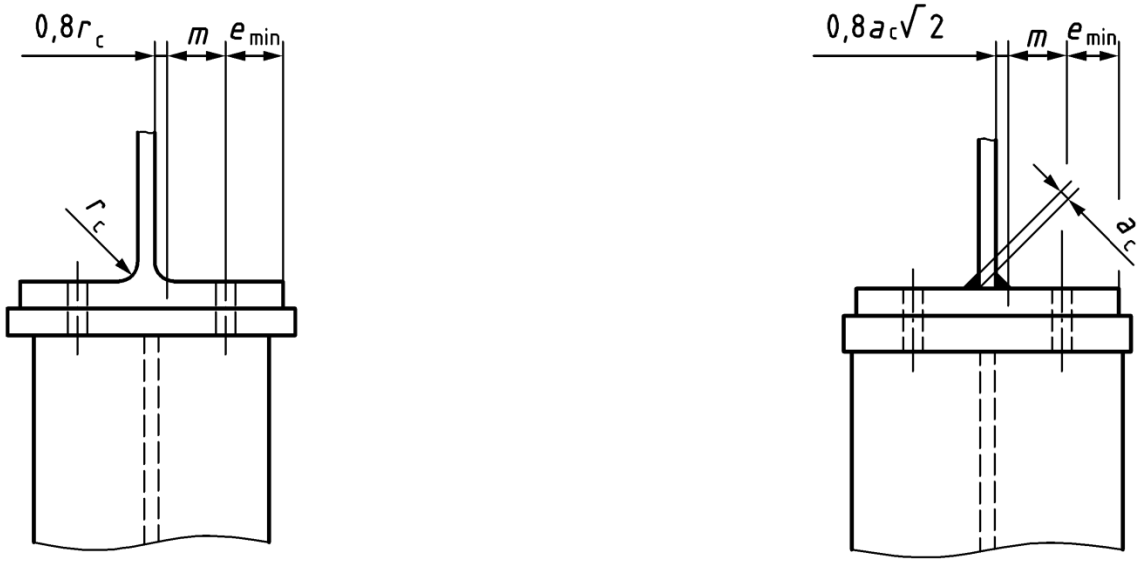
(3) Ефективну довжину еквівалентного Т-подібного елемента визначають для кожного окремого ряду болтів та для групи болтів відповідно до 8.3.6, застосовуючи значення, подані для кожного ряду болтів у таблиці А.2. У разі нерівновіддалених рядів болтів відстань p визначають як відстань між серединними точками двох сусідніх інтервалів між болтами.

(4) Розрахунковий опір підданої згину полиці колони можна збільшити, застосовуючи поперечні елементи жорсткості та/або відповідну схему розташування діагональних елементів жорсткості.

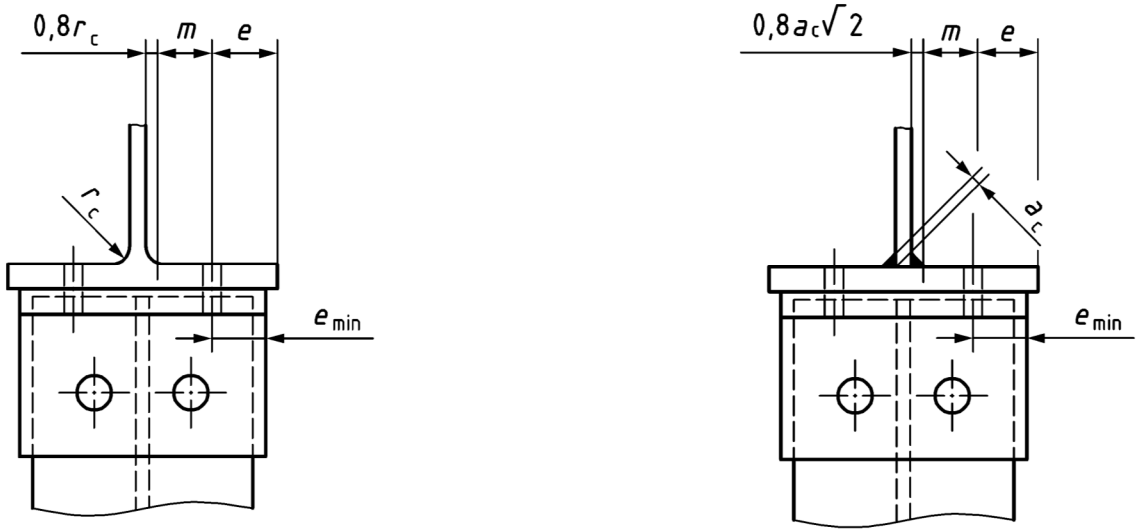


а) Приварювана торцева пластина, вужча за полицю колони

Рисунок А.4 – Визначення розмірів e, $e_{\min}$, r_c та m



b) Приварювана торцева пластина, ширша за полицю колони



c) Підсилювальні кутикові накладки

Рисунок А.4 – аркуш 2

Таблиця А.2 – Значення ефективної довжини полиці колони

	Розташування ряду болтів	$l_{\mathrm{eff,cp}}$ **(колове розташу-вання)**	$l_{\mathrm{eff,nc}}$ **(неколове розташу-вання)**
Ряд болтів, що розглядають окремо від інших (щодо визначення розташування ряду болтів див. рисунки А.5(a) та (b))	Крайній чи середній ряд болтів	$2\pi m$	$4m + 1{,}25e$
	Крайній ряд болтів поряд із поперечним елементом жорсткості	$2\pi m$	αm
	Ряд болтів поряд із торцем колони	Найменше зі значень: $2\pi m$ $\pi m + 2e_{\mathrm{c}}$	Найменше зі значень: $4m + 1{,}25e$ $2m + 0{,}625e + e_{\mathrm{c}}$
	Ряд болтів поряд із торцем колони біля поперечного елемента жорсткості	Найменше зі значень: $2\pi m$ $\pi m + 2e_{\mathrm{c}}$	Найменше зі значень: αm $\alpha m - (2m + 0{,}625e) + e_{\mathrm{c}}$
Ряд болтів, що розглядають як частину групи рядів болтів (щодо визначення розташування ряду болтів див. рис. А.5(c))	Крайній ряд болтів	$\pi m + p$	$2m + 0{,}625e + 0{,}5p$
	Середній ряд болтів	$2p$	p
	Крайній ряд болтів поряд із поперечним елементом жорсткості	$\pi m + p$	$0{,}5p + \alpha m - (2m + 0{,}625e)$
	Ряд болтів поряд із торцем колони	Найменше зі значень: $\pi m + p$ $2e_{\mathrm{c}} + p$	Найменше зі значень: $2m + 0{,}625e + 0{,}5p$ $e_{\mathrm{c}} + 0{,}5p$

Розташування ряду болтів у разі підкріпленої і непідкріпленої полиці колони та розташування ряду болтів у межах групи болтів подано на рисунку А.5.

Коефіцієнт модифікації α визначають згідно з А.7.1.2(5).

e_c – відстань від центра отворів крайнього ряду до вільного кінця сусідньої полиці колони, виміряна в напрямку осі профілю колони, див. рисунки А.5(a) та А.5(b).

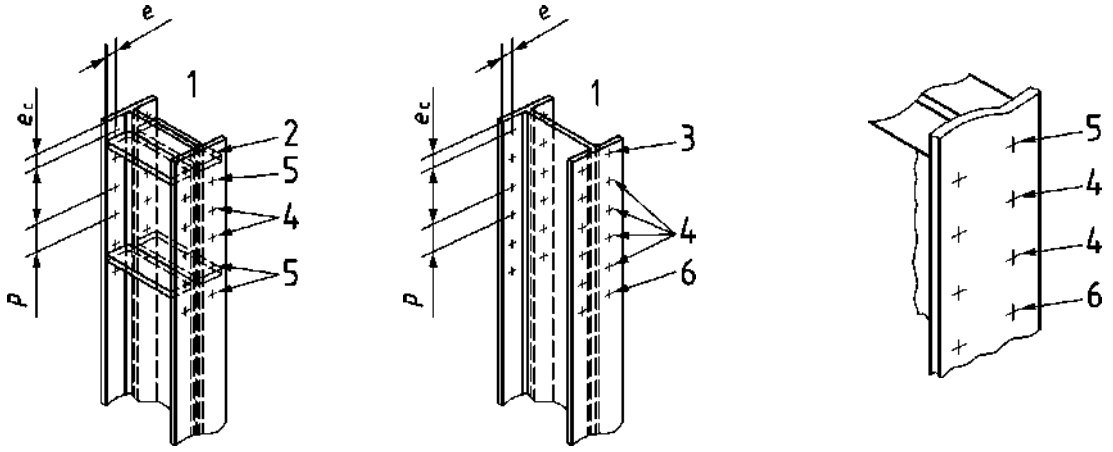
А.7.1.2 Підкріплена полиця колони у болтових з’єднаннях із торцевою пластиною чи підсилювальними кутиковими накладками

(1) Розрахунковий опір підданої поперечному згину підкріпленої полиці колони $F_{t,fc,Rd}$ та тип відмови, охоплюючи відповідні болти, що працюють на розтяг, визначають як опір і тип відмови еквівалентного Т-подібного елемента, див. 8.3, розглядаючи:

– кожний окремий ряд болтів, потрібний для забезпечення опору розтягу;

– кожну групу рядів болтів, потрібних для забезпечення опору розтягу.

(2) Групи рядів болтів з обох боків елемента жорсткості моделюють як окремі еквівалентні Т-подібні елементи, див. рисунок А.5(с). Розрахунковий опір і тип відмови визначають окремо для кожного еквівалентного Т-подібного елемента.



a) Окремі ряди болтів у підкріпленій полиці колони

b) Окремі ряди болтів у непідкріпленій полиці колони

c) Група рядів болтів: приклад групи з чотирьох рядів болтів, верхній з яких розташовано поряд із поперечним елементом жорсткості

Рисунок А.5 – Розташування ряду болтів у колоні

Умовні познаки:

1 – торець колони;

2 – ряд болтів на торці колони поряд із поперечним елементом жорсткості;

3 – ряд болтів на торці колони;

4 – середній ряд болтів;

5 – крайній ряд болтів поряд із поперечним елементом жорсткості;

6 – крайній ряд болтів

Рисунок А.5 – аркуш 2

(3) Щоб використати згідно з таблицею 8.2 розміри $e_{\min}$ та m (див. 8.3), їх визначають, як показано на рисунку А.4.

(4) Ефективну довжину еквівалентного Т-подібного елемента визначають відповідно до 8.3.6, використовуючи для кожного ряду болтів значення, подані в таблиці А.2.

(5) Щоб використати згідно з таблицею А.2 значення α, його обчислюють за формулою:

$$\alpha = 4 + 1{,}67\frac{e}{m}\left(\frac{m}{m_2}\right)^{0{,}67}, \quad \text{але} \quad \alpha \geq 4 + 1{,}25\frac{e}{m} \quad \text{та} \quad \alpha \leq 8 \qquad \text{(А.33)}$$

Розміри m, e та m_2 для застосування у формулі (А.33) визначають згідно з рисунком А.6.

(6) Елементи жорсткості проєктують, дотримуючи положень А.5.1.2.

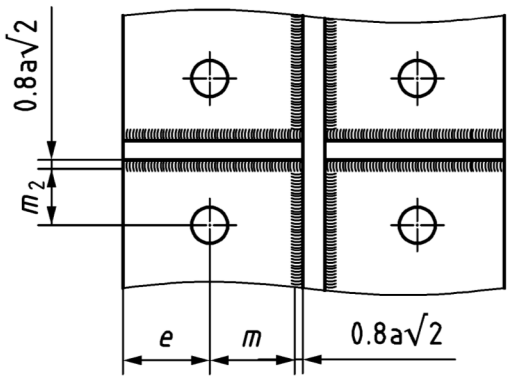


Рисунок А.6 – Визначення розмірів m, e та m_2 для ряду болтів, розташованих поряд з елементом жорсткості

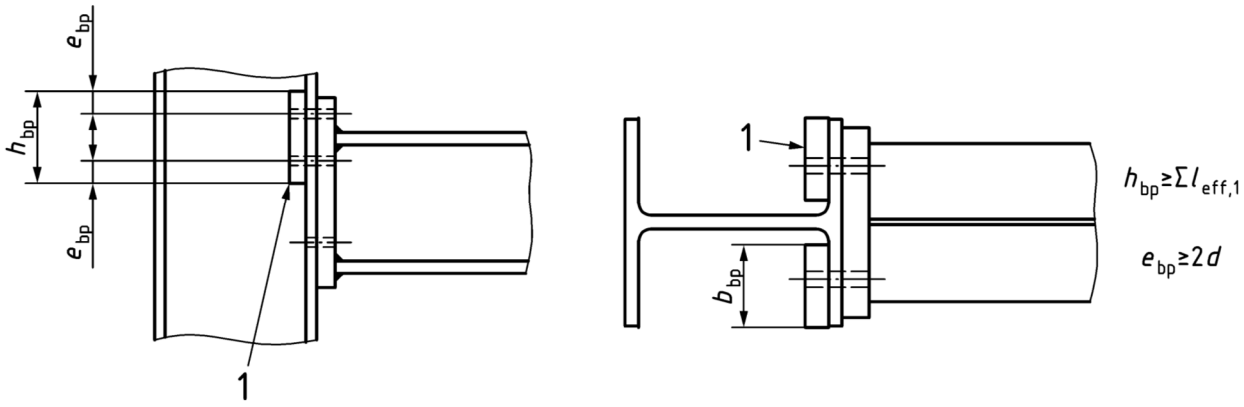
А.7.1.3 Підкладні пластини

(1) Підкладні пластини можна використовувати для підсилення полиці колони, підданої згину, як показано на рисунку А.7.

(2) Кожну підкладну пластину проєктують так, щоб вона сягала принаймні до кромки плиці колони та була розташована на відстані до 3 мм від основи радіуса заокруглення западини стику або валика зварного шва.

(3) Підкладну пластину проєктують так, щоб вона виходила за межі найвіддаленіших рядів болтів, задіяних у роботі на розтяг, як зазначено на рисунку А.7.

(4) Якщо використовують підкладні пластини, розрахунковий опір розтягу Т-подібного елемента $F_{\mathrm{T,Rd}}$ визначають, застосовуючи метод, зазначений у таблиці 8.2, див. 8.3.



Умовна познака:

1 – підкладна пластина

Рисунок А.7 – Полиця колони з підкладними пластинами

А.7.1.4 Непідкріплена полиця колони у зварних з'єднаннях

(1) У разі зварних з’єднань розрахунковий опір непідкріпленої полиці колони $F_{\mathrm{t,fc,Rd}}$, підданої згину внаслідок розтягу чи стиску з боку полиці балки, визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{t,fc,Rd}} = \frac{b_{\mathrm{eff,b,fc}}\, t_{\mathrm{fb}} f_{\mathrm{y,fb}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(A.34)}$$

де

$b_{\mathrm{eff,b,fc}}$ – ефективна ширина b_{eff}, яку визначають згідно з 6.10, якщо полицю балки розглядають як пластину.

Примітка. Див. також вимоги, зазначені в 6.10.

A.7.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості для підданої згину полиці колони $k_{\mathrm{t,fc}}$ з одним рядом болтів обчислюють за формулою:

$$k_{\mathrm{t,fc}} = \frac{0{,}9 l_{\mathrm{eff}}\, {t_{\mathrm{fc}}}^3}{m^3}, \qquad \text{(A.35)}$$

де

l_{eff} – найменше зі значень ефективної довжини, обчислених для цього ряду болтів (окремого ряду чи розглядуваного як частина групи рядів болтів) згідно з таблицею А.2;

m – визначають, як показано на рисунку А.4.

Примітка. Коефіцієнт жорсткості підданої згину полиці колони не змінюють у разі застосування підкладних пластин.

A.8 Торцева пластина, піддана згину

A.8.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір підданої згину торцевої пластини $F_{\mathrm{t,ep,Rd}}$, тип відмови, охоплюючи відповідні болти, що працюють на розтяг, визначають як для еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу (див. 8.3), розглядаючи:

– кожний окремий ряд болтів, потрібний для забезпечення опору розтягу;

– кожну групу рядів болтів, потрібну для забезпечення опору розтягу.

(2) Групи рядів болтів по обидва боки будь-якого елемента жорсткості, з'єднаного з торцевою пластиною, розглядають як окремі еквівалентні Т-подібні елементи, піддані розтягу. Виступну частину торцевої пластини та ділянку між полицями балки моделюють як два окремі еквівалентні Т-подібні елементи, див. рисунок А.8. Розрахунковий опір і тип відмови визначають окремо для кожного еквівалентного Т-подібного елемента. У разі нерівновіддалених рядів болтів відстань p визначають як відстань між серединними точками двох сусідніх інтервалів між болтами.

(3) Щодо виступної частини торцевої пластини, визначаючи розрахунковий опір підданого розтягу еквівалентного Т-подібного елемента, застосовують розміри e_{x} та m_{x} замість e та m, див. рис. А.8.

(4) Щоб застосувати згідно з таблицею 8.2 розмір $e_{\min}$ (див. 8.3) для розташованої між полицями балки частини торцевої пластини, його визначають згідно з рисунком А.4. Для виступної частини торцевої пластини приймають значення $e_{\min}$, що дорівнює e_{x}, див. рисунок А.8.

(5) Ефективну довжину l_{eff} еквівалентного Т-подібного елемента визначають відповідно до 8.3.6, застосовуючи для кожного ряду болтів значення, подані в таблиці А.3, див. також рисунок А.10.

(6) Щоб застосувати згідно з таблицею А.3 розмір m_{x}, його визначають згідно з рисунком А.8.

(7) Розробляючи підкріплену виступну частину торцевої пластини, елемент жорсткості проєктують за дотримання таких вимог, див. рисунок А.9:

– забезпечують висоту елемента жорсткості h_{st}, що дорівнює висоті виступної частини торцевої пластини;

– визначають мінімальну довжину елемента жорсткості l_{st} як $h_{\mathrm{st}}/\tan\alpha$;

– забезпечують товщину елемента жорсткості щонайменше $t_{\mathrm{wb}} \frac{f_{\mathrm{y,wb}}}{f_{\mathrm{y,st}}}$, де

$f_{\mathrm{y,wb}}$ – границя текучості стінки балки;

$f_{\mathrm{y,st}}$ – границя текучості елемента жорсткості.

Примітка. Типові значення α становлять 30°≤ α ≤ 45°.

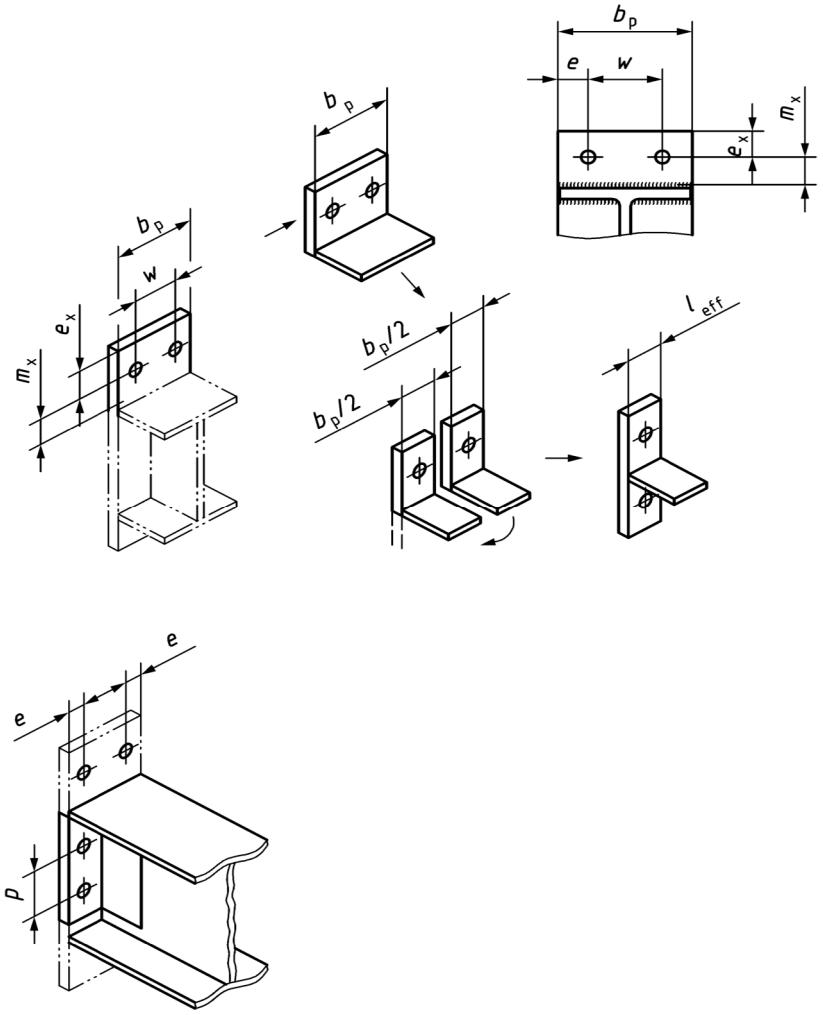


Рисунок А.8 – Моделювання торцевої пластини з виступною частиною як окремого еквівалентного Т-подібного елемента, підданого розтягу

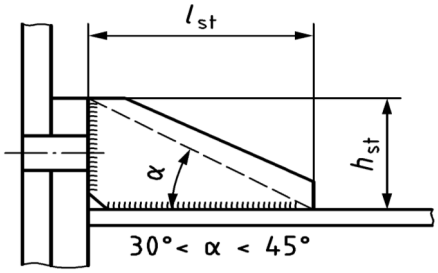
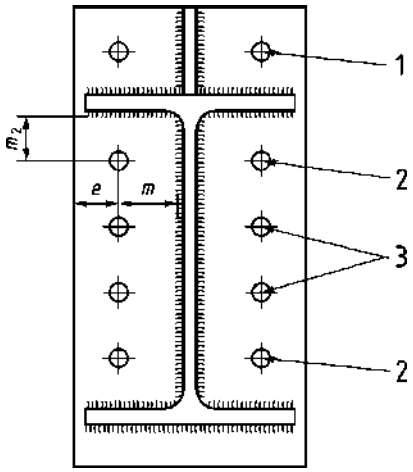


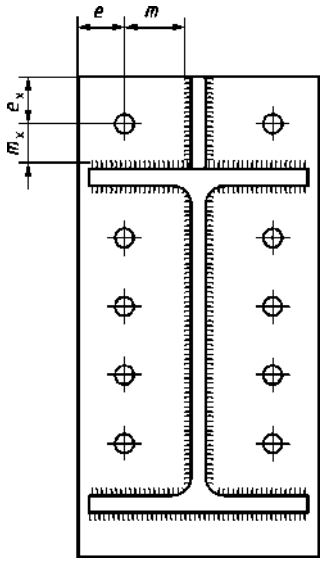
Рисунок А.9 – Розміри елемента жорсткості торцевої пластини

Таблиця А.3 – Ефективна довжина торцевої пластини

	Розташування ряду болтів	$l_{\text{eff,cp}}$ **(колове розташування)**	$l_{\text{eff,nc}}$ **(неколове розташування)**
Ряд болтів, розглядуваний як окремий ряд (щодо визначення розташування ряду болтів див. рисунок А.10(а))	Ряд болтів зовні підданої розтягу полиці балки без елемента жорсткості торцевої пластини	Найменше зі значень: $2\pi m_{\text{x}}$ $\pi m_{\text{x}} + w$ $\pi m_{\text{x}} + 2e$	Найменше зі значень: $4m_{\text{x}} + 1{,}25e_{\text{x}}$ $e + 2m_{\text{x}} + 0{,}625e_{\text{x}}$ $0{,}5b_{\text{p}}$ $0{,}5w + 2m_{\text{x}} + 0{,}625e_{\text{x}}$
	Ряд болтів зовні підданої розтягу полиці балки з елементом жорсткості торцевої пластини	Найменше зі значень: $2\pi m$ $\pi m + 2e_{\text{x}}$	Найменше зі значень: $\alpha m - (2m + 0{,}625e) + e_{\text{x}}$ αm
	Крайній ряд болтів між полицями балки	$2\pi m$	αm
	Середній ряд болтів між полицями балки	$2\pi m$	$4m + 1{,}25\,e$
Ряд болтів, розглядуваний як частина групи рядів болтів (щодо визначення розташування ряду болтів див. рисунок А.10(b))	Крайній ряд болтів між полицями балки	$\pi m + p$	$0{,}5p + \alpha m - (2m + 0{,}625e)$
	Середній ряд болтів між полицями балки	$2p$	p
Коефіцієнт модифікації α визначають згідно з А.8.1(8).			



a) Окремі ряди болтів



b) Група рядів болтів: приклад групи з кількох рядів болтів, де верхній ряд розташовано поряд із полицею балки

Умовні познаки:

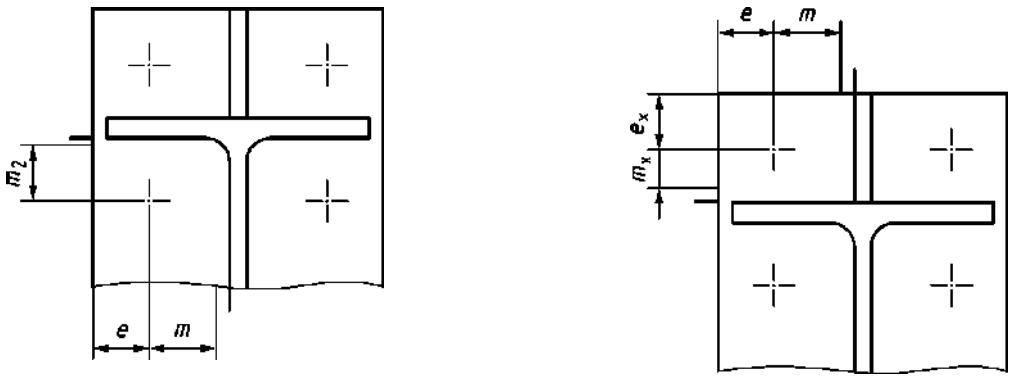
1 – ряд болтів зовні підданої розтягу полиці балки, з елементом жорсткості торцевої пластини чи без нього;

2 – крайній ряд болтів між полицями балки;

3 – середній ряд болтів між полицями балки

Рисунок А.10 – Розташування ряду болтів торцевої пластини

(8) Щоб застосувати значення α згідно з таблицею А.3 для першого ряду болтів під підданою розтягу полицею балки, його обчислюють за формулою (А.33). Щоб застосувати значення α згідно з таблицею А.3 для підкріпленого ряду болтів зовні підданої розтягу полиці балки, його обчислюють за формулою (А.33), замінивши m_2 на m_{x}. Щоб застосувати у формулі (А.33) розміри m, e, m_2 та m_{x}, їх визначають згідно з рисунком А.11.



a) Визначення розмірів m, e та m_2 для крайнього ряду болтів між полицями балки

b) Визначення розмірів m, e та m_x для ряду болтів зовні підданої розтягу полиці балки з елементом жорсткості торцевої пластини

Рисунок А.11 – Визначення геометричних параметрів

А.8.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданої згину торцевої пластини $k_{\mathrm{t,ep}}$ для окремого ряду болтів обчислюють за формулою:

$$k_{\mathrm{t,ep}} = \frac{0{,}9 l_{\mathrm{eff}} {t_{\mathrm{p}}}^3}{m^3}, \tag{A.36}$$

де

l_{eff} – найменше зі значень ефективної довжини (окремого ряду чи розглядуваного як частина групи рядів болтів), подане у таблиці А.3 для цього ряду болтів;

t_{p} – товщина торцевої пластини;

m – визначають (у загальній ситуації) згідно з рисунком А.4, але у разі ряду болтів, розташованого у виступній частині торцевої пластини, $m = m_{\mathrm{x}}$, де m_{x} визначають згідно з рисунком А.8.

Примітка. Коефіцієнт жорсткості підданої згину торцевої пластини не змінюють у разі застосування підкладних пластин.

А.9 Підсилювальна кутикова накладка, піддана згину

А.9.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір $F_{\mathrm{t,cl,Rd}}$ закріпленої болтами підсилювальної кутової накладки, підданої згину, та тип відмови, охоплюючи відповідні болти, піддані розтягу, обчислюють як для еквівалентного Т-подібного елемента, див. 8.3.

(2) Ефективну довжину l_{eff} еквівалентного Т-подібного елемента визначають як $0{,}5b_{\mathrm{cl}}$, де b_{cl} – довжина кутикової накладки, див. рисунок А.12.

(3) Щоб застосувати згідно з таблицею 8.2 розміри $e_{\min}$ та m, їх визначають згідно з рисунком А.13.

(4) Для з’єднання кутикової накладки з полицею колони застосовують щонайбільше один ряд болтів (див. рисунок А.12).

(5) Кількість рядів болтів для з’єднання кутикової накладки з полицею балки не обмежено (див. рисунок А.13).

(6) Довжина b_{cl} кутикової накладки може відрізнятись як від ширини полиці балки, так і від ширини полиці колони.

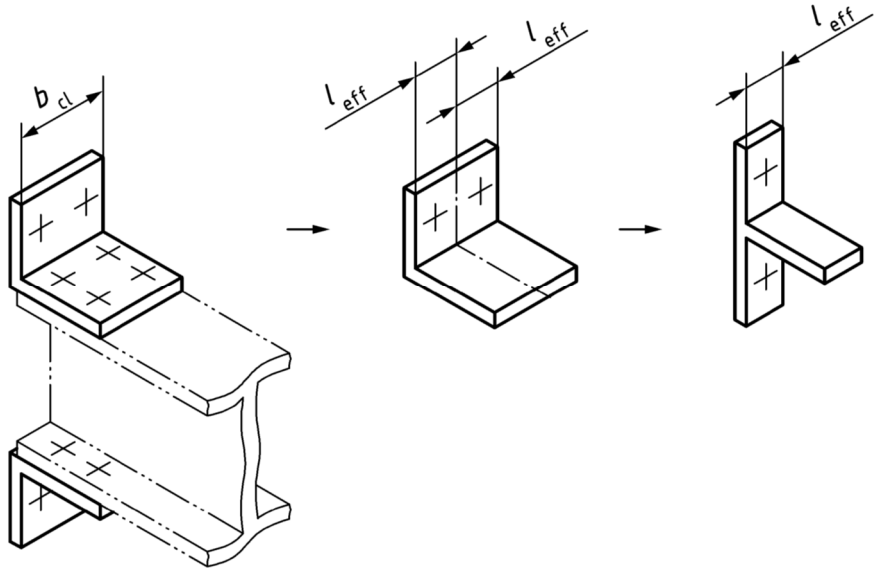
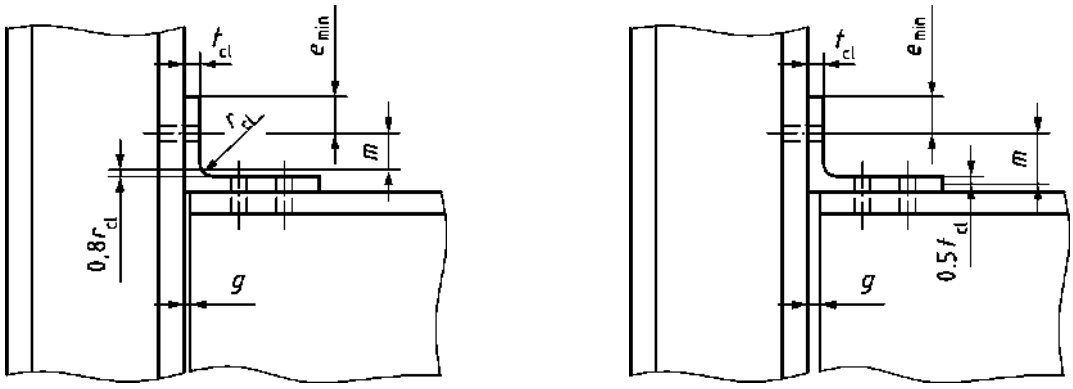


Рисунок А.12 – Ефективна довжина l_{eff} підсилювальної кутикової накладки



a) Проміжок $g \leq 0{,}4\ t_{\mathrm{cl}}$ b) Проміжок $g > 0{,}4\ t_{\mathrm{cl}}$

Рисунок А.13 – Визначення розмірів $e_{\min}$ та m прикріпленої болтами кутової накладки

А.9.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданої згину підсилювальної кутикової накладки $k_{\mathrm{t,cl}}$ для окремого ряду болтів обчислюють за формулою:

$$k_{\mathrm{t,cl}} = \frac{0{,}9 l_{\mathrm{eff}}\, {t_{\mathrm{cl}}}^3}{m^3}, \qquad \text{(А.37)}$$

де

l_{eff} – ефективна довжина підсилювальної кутикової накладки, визначена згідно з рисунком А.12;

t_{cl} – товщина підсилювальної кутикової накладки;

m – визначають згідно з рисунком А.13.

Примітка. Коефіцієнт жорсткості підсилювальної кутикової накладки, підданої згину, не змінюють у разі застосування підкладних пластин.

А.10 Полиця балки чи колони та стінка, піддані стиску

А.10.1 Розрахунковий опір

(1) Згідно з припущенням, підсумковий розрахунковий опір стиску полиці балки чи полиці колони та суміжної стінки балки $F_{\mathrm{c,fb,Rd}}$

розглядають як такий, що діє на рівні центра стиску, див. таблицю В.1, та визначають за такою формулою:

$$F_{\mathrm{c,fb,Rd}} = \frac{M_{\mathrm{c,Rd}}}{h - t_{\mathrm{f}}}, \tag{A.38}$$

де

h – висота перерізу з’єднуваної балки чи колони;

$M_{\mathrm{c,Rd}}$ – розрахунковий опір щодо моменту в поперечному перерізі балки чи колони, зменшений, за потреби, для врахування зсуву, див. 8.2.5 та 8.2.8 в EN 1993-1-1:2022; щодо підсиленої вутом балки $M_{\mathrm{c,Rd}}$ допустимо обчислювати без урахування проміжної полиці;

t_{f} – товщина полиці з’єднуваної балки, t_{fb}, або колони, t_{fc}.

A.10.2 Коефіцієнт жорсткості

1) Коефіцієнт жорсткості полиці балки чи колони та стінки, підданої стиску, $k_{\mathrm{c,fw}}$ приймають такий, що дорівнює нескінченності.

A.11 Стінка балки чи колони, піддана розтягу

A.11.1 Розрахунковий опір

(1) У разі болтового з’єднання торцевої пластини розрахунковий опір стінки балки чи стінки колони, підданої розтягу, $F_{\mathrm{t,wb,Rd}}$ визначають за такою формулою:

$$F_{\mathrm{t,wb,Rd}} = \frac{b_{\mathrm{eff,t,wb}}\, t_{\mathrm{w}} f_{\mathrm{y,wb}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}, \tag{A.39}$$

де

t_{w} – товщина стінки з’єднуваної балки, t_{wb}, або колони, t_{wc}.

(2) Ефективну ширину підданої розтягу стінки балки чи колони $b_{\mathrm{eff,t,wb}}$ приймають таку, що дорівнює ефективній довжині еквівалентного Т-подібного елемента, який імітує поведінку підданої

згину торцевої пластини, значення якої обчислюють згідно з А.8.1 для окремого ряду болтів чи групи болтів.

А.11.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданої згину стінки балки чи колони $k_{\mathrm{t,wb}}$ приймають такий, що дорівнює нескінченності.

А.12 Пластина, піддана розтягу чи стиску

А.12.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір пластини, підданої розтягу чи стиску, $F_{\mathrm{t,p,Rd}}$ чи $F_{\mathrm{c,p,Rd}}$, визначають відповідно до 8.2.3 та 8.2.4 стандарту EN 1993-1-1:2022. Щодо втрати стійкості пластини дотримують положень розділу 6 EN 1993-1-5:2024.

А.12.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості пластини, підданої розтягу чи стиску, $k_{\mathrm{t,p}}$ чи $k_{\mathrm{c,p}}$, приймають такий, що дорівнює нескінченності.

А.13 Болти, піддані розтягу

А.13.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір розтягу болтів $F_{\mathrm{t,Rd}}$ визначають згідно з таблицею 5.9, див. 5.9.1.

А.13.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданих розтягу болтів k_{t} для окремого ряду болтів визначають за такою формулою:

– для ряду болтів без попереднього натягу (клас D)

$$k_{\mathrm{t}} = \frac{1{,}6A_{\mathrm{s}}}{L_{\mathrm{b}}}, \qquad \text{(A.40)}$$

– для ряду болтів із попереднім натягом (клас E)

$$k_{\mathrm{t}} = \infty \qquad \text{(A.41)}$$

де L_{b} – довжина видовження болта, див. таблицю 8.2.

А.14 Болти, піддані зрізу

А.14.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір зрізу болтів $F_{\mathrm{v,Rd}}$ визначають згідно з таблицею 5.9, див. 5.9.1.

А.14.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнти жорсткості підданих різу болтів k_{v} для окремого ряду болтів визначають за формулою:

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на зминання

$$k_{\mathrm{v}} = \frac{16 n_{\mathrm{b}} d^2 f_{\mathrm{ub}}}{E d_{\mathrm{M16}}}, \quad \text{(А.42)}$$

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на проковзування

$$k_{\mathrm{v}} = \infty, \quad \text{(А.43)}$$

де

d_{M16} – номінальний діаметр болта М16;

n_{b} – кількість рядів болтів (по два болти в ряду).

А.15 Зминання болтів у зоні отворів

А.15.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір зминанню болтів у зоні отворів $F_{\mathrm{b,Rd}}$ визначають згідно з таблицею 5.9, див. 5.9.1.

А.15.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданих зминанню болтів визначають так:

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на зминання

$$k_{\mathrm{b}} = \frac{24 n_{\mathrm{b}}\, k_{\mathrm{d}}\, k_{\mathrm{t}} d f_{\mathrm{u}}}{E}\ ; \quad \text{(А.44)}$$

$k_{\mathrm{d}} = k_{\mathrm{d1}}$, але $k_{\mathrm{d}} \le k_{\mathrm{d2}}$;

$k_{\mathrm{d1}} = 0{,}25 e_1/d + 0{,}5$, але $k_{\mathrm{d1}} \le 1{,}25$;

$k_{\mathrm{d2}} = 0{,}25p_1/d + 0{,}375$, але $k_{\mathrm{d2}} \leq 1{,}25$;

$k_{\mathrm{t}} = 1{,}5t_{\mathrm{j}}/d_{\mathrm{M16}}$, але $k_{\mathrm{t}} \leq 2{,}5$;

e_1 – відстань від болтового ряду до вільної кромки пластини в напрямку передавання навантаги;

f_{u} – межа міцності за розтягу сталі елемента, у якому встановлено болт;

p_1 – інтервал між рядами болтів у напрямку передавання навантаги;

t_{j} – товщина сталевої пластини, у якій встановлено болт;

n_{b} – кількість рядів болтів (по два болти в ряду);

d_{M16} – номінальний діаметр болта М16;

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на проковзування

$k_{\mathrm{b}} = \infty$. (A.45)

(2) Коефіцієнт жорсткості, який обумовлює деформаційну характеристику в умовах навантаження встановленого болта внаслідок зминання, якщо розрахункова навантажувальна сила $F_{\mathrm{b,Ed}}$ в отворі для болта дорівнює:

– менше $0{,}8F_{\mathrm{b,Rd}}$ у разі сталі марок до S460, а також

– менше $F_{\mathrm{b,Rd}}$ у разі вищих марок сталі,

визначають за формулами:

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на зминання

$$k_{\mathrm{b}} = \frac{2\,\overline{S}_{\mathrm{b}} n_{\mathrm{b}}\, t_{\mathrm{j}}\, f_{\mathrm{u}}}{E} \qquad \text{(A.46)}$$

– для ряду болтів у з'єднаннях, що працюють на проковзування

$$k_{\mathrm{b}} = \infty, \qquad \text{(A.47)}$$

де $\overline{S}_{\mathrm{b}}$ – відносна жорсткість за зминання, яку можна обчислити так:

$$\overline{S}_{\mathrm{b}}(u) = \frac{\bar{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}}}{\bar{u}} \; ; \tag{A.48}$$

$$\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}} = \frac{F_{\mathrm{v,Ed}}}{d t_{\mathrm{j}} f_{\mathrm{u}}} \; ; \tag{A.49}$$

$$\bar{u} = \frac{u}{d} \tag{A.50}$$

Якщо безрозмірне значення видовження болтового отвору від початку відомо, то розрахункове значення безрозмірного середнього напруження зминання можна обчислити за формулою:

$$\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}} = \frac{126\bar{u}}{\left(1 + \sqrt{30\bar{u}}\right)^2} \tag{A.51}$$

Якщо розрахункове значення безрозмірного середнього напруження зминання в отворі для болта від початку відомо, то безрозмірне значення видовження отвору для болта можна визначити за формулою:

$$\bar{u} = \left(\frac{\sqrt{30} + \sqrt{\dfrac{126}{\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}}}}}{\dfrac{126}{\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}}} - 30} \right)^2 , \tag{A.52}$$

де

$\overline{\sigma}_{\mathrm{b,Ed}}$ – середнє безрозмірне значення напруження зминання;

$\bar{u}$ – безрозмірне значення видовження болтового отвору за розрахункового безрозмірного середнього значення напруження зминання;

u – видовження болтового отвору, див. рисунок А.14;

d – діаметр болта;

$F_{\mathrm{b,Ed}}$ – розрахункове значення навантажувальної сили в отворі для болта.

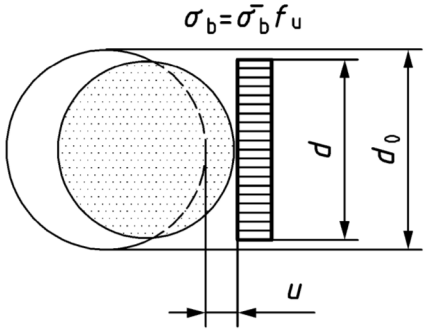


Рисунок А.14 – Параметри, що впливають на деформаційну поведінку за умов навантаги, що діє в отворі для болта

А.16 Бетон та опорна плита, піддані стиску

А.16.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір зминанню опорної плити та її бетонної опори визначають з урахуванням властивостей матеріалу та розмірності як опори, виконаної із будівельного розчину, так і бетонної опори. Бетонну опору проєктують відповідно до EN 1992-1-1.

(2) Розрахунковий опір бетону, разом із будівельним розчином, а також опорної плити, підданих стиску, $F_{\mathrm{c,bp,Rd}}$ розглядають як опір підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента, див. 8.4.

А.16.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості бетону та опорної плити, підданих стиску, обчислюють за формулою:

$$k_{\mathrm{c,bp}} = \frac{E_{\mathrm{cm}}\sqrt{b_{\mathrm{eff}} l_{\mathrm{eff}}}}{1{,}275\,E}, \qquad \text{(A.53)}$$

де

b_{eff} – ефективна ширина підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента, див. 8.4.3, де c визначають як товщину опорної плити, помножену на 1,25;

l_{eff} – ефективна довжина підданого стиску еквівалентного Т-подібного елемента, див. 8.4.3, де c визначають як товщину опорної плити, помножену на 1,25;

E – модуль пружності сталі;

E_{cm} – січний модуль пружності бетону.

А.17 Опорна плита, піддана згину з розтягом

А.17.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір $F_{\text{t,bp,Rd}}$ та тип відмови опорної плити, підданої згину з розтягом, охоплюючи піддані розтягу відповідні анкерні болти чи кріпильні вироби, якими з'єднують сталевий елемент із бетоном, можна визначити за правилами, викладеними в А.8.1. Розрахунковий опір розтягу анкерних болтів визначають згідно з А.18.1, а розрахунковий опір розтягу кріпильних виробів, якими з'єднують сталевий елемент із бетоном, – згідно з А.19.

(2) У разі застосування опорних плит колони з анкерними болтами можуть виникати чи не виникати важільні сили відриву, тож конкретні типи відмови розглядають відповідно до ситуації (див. таблицю 8.2). У разі застосування опорних плит колони із кріпильними виробами для з'єднання сталевого елемента з бетоном розглядають відповідний тип відмови згідно з таблицею 8.2.

Примітка. У Національному додатку для опорних плит колони може бути встановлено інші вимоги щодо врахування важільних сил відриву.

А.17.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості опорної плити, підданої згину з розтягом, стосовно окремого ряду анкерних болтів визначають так:

– у ситуації з виникненням важільних сил відриву

$$k_{\text{t,bp}} = \frac{0{,}85 l_{\text{eff}} {t_{\text{p}}}^3}{m^3}, \quad \text{(A.54)}$$

– у ситуації без виникнення важільних сил відриву

$$k_{\mathrm{t,bp}} = \frac{0{,}425 l_{\mathrm{eff}} {t_{\mathrm{p}}}^3}{m^3}, \quad \text{(A.55)}$$

де

l_{eff} – ефективна довжина еквівалентного Т-подібного елемента, див. А.8.1;

t_{p} – товщина опорної плити;

m – відстань, визначена згідно з рисунком 8.3.

(2) Важільні сили відриву можуть виникати за умови:

$$L_{\mathrm{b}} \leq \frac{8{,}8 m^3 A_s}{l_{\mathrm{eff}} t^3}, \quad \text{(A.56)}$$

де

L_{b} – довжина видовження анкерного болта, див. табл. 8.2.

А.18 Анкерний болт, підданий розтягу

А.18.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір підданого розтягу анкерного болта визначають згідно з 5.9.1. Однак для нього може бути встановлено граничні значення, обумовлені розрахунковою міцністю зчеплення анкерного болта з бетоном згідно з EN 1992-1-1, а також різними типами відмови бетону, наприклад, втратою несної здатності залізобетону згідно з EN 1992-4.

(2) Закріплення анкерних болтів у фундаменті виконують одним із зазначених нижче методів, застосовуючи:

– відгин, див. рисунок А.15 a);

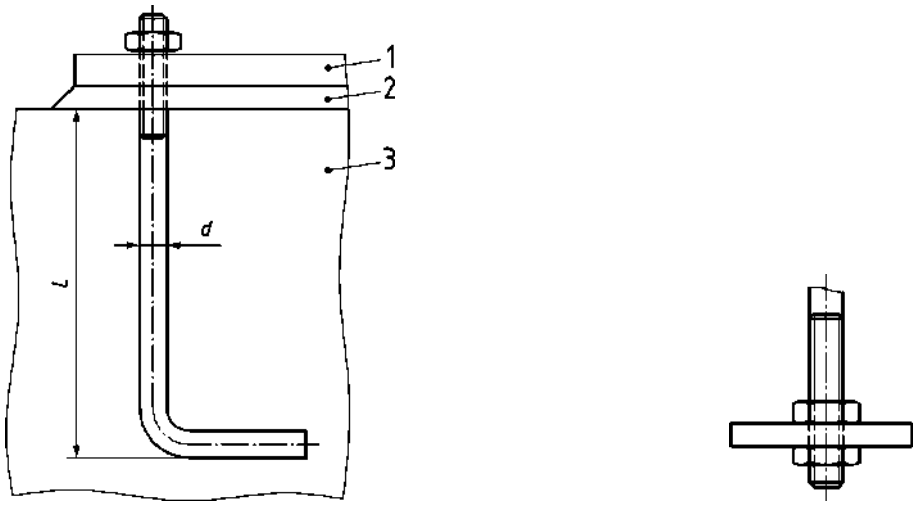
– анкерну плиту, див. рисунок А.15 b);

– інший закладений у бетон елемент, застосовний для розподілення навантаги;

– інший кріпильний виріб, випробуваний відповідним способом та схвалений.

(3) Якщо анкерні болти встановлюють разом з анкерною плитою чи іншим елементом для розподілення навантаги, то внесок зчеплення не враховують. Передавання сумарного зусилля забезпечують через елемент кріплення, призначений для розподілення навантаги, наприклад, анкерну шайбу.

(4) У ситуаціях, у яких розглядають тип відмови основи колони, що переважно виникає внаслідок розтягу анкерних болтів, тобто тип 2 чи тип 3 згідно з таблицею 8.2, щодо опору анкерного болта не застосовують граничних значень, обумовлених його розрахунковим опором зчеплення з бетоном та іншими типами відмови бетону, див. (1), за винятком ситуацій, у яких конкретні типи відмови бетону передбачено в проєкті.



a) Відгин b) Анкерна плита

Умовні познаки:

1 – опорна плита;

2 – шар будівельного розчину;

3 – бетонний фундамент

Рисунок А.15 – Закріплення у фундаменті анкерних болтів

А.18.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості підданих розтягу анкерних болтів визначають так (див. також А.17.2(2)):

– у ситуації з виникненням важільних сил відриву:

$$k_{\mathrm{tb}} = \frac{1{,}6A_{\mathrm{s}}}{L_{\mathrm{b}}}\ ; \qquad \text{(А.57)}$$

– у ситуації без виникнення важільних сил відриву:

$$k_{\mathrm{tb}} = \frac{2{,}0A_{\mathrm{s}}}{L_{\mathrm{b}}} \qquad \text{(А.58)}$$

А.19 Кріпильні вироби для з’єднання сталевого елемента з бетоном, піддані розтягу

(1) Розрахунковий опір підданих розтягу кріпильних виробів у з’єднанні сталевого елемента з бетоном можна визначити згідно з EN 1992-4 як для системи «сталь-бетон». Кріпильні вироби для з’єднання сталевого елемента з бетоном, піддані розтягу, перевіряють на відповідність умовам граничного стану за несною здатністю, розглядаючи такі типи відмови:

– відмова внаслідок руйнування сталевого матеріалу кріпильного виробу для з’єднання сталевого елемента з бетоном;

– відмова внаслідок руйнування матеріалу залізобетону;

– відмова внаслідок висмикування кріпильного виробу;

– відмова внаслідок комбінації виривання кріпильного виробу з руйнуванням бетону;

– відмова внаслідок розколювання бетону;

– відмова внаслідок руйнування бетону вибуховою хвилею;

– відмова внаслідок руйнування сталевого матеріалу арматури;

– відмова внаслідок руйнування анкерного кріплення арматури.

(2) Розрахунковий опір підданих розтягу кріпильних виробів для з'єднання сталевого елемента з бетоном можна збільшити, врахувавши внесок бетону і додаткової арматури, розташованих поряд із кріпильними виробами. Передавання навантаги завдяки арматурі та бетону можна визначити відповідним моделюванням жорсткості анкерних компонентів.

(3) Інші типи відмови, наприклад, розламування бетону між додатковою арматурою, розглядають у ситуаціях, у яких має бути враховано внесок бетону та арматури.

А.20 Анкерні болти, піддані зрізу

(1) Розрахунковий опір зрізу анкерного болта $F_{\mathrm{vb,Rd}}$ в опорних плитах колон зі звичайними круглими отворами визначають за такою формулою:

$$F_{\mathrm{vb,Rd}} = \frac{\alpha_{\mathrm{bc}}\, f_{\mathrm{ub}}\, A_{\mathrm{s}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad \text{(A.59)}$$

де

$\alpha_{\mathrm{bc}} = 0{,}44 - 0{,}000\,3\, f_{\mathrm{yb}};$

f_{yb} – границя текучості анкерного болта за дотримання умови: 235 Н/мм^2 ≤ f_{yb} ≤ 640 Н/мм^2.

(2) Щодо зазначеного в (1) опору не застосовують граничних значень, обумовлених різними типами відмови бетону згідно з EN 1992-4, наприклад, руйнуванням кромки бетону, за винятком ситуацій, у яких конкретні типи відмови бетону передбачено в проєкті.

А.21 Кріпильні вироби для з'єднання сталевого елемента з бетоном, піддані зрізу

(1) Розрахунковий опір підданих зрізу кріпильних виробів для з'єднання сталевого елемента з бетоном можна визначити згідно з EN 1992-4 як для системи «сталь-бетон». Анкерні компоненти, піддані

зрізу, перевіряють на відповідність умовам граничного стану за несною здатністю, розглядаючи такі типи відмови:

– відмова внаслідок руйнування матеріалу сталевого кріпильного виробу для з’єднання сталевого елемента з бетоном;

– відмова внаслідок виривання з бетону кріпильного виробу;

– відмова внаслідок руйнування кромки бетону;

– відмова внаслідок руйнування сталевого матеріалу додаткової арматури;

– відмова внаслідок руйнування анкерного кріплення додаткової арматури.

А.22 Зварні шви

А.22.1 Розрахунковий опір

(1) Розрахунковий опір зварних швів визначають відповідно до розділу 6.

А.22.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості зварних швів k_{w} приймають такий, що дорівнює нескінченності.

А.23 Підсилена вутом балка, піддана стиску

А.23.1 Розрахунковий опір

(1) Якщо балку підсилено вутами:

– марку сталі вута обирають таку саму, як і марка сталі конструкційного елемента;

– розмір полиці й товщину стінки вута приймають щонайменше такі, як у конструкційного елемента;

– кут, утворений полицею вута до полиці конструкційного елемента, задають щонайбільше 45°.

(2) Якщо балку підсилено вутами, то розрахунковий опір підданӧї стиску стінки балки визначають за правилами, які встановлено в А.5.1.1(2) щодо стінки колони, підданӧї стиску. Приймають довжину опорного елемента жорсткості s_s, що дорівнює товщині полиці вута, паралельної балці, див. рисунок А.16. Терм «s_s, опорний елемент жорсткості» визначають за першими двома членами формули (А.16), тобто: $s_s = t_{fb} + 2\sqrt{2}\, a_b$.

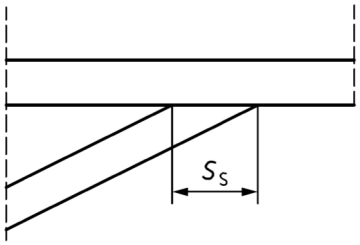


Рисунок А.16 – Визначення довжини опорного елемента жорсткості

А.23.2 Коефіцієнт жорсткості

(1) Коефіцієнт жорсткості вута, яким підсилено балку, k_{hb} приймають такий, що дорівнює нескінченності.

ДОДАТОК В

(обов’язковий)

ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ СПРИЙМАННЯ МОМЕНТУ З’ЄДНАНЬ БАЛКИ З КОЛОНОЮ ТА БАЛКОВИХ СТИКОВИХ З’ЄДНАНЬ

В.1 Використання цього додатка

(1) Цей обов’язковий додаток містить положення, що доповнюють зміст розділів 7 та 8 щодо проєктування призначених для сприймання моменту з’єднань балки з колоною та балкових стикових з’єднань.

В.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Цей обов’язковий додаток застосовують для визначення розрахункового опору, поворотної жорсткості й поворотної здатності призначених для сприймання моментів з’єднань балки з колоною та балкових стикових з’єднань елементів із двотаврових профілів нормальних чи широкополичних, ґрунтуючись на конструкційних властивостях компонентів згідно з додатком А.

В.3 Розрахунковий опір

В.3.1 Загальні положення

(1) З'єднання проєктують так, щоб вони сприймали згинальні моменти, осьові та зсувні сили, прикладені до елементів у з'єднанні, див. рисунок 7.4.

(2) За припущенням вважають, що напруження, спричинені внутрішніми зусиллями та моментами в елементі, не впливають на розрахункові значення опору базових компонентів з'єднання, за винятком ситуацій, зазначених у А.5 та А.6.

B.3.2 Згинальний момент

B.3.2.1 Загальні положення

(1) Забезпечують умови, у яких прикладений до з'єднання розрахунковий момент $M_{\mathrm{j,Ed}}$ задовольнятиме критерій:

$$\frac{M_{\mathrm{j,Ed}}}{M_{\mathrm{j,Rd}}} \leq 1{,}0 \qquad \text{(B.1)}$$

(2) За умови, що осьове зусилля N_{Ed} у з'єднаному елементі не перевищуватиме 5 % від розрахункового опору пластичній деформації з'єднання $N_{\mathrm{j,Rd}}$, розрахунковий опір щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ з'єднання балки з колоною чи балкового стикового з'єднання можна обчислити, застосовуючи зазначені у B.3.2 методи без урахування ефекту від N_{Ed}. Щодо інших ситуацій див. B.3.3(1).

(3) Розрахунковий опір щодо моменту зварного з'єднання визначають із застосуванням розподілу зусиль із таблиці B.1(a).

(4) Розрахунковий опір щодо моменту болтового з'єднання з підсилювальними кутиковими накладками визначають із застосуванням розподілу зусиль із таблиці B.1(b).

(5) Розрахунковий опір щодо моменту болтових з'єднань змонтованих урівень з елементом торцевих пластин, прикріплених лише одним рядом піддaних розтягу болтів, або в яких розглядають лише один ряд піддaних розтягу болтів, див. (8), визначають із застосуванням розподілу зусиль із таблиці B.1(c).

(6) Розрахунковий опір моменту стикового з'єднання із використанням накладних пластин визначають, застосовуючи розподіл зусиль із таблиці B.1(d).

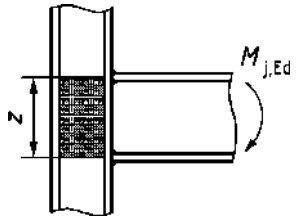
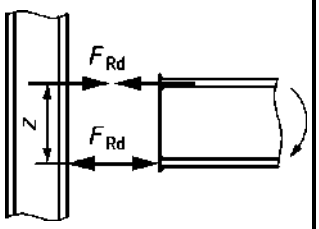
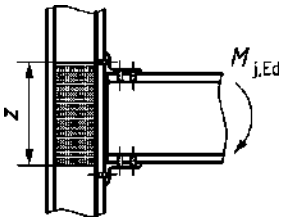
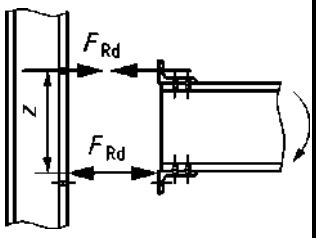
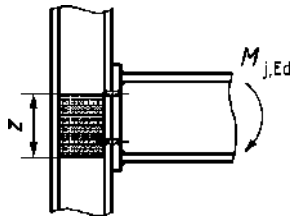
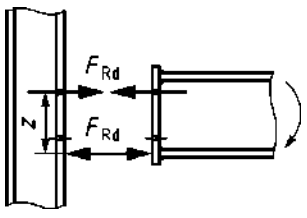
(7) Розрахунковий опір щодо моменту болтових з'єднань із торцевою пластиною, у яких застосовують більше ніж один ряд піддaних розтягу болтів, обчислюють згідно з B.3.2.2.

(8) У болтових з’єднаннях із застосуванням кількох рядів підданих розтягу болтів внесок будь-якого ряду болтів можна не враховувати за умови, що внески всіх інших рядів болтів, розташованих ближче до центра стиску, так само не враховують.

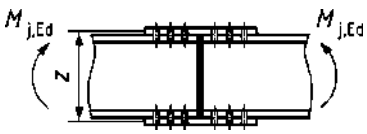
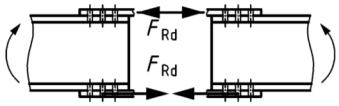
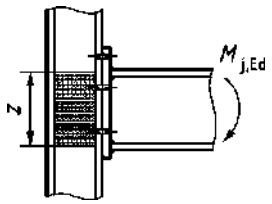
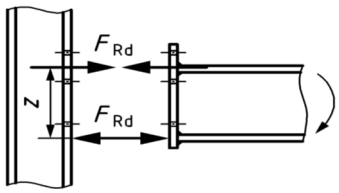
(9) За консервативного підходу, розрахунковий опір щодо моменту з’єднання елементів, що містить подовжені торцеві пластини, з’єднані лише двома рядами підданих розтягу болтів, допустимо оцінювати наближено, як показано на рисунку В.1, за умови, що підсумкове значення розрахункового опору F_{Rd} є меншим за $3{,}8F_{\mathrm{t,Rd}}$, де $F_{\mathrm{t,Rd}}$ визначають із таблиці 5.9. У цьому разі всю зону розтягу торцевої пластини можна розглядати як окремий основний компонент. Якщо два ряди болтів розташовано приблизно рівновіддалено від обох боків полиці балки, то для визначення сили $F_{1,\mathrm{Rd}}$, прикладеної до болтового ряду, цю частину торцевої пластини можна розглядати як еквівалентний Т-подібний елемент, підданий розтягу. Тоді можна вважати, що значення $F_{2,\mathrm{Rd}}$ дорівнює $F_{1,\mathrm{Rd}}$, а F_{Rd} дорівнює $2F_{1,\mathrm{Rd}}$.

(10) Центр стиску приймають за центральну вісь епюри напружень від сил стиску. Для спрощення центр стиску можна розглядати, як показано в таблиці В.1 для різних типів з’єднань.

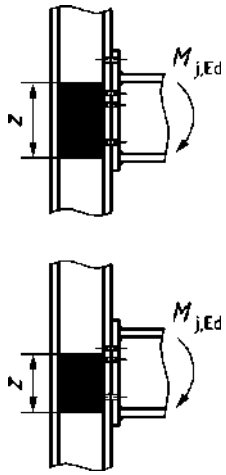
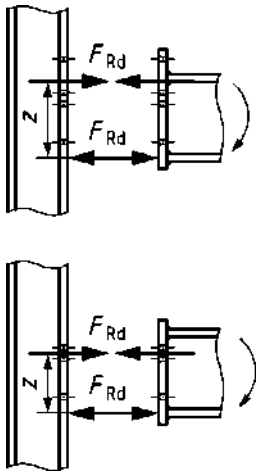
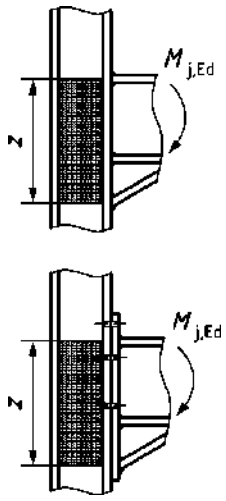
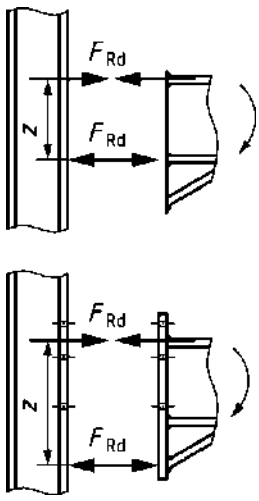
Таблиця В.1 – Центр стиску, важільне плече z та розподіл зусиль, застосовні для обчислення розрахункового опору щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$

Тип з'єднання балки з колоною чи стикового з'єднання балок	**Центр стиску**	**Важільне плече**	**Розподіл зусиль**
a) Зварне з'єднання 	На рівні середини за товщиною полиці, підданої стиску	$z = h_{\mathrm{b}} - t_{\mathrm{fb}}$ h_{b} – висота з'єднуваної балки; t_{fb} – товщина полиці балки	
b) Болтове з'єднання з підсилювальними кутиковими накладками 	На рівні середини за товщиною полиці кутикової накладки на полиці, підданій стиску	Відстань від центра стиску до ряду болтів, підданих розтягу	
c) Болтове з'єднання торцевої пластини лише з одним рядом болтів, що працюють на розтяг 	На рівні середини за товщиною полиці, підданої стиску	Відстань від центра стиску до ряду болтів, підданих розтягу	

Продовження таблиці В.1

Тип з’єднання балки з колоною чи стикового з’єднання балок	**Центр стиску**	**Важільне плече**	**Розподіл зусиль**
d) Стикове з'єднання з листовими накладками, які прикріплено болтами 	На рівні середини за товщиною листової накладки, підданої стиску	$z = h_{\mathrm{b}} +$ $+0{,}5(t_{\mathrm{s,up}} + t_{\mathrm{s,lo}})$ h_{b} – висота з’єднаної балки; $t_{\mathrm{s,up}}$ – товщина верхньої листової накладки; $t_{\mathrm{s,lo}}$ – товщина нижньої листової накладки	
e) Болтове з'єднання подовженої торцевої пластини лише двома рядами болтів, що працюють на розтяг 	На рівні середини за товщиною полиці, підданої стиску	За консерватив-ного підходу, z можна прийняти як відстань від центра стиску до точки посередині між цими двома рядами болтів	

Кінець таблиці B.1

Тип з'єднання балки з колоною чи стикового з'єднання балок	**Центр стиску**	**Важільне плече**	**Розподіл зусиль**
f) Інше болтове з'єднання торцевої пластини з двома чи більше рядами болтів, що працюють на розтяг 	На рівні середини за товщиною полиці, підданої стиску	Наближеним значенням z є відстань від центра стиску до точки посередині між найдальшими двома рядами болтів, підданих розтягу. Точнішим значенням z є z_{eq}, обчислене методом, поданим у B.4.2.1.	
g) Будь-яке з'єднання із балкою, підсиленою вутом, що працює на стиск 	На рівні середини за товщиною полиці балкового вута, що працює на стиск	Відстань між центром стиску та центром розтягу, як зазначено вище, залежно від типу з'єднання	

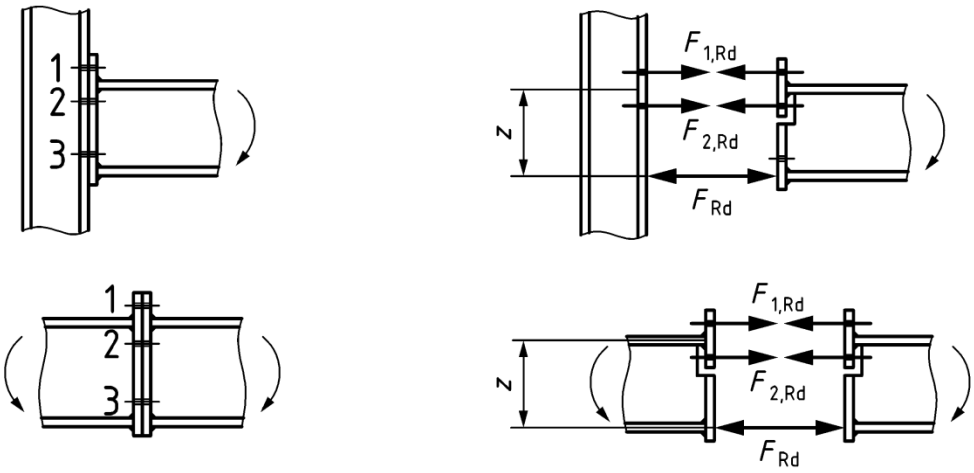


Рисунок В.1 – Метод консервативного розрахунку болтових з'єднань та подовжених торцевих пластин

В.3.2.2 З'єднання балки з колоною та стикові з'єднання балок із болтовими з'єднаннями торцевих пластин

(1) Розрахунковий опір щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ з'єднання балки з колоною чи стикового з'єднання балок із застосуванням приєднаної болтами торцевої пластини визначають за такою формулою:

$$M_{\mathrm{j,Rd}} = \sum_{r} h_{\mathrm{r}} F_{\mathrm{t},r,\mathrm{Rd}} \,, \tag{B.2}$$

де

$F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ – ефективний розрахунковий опір розтягу ряду болтів r;

h_{r} – відстань від ряду болтів r до центра стиску (див. таблицю В.1, другий стовпець);

r – номер ряду болтів.

(2) Вважають, що центр стиску з'єднань, які містять приєднані болтами торцеві пластини, розташовано на рівні з центром підданої стиску полиці з'єднаного елемента.

(3) Ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ кожного ряду болтів визначають послідовно, починаючи з болтового ряду 1,

найвіддаленішого ряду від центра стиску, просуваючись надалі до болтового ряду 2 і так далі.

(4) Визначаючи ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{t,r,Rd}$ ряду болтів r, ефективний розрахунковий опір розтягу всіх інших рядів болтів, розташованих ближче до центра стиску, не враховують.

(5) Ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{t,r,Rd}$ ряду болтів r приймають як його розрахунковий опір розтягу, визначений як для окремого ряду болтів згідно з (6) із понижувальним коефіцієнтом, за потреби, відповідно до (7), (8) та (9).

(6) Ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{t,r,Rd}$ болтового ряду r, що визначають як для окремого ряду болтів, приймають щонайменше як значення розрахункового опору розтягу окремого ряду болтів таких базових компонентів:

– стінка колони, піддана поперечному розтягу $F_{t,wc,Rd}$ – див. А.6.1;

– полиця колони, піддана згину $F_{t,fc,Rd}$ – див. А.7.1;

– торцева пластина, піддана згину $F_{t,ep,Rd}$ – див. А.8.1;

– стінка балки, піддана розтягу $F_{t,wb,Rd}$ – див. А.11.1.

(7) Ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{t,r,Rd}$ ряду болтів r понижують, зменшуючи отримане згідно з (6) значення $F_{t,r,Rd}$, за потреби, щоб забезпечити для всіх болтових рядів, включно до ряду болтів r, загальний розрахунковий опір $\sum F_{t,r,Rd}$, що не перевищує чи дорівнює найменшому зі значень:

– розрахункового опору підданої зсуву ділянки стінки колони, $V_{wp,Rd}$, див. А.4.1, поділеного на коефіцієнт перетворення β, див. 7.2.3(2), $V_{wp,Rd}/\beta$;

– розрахункового опору підданої поперечному стиску стінки колони $F_{c,wc,Rd}$, див. А.5.1;

– розрахункового опору підданої стиску полиці балки та стінки $F_{\mathrm{c,fb,Rd}}$, див. А.10.1.

(8) Ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ ряду болтів r понижують, зменшуючи отримане згідно з (7) значення $F_{\mathrm{t,r,Rd}}$, за потреби, щоб забезпечити суму розрахункових опорів $\Sigma F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ болтових рядів, які входять до однієї й тієї самої групи, не більшу за розрахунковий опір цієї групи загалом. Це перевіряння виконують, розглядаючи такі базові компоненти:

– стінка колони, піддана поперечному розтягу $F_{\mathrm{t,wc,Rd}}$ – див. А.6.1;

– полиця колони, піддана згину $F_{\mathrm{t,fc,Rd}}$ – див. А.7.1;

– торцева пластина, піддана згину $F_{\mathrm{t,ep,Rd}}$ – див. А.8.1;

– стінка балки, піддана розтягу $F_{\mathrm{t,wb,Rd}}$ – див. А.11.1.

(9) Якщо ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{\mathrm{t,x,Rd}}$ в одному з попередніх рядів болтів x перевищує $1{,}9F_{\mathrm{t,Rd}}$, то ефективний розрахунковий опір розтягу $F_{\mathrm{t,r,Rd}}$ ряду болтів r понижують, за потреби, щоб задовольнити критерій:

$$F_{\mathrm{t},r,\mathrm{Rd}} \leq \frac{F_{\mathrm{t},x,\mathrm{Rd}}\, h_r}{h_{\mathrm{x}}}, \qquad \text{(B.3)}$$

де

h_{x} – відстань від ряду болтів x до центра стиску;

x – найвіддаленіший від центра стиску ряд болтів, розрахунковий опір розтягу якого становить більше $1{,}9F_{\mathrm{t,Rd}}$.

Примітка. Додаткову інформацію щодо застосування критерію (B.3) може бути встановлено у Національному додатку.

(10) Метод, описаний у пунктах із (1) по (9), можна застосовувати для стикових з’єднань балок із торцевими пластинами, які прикріплено

болтами, див. рис. В.2, без урахування компонентів, застосовних із колоною.

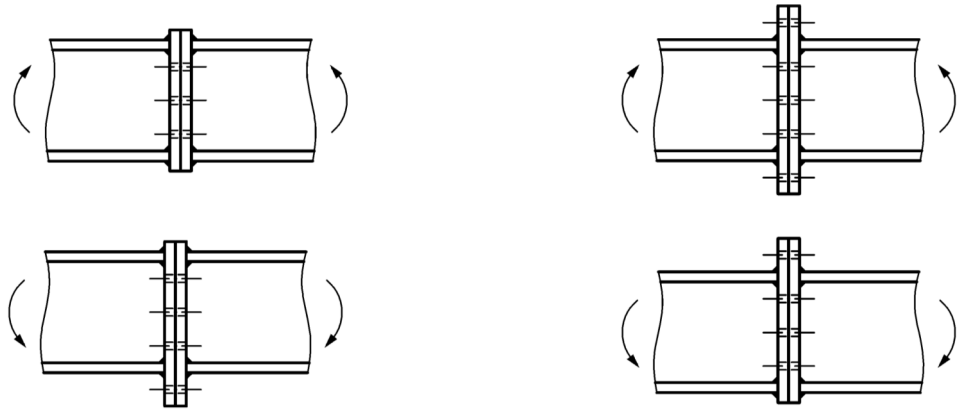


Рисунок В.2 – Стикові з’єднання балок із торцевими пластинами, які прикріплено болтами

В.3.3 Згинальний момент і осьове зусилля

(1) Якщо розрахункове осьове зусилля N_{Ed} у з’єднуваній балці перевищує 5 % від розрахункового опору пластичній деформації з’єднання $N_{\mathrm{j,Rd}}$, то можна застосувати зазначену нижче формулу взаємодії щодо комбінації згинального та осьового зусилля:

$$\frac{M_{\mathrm{j,Ed}}}{M_{\mathrm{j,Rd}}}+\frac{N_{\mathrm{j,Ed}}}{N_{\mathrm{j,Rd}}}\leq 1{,}0\,, \qquad \text{(В.4)}$$

де

$M_{\mathrm{j,Rd}}$ – розрахунковий момент опору з’єднання за припущення відсутності осьового зусилля;

$N_{\mathrm{j,Rd}}$ – розрахунковий осьовий опір з’єднання за припущення відсутності прикладеного моменту.

(2) Стикове з’єднання в елементі чи його частині, що працює на розтяг, проєктують із таким розрахунком, щоб забезпечити передавання усіх моментів і зусиль, яким піддано елемент чи його частину в розглядуваній точці.

(3) Стикові з’єднання проєктують із таким розрахунком, щоб забезпечити утримання з’єднаних елементів у проєктному положенні. У навантаженому стиковому з’єднанні покладатися на сили тертя між контактними поверхнями для утримання у проєктому положенні з’єднаних елементів не варто.

(4) У будь-якій ситуації, якщо це практично можливо, елементи розташовують так, щоб центроїдальна вісь усього матеріалу стикового з’єднання збігалася з центроїдальною віссю елемента. За наявності ексцентриситету враховують рівнодійні сили.

(5) Якщо не передбачено підготовку прилеглих торців для повного контактування опорних поверхонь, то для стикового з’єднання обирають такий матеріал, щоб забезпечити передавання внутрішніх зусиль і моментів у місці стикування в елементі разом із моментами, що виникають унаслідок будь-якого ексцентриситету через неспіввісність, початкові недосконалості й деформації другого порядку. Внутрішні зусилля і моменти за напрямами обох осей приймають не менші за значення моменту, що дорівнює 25 % від опору щодо моменту найслабшого перерізу, а зсувне зусилля приймають таке, що дорівнює 2,5 % від осьового опору найслабшого перерізу.

(6) Якщо передбачено підготовку прилеглих торців для повного контактування опорних поверхонь, то для стикового з’єднання обирають такий матеріал, щоб забезпечити передавання щонайменше 25 % максимального значення стискального зусилля в колоні.

(7) Співвісність торців прилеглих елементів, підданих стиску, забезпечують за допомогою накладних пластин чи інших засобів. Матеріал для стикового з’єднання та кріпильні вироби для нього обирають із такими розмірами, щоб утримувати навантаги від прикладених до прилеглих торців сил, які діють у будь-якому напрямку,

перпендикулярному до осі елемента. Проєктуючи стикові з'єднання, враховують ефекти другого порядку.

(8) Стикові з'єднання гнучких елементів проєктують, дотримуючи таких вимог:

a) піддані стиску полиці розглядають як елементи, піддані стиску;

b) піддані розтягу полиці розглядають як елементи, піддані розтягу;

c) частини компонентів, піддані зсуву, розраховують на перерозподіл зазначених нижче ефектів взаємодії:

– зсувних зусиль у місці стикового з'єднання;

– моменту, що виникає внаслідок ексцентриситету (якщо такий є) центрів ваги груп кріпильних виробів із кожного боку стикового з'єднання;

– складника моменту, деформації чи повороту, перенесених стінкою чи її частиною, незалежно від будь-якого прийнятого для розрахунку елемента чи його частини припущення щодо перенесення напружень на прилеглі частини.

B.3.4 Зсувна сила

(1) Прикладену розрахункову зсувну силу $V_{\mathrm{j,Ed}}$ визначають, дотримуючи такої умови:

$$\frac{V_{\mathrm{j,Ed}}}{V_{\mathrm{j,Rd}}} \leq 1{,}0\,, \tag{B.5}$$

де

$V_{\mathrm{j,Rd}}$ – розрахунковий опір зсуву з'єднання.

(2) Розрахунковий опір зсуву з'єднання можна обчислити із застосуванням розподілу внутрішніх зусиль у цьому з'єднанн та

розрахункового опору цим зусиллям його базових компонентів, див. таблицю 8.1.

(3) У зварних з’єднаннях, а також у болтових з’єднаннях із торцевими пластинами зварні шви, якими з’єднують стінку балки, проєктують із таким розрахунком, щоб забезпечити передавання зсувного зусилля від з’єднуваної балки до з’єднання без урахування будь-якого внеску зварних швів, якими з’єднують полиці балки.

(4) У болтових з’єднаннях із торцевими пластинами виконують перевіряння розрахункового опору кожного ряду болтів у комбінації зсуву з розтягом на відповідність зазначеному у таблиці 5.9 критерію з урахуванням загального розтягувального зусилля в болті разом із будь-яким зусиллям, спричиненим дією важільних сил відриву. Для спрощення можна припустити, що піддані розтягу болти забезпечуватимуть повний розрахунковий опір розтягу, якщо буде доведено, що розрахункове значення зсувної сили менше за суму:

– загального розрахункового опору зсуву тих болтів, які не призначено для забезпечення опору розтягу, та

– помноженого на (0,4/1,4) загального розрахункового опору зсуву тих болтів, які також мають забезпечувати опір розтягу.

(5) Стосовно болтових з’єднань із підсилювальними кутиковими накладками можна припустити, що кутикова накладка, за допомогою якої приєднують піддану стиску полицю балки, передаватиме зсувні зусилля в балці на колону за умови, що:

– проміжок g між торцем балки та лицьовою поверхнею колони менший за товщину t_{cl} кутикової накладки;

– значення зусилля дорівнює щонайбільше значенню розрахункового опору зсуву болтів, якими з’єднують кутикову накладку з колоною;

– стінка балки відповідає вимогам розділу 8 EN 1993-1-5:2024.

B.3.5 Зварні шви

(1) Якщо розрахунковий опір з'єднання $M_{\mathrm{j,Rd}}$ визначають із застосуванням пластичного розподілу внутрішніх зусиль усередині з'єднання, див. B.3.2, то розрахунковий опір зварних швів не застосовують для обмежування розрахункового опору з'єднання щодо моменту.

(2) У з'єднанні балки з колоною чи стиковому з'єднанні балок, у якому потрібно забезпечити умови для утворення пластичного шарніра та його повертання за будь-яким застосовним варіантом сполучення навантаг, зварні шви проєктують із таким розрахунком, щоб вони забезпечували опір щодо ефектів, спричинених дією моменту, який становитиме щонайменше чи дорівнюватиме найменшому з таких значень:

– розрахунковий опір пластичній деформації за дії моменту з'єднаного елемента $M_{\mathrm{pl,Rd}}$;

– значення α, помножене на розрахунковий опір щодо моменту з'єднання $M_{\mathrm{j,Rd}}$,

де

α = 1,4 – для каркасів, щодо яких, згідно з класифікацією, першою розглядають форму «втрати стійкості без перекошення», див. 7.2.1(4) EN 1993-1-1:2022;

α = 1,7 – для всіх інших ситуацій.

B.4 Поворотна жорсткість

B.4.1 Загальні положення

(1) Поворотну жорсткість з'єднання визначають із застосуванням значень гнучкості його базових компонентів, кожне з яких враховують

за допомогою коефіцієнта пружної жорсткості k_{i}, що визначають згідно з додатком А.

(2) У з'єднаннях, які містять торцеві пластини, приєднані більше ніж одним рядом піддaних розтягу болтів, коефіцієнти жорсткості k_{i} комбінують, щоб застосувати для відповідних базових компонентів, див. В.4.2.

(3) У з'єднанняхх, що містять торцеві пластини, приєднані більше ніж одним рядом піддaних розтягу болтів, а також для спрощення, внеском будь-якого ряду болтів можна знехтувати за умови, що внески всіх інших рядів болтів, розташованих ближче до центра стиску, також не враховують. Кількість розглядуваних рядів болтів може відрізнятися від тієї кількості, що використовують для визначення розрахункового опору щодо моменту.

(4) За умови, що осьове зусилля N_{Ed} у з'єднаному елементі становить менше 5 % від розрахункового опору пластичній деформації з'єднання $N_{\mathrm{j,Rd}}$, початкову повертальну жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$ з'єднання балки з колоною чи балкового стикового з'єднання визначають за такою формулою:

$$S_{\mathrm{j,ini}} = \frac{E z^2}{\sum_i \frac{1}{k_{\mathrm{i}}}}, \tag{B.6}$$

де

k_{i} – коефіцієнт жорсткості базового компонента з'єднання i;

z – важільне плече, див. таблицю В.1.

(5) Базові компоненти, враховувані в обчисленні жорсткості зварних з'єднань елементів та болтових з'єднань із підсилювальними кутиковими накладками, подано в таблицях В.2 та В.3. В обох цих

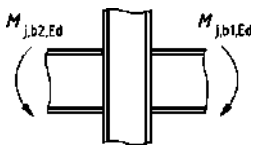
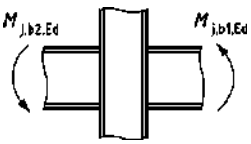
таблицях застосовні до базових компонентів коефіцієнти жорсткості k_{i} визначено в додатку А.

(6) Щоб обчислити жорсткість з'єднань балки з колоною, які містять приєднані болтами торцеві пластини, еквівалентний коефіцієнт жорсткості k_{eq} та еквівалентне значення важільного плеча z_{eq} визначають згідно з В.4.2. Жорсткість з'єднання визначають згідно з (4) із застосуванням коефіцієнта жорсткості k_{eq} (для з'єднання), k_{wp} (для ділянки стінки колони, підданої зсуву) та $k_{\mathrm{c,wc}}$ (для стінки колони, підданої стиску), використовуючи значення важільного плеча z, що дорівнює еквівалентному важільному плечу z_{eq} з'єднання.

Таблиця В.2 – Коефіцієнти жорсткості призначених для сприймання моменту з'єднань балки з колоною, що містять зварні шви чи болтові з'єднання з підсилювальними кутиковими накладками

З'єднання балки з колоною, що містять зварні шви	**Коефіцієнти жорсткості k_{i}**
Конфігурації однобічних з'єднань	k_{wp}; $k_{\mathrm{c,wc}}$; $k_{\mathrm{t,wc}}$
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, однакові за абсолютною величиною та протилежні за напрямом дії (див. примітку)	$k_{\mathrm{c,wc}}$; $k_{\mathrm{t,wc}}$
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, не однакові за абсолютною величиною (див. примітку)	k_{wp}; $k_{\mathrm{c,wc}}$; $k_{\mathrm{t,wc}}$

Кінець таблиці В.2

З'єднання балки з колоною, що містять приєднані болтами підсилювальні кутикові накладки	**Коефіцієнти жорсткості** k_i
Конфігурації однобічних з'єднань	k_{wp}; $k_{c,wc}$; $k_{t,wc}$; $k_{t,fc}$; $k_{t,cl}$; k_t; k_v[a]; k_b[b]
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, однакові за абсолютною величиною та протилежні за напрямом дії (див. примітку)	$k_{c,wc}$; $k_{t,wc}$; $k_{t,fc}$; $k_{t,cl}$; k_t; k_v[a]; k_b[b]
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, не однакові за абсолютною величиною (див. примітку)	k_{wp}; $k_{c,wc}$; $k_{t,wc}$; $k_{t,fc}$; $k_{t,cl}$; k_t; k_v[a]; k_b[b]
Примітка  Моменти, однакові за абсолютною величиною та протилежні за напрямом дії  Моменти, не однакові за абсолютною величиною	
[a] Два коефіцієнти k_v, по одному для кожної полиці. [b] Чотири коефіцієнти k_b, по одному для кожної полиці та кожної кутикової накладки.	

Таблиця В.3 – Коефіцієнти жорсткості призначених для сприймання моменту з'єднань балки з колоною, що містять приєднані болтами торцеві пластини

З'єднання балки з колоною, що містять приєднані болтами торцеві пластини	**Кількість рядів болтів, підданих розтягу**	**Коефіцієнти жорсткості** k_i
Конфігурації однобічних з'єднань	Один	k_{wp}; $k_{c,wc}$; $k_{t,wc}$; $k_{t,fc}$; $k_{t,ep}$; k_t
	Два чи більше	k_{wp}; $k_{c,wc}$; k_{eq}

Кінець таблиці В.3

З'єднання балки з колоною, що містять приєднані болтами торцеві пластини	**Кількість рядів болтів, підданих розтягу**	**Коефіцієнти жорсткості** k_{i}
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, однакові за абсолютною величиною та протилежні за напрямом дії	Один	$k_{\mathrm{c,wc}}$; $k_{\mathrm{t,wc}}$; $k_{\mathrm{t,fc}}$; $k_{\mathrm{t,ep}}$; k_{t}
	Два чи більше	$k_{\mathrm{c,wc}}$; k_{eq}
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, не однакові за абсолютною величиною	Один	k_{wp}; $k_{\mathrm{c,wc}}$; $k_{\mathrm{t,wc}}$; $k_{\mathrm{t,fc}}$; $k_{\mathrm{t,ep}}$; k_{t}
	Два чи більше	k_{wp}; $k_{\mathrm{c,wc}}$; k_{eq}
Стикове з'єднання балок із торцевими пластинами, які приєднано болтами	**Кількість рядів болтів, підданих розтягу**	**Коефіцієнти жорсткості** k_{i}
Конфігурації двобічних з'єднань: моменти, однакові за абсолютною величиною та протилежні за напрямом дії	Один	$k_{\mathrm{t,ep}}$ [left]; $k_{\mathrm{t,ep}}$ [right]; k_{t}
	Два чи більше	k_{eq}

В.4.2 З'єднання із застосуванням торцевих пластин, приєднаних двома чи більше рядами підданих розтягу болтів

В.4.2.1 Загальний метод

(1) У з'єднаннях із застосуванням торцевих пластин, приєднаних двома чи більше рядами підданих розтягу болтів, для базових компонентів, яких стосуються всі ряди болтів, визначають єдиний еквівалентний коефіцієнт жорсткості k_{eq}, що обчислюють за такою формулою:

$$k_{\mathrm{eq}} = \frac{\sum_{\mathrm{r}} k_{\mathrm{eff},r} h_{\mathrm{r}}}{z_{\mathrm{eq}}}, \tag{В.7}$$

де

h_{r} – відстань між болтовим рядом r та центром стиску;

$k_{\mathrm{eff,r}}$ – ефективний коефіцієнт жорсткості для ряду болтів r з урахуванням коефіцієнтів жорсткості k_{i} базових компонентів, перелік яких подано в (4) або (5), відповідно;

z_{eq} – еквівалентне значення важільного плеча, див. (3).

(2) Ефективний коефіцієнт жорсткості $k_{\mathrm{eff,r}}$ для ряду болтів r визначають за такою формулою:

$$k_{\mathrm{eff},r} = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{k_{\mathrm{i},r}}}, \tag{B.8}$$

де

$k_{\mathrm{i,r}}$ – коефіцієнт жорсткості, яким представлено компонент i, якого стосується ряд болтів r.

(3) Еквівалентне значення z_{eq} важільного плеча визначають за такою формулою:

$$z_{\mathrm{eq}} = \frac{\sum_r k_{\mathrm{eff},r}\, {h_r}^2}{\sum_r k_{\mathrm{eff},r}\, h_r} \tag{B.9}$$

(4) Для з’єднань із застосуванням приєднаних болтами торцевих пластин k_{eq} визначають із використанням (та заміною) коефіцієнтів жорсткості k_{i}, розглядаючи:

– стінку колони, піддану поперечному розтягу $k_{\mathrm{t,wc}}$ – див. A.6.2;

– полицю колони, піддану згину $k_{\mathrm{t,fc}}$ – див. A.7.2;

– торцеву пластину, піддану згину $k_{\mathrm{t,ep}}$ – див. A.8.2;

– болти, піддані розтягу k_{t} – див. A.13.2.

(5) Для балкового стикового з’єднання із торцевими пластинами, які приєднано болтами, k_{eq} визначають із застосуванням (та заміною) коефіцієнтів жорсткості k_{i}, розглядаючи:

– торцеві пластини, піддані згину $k_{\mathrm{t,ep}}$ – див. А.8.2;

– болти, піддані розтягу k_{t} – див. А.13.2.

В.4.2.2 Спрощений метод для подовжених торцевих пластин, з'єднаних двома рядами підданих розтягу болтів

(1) Початкову поворотну жорсткість з'єднань подовженої торцевої пластини, прикріпленої двома рядами підданих розтягу болтів, один із яких розташовано у виступній частині торцевої пластини, а інший – між полицями балки, див. таблицю В.1(е), можна визначити так само, як для з'єднання з одним рядом підданих розтягу болтів, застосовуючи модифіковані коефіцієнти жорсткості. Модифіковані значення коефіцієнтів жорсткості k_{i}, див. таблицю В.3, визначають як подвоєні значення відповідних коефіцієнтів жорсткості, застосовних для ряду болтів у виступній частині торцевої пластини.

Примітка. Це наближене припущення призводить до дещо заниженої оцінки поворотної жорсткості.

(2) У разі використання цього спрощеного методу значення важільного плеча z приймають таке, що дорівнює відстані від центра стиску до точки, розташованої посередині між двома рядами підданих розтягу болтів, див. рисунок В.1.

В.5 Поворотна здатність

В.5.1 Загальні положення

(1) У ситуації утворення пластичних шарнірів у з'єднаннях забезпечують умови для достатньої поворотною здатності, застосовуючи загальний пластичний розрахунок.

(2) Поворотну здатність болтових чи зварних з'єднань визначають, дотримуючи положень В.5. Зазначені методи застосовують лише в разі марок сталі до S460 включно.

(3) Згідно з припущенням, прийнятим у загальному пластичному розрахунку, з’єднання матимуть достатню поворотну здатність за виконання будь-якої з таких умов:

a) дотримано вимоги, зазначені у B.5.2 чи B.5.3, якщо застосовно;

b) поворотну здатність з’єднання визначено (i) випробуваннями згідно з EN 1990 або (ii) використанням відповідних розрахункових моделей за умови, що вони ґрунтуються на результатах випробувань згідно з EN 1990.

Примітка. Див. також примітки 2 та 3 у 4.3.1(2).

(4) У разі, якщо в загальному пластичному розрахунку прийнято припущення щодо рівноміцності з’єднань (див. 7.3.3.3), то їх проєктують так, щоб вони мали достатню поворотну здатність, див. (3), якщо застосовно, за винятком ситуацій, у яких з’єднання проєктують відповідно до (5).

(5) Якщо в загальному пластичному розрахунку прийнято припущення щодо рівноміцності з’єднання (див. 7.3.3.3), але без виникнення повороту в пластичній стадії, то з’єднання розраховують на сприймання згинальних моментів і зусиль з урахуванням підвищеної міцності в місцях утворення пластичних шарнірів, що дорівнює $\gamma_{\mathrm{rm}} f_{\mathrm{y}}$, де:

γ_{rm} – коефіцієнт надміцності матеріалу, який визначають як відношення між середнім і номінальним значеннями границі текучості конструкційної сталі в місці пластичного шарніра. Значення γ_{rm} подано в таблиці B.4;

f_{y} – номінальне значення границі текучості.

Таблиця В.4 – Коефіцієнти надміцності матеріалу

Марка сталі	γ_{rm}
S235	1,45
S275	1,35
S355	1,25
S460	1,20

(6) Під час визначення розрахункового опору щодо моменту з'єднання відповідно до вимог (5) розрахунковий опір підданої стиску полиці балки чи колони та стінки $F_{\mathrm{c,fb,Rd}}$, а також підданої розтягу балки чи стінки колони $F_{\mathrm{t,wb,Rd}}$ згідно з В.3.2.2 допустимо не враховувати.

(7) Вимоги, аналогічні до зазначених у (4) та (5), дотримують під час проєктування з'єднаних елементів, якщо в загальному пластичному розрахунку прийнято припущення щодо нерівноміцності з'єднання (див. 7.3.3.4). З'єднані елементи, у яких повертання у пластичній стадії не допустимо, розраховують на сприймання згинальних моментів і зусиль у з'єднаннях, у яких виникають пластичні шарніри, з урахуванням коефіцієнта надміцності згідно з таблицею В.4.

В.5.2 Болтові з'єднання елементів

(1) Згідно з припущенням у загальному пластичному розрахунку, з'єднання, що містять приєднані болтами торцеві пластині чи підсилювальні кутикові накладки, матимуть достатню поворотну здатність за виконання обох зазначених нижче умов:

а) розрахунковий опір щодо моменту з'єднання обумовлено розрахунковим опором:

– ділянки стінки колони, підданої зсуву, або

– полиці колони, підданої згину, або

– торцевої пластини чи підсилювальної кутикової накладки, підданої розтягу зі згином, або

– стінки балки чи колони, підданої розтягу;

b) товщина t полиці колони чи торцевої пластини, або підсилювальної кутикової накладки (не обов'язково того самого базового компонента, що зазначено в (a)) задовольняє критерій:

$$t \leq 0{,}36\, d \sqrt{\frac{f_{\mathrm{ub}}}{f_{\mathrm{y}}}}, \tag{B.10}$$

де

d – номінальний діаметр болта;

f_{ub} – межа міцності матеріалу болта за розтягу;

f_{y} – границя текучості відповідного базового компонента.

(2) Болтові з’єднання, у яких розрахунковий опір щодо моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ обумовлено розрахунковим опором підданих зрізу болтів, не можна вважати такими, що мають достатню поворотну здатність за припущенням, прийнятим у загальному пластичному розрахунку.

B.5.3 Зварні з'єднання елементів

(1) Поворотна здатність ϕ_{Cd} зварних з’єднань балки з колоною, підданих згинальному моменту, можна обчислити за формулою (B.11) за умови, що (i) стінка колони підкріплена щодо стиску, але не підкріплена щодо розтягу, та (ii) розрахунковий опір щодо моменту не залежить від розрахункового опору зсуву ділянки стінки колони:

$$\phi_{\mathrm{Cd}} = 0{,}025 \frac{h_{\mathrm{c}}}{h_{\mathrm{b}}} \text{ рад.} \tag{B.11}$$

де

h_{b} – висота перерізу балки;

h_{c} – висота перерізу колони.

(2) Можна припустити, що запроєктовані згідно з цим додатком непідкріплені зварні з’єднання балки з колоною матимуть поворотну здатність ϕ_{Cd} щонайменше 0,015 радіан.

ДОДАТОК С

(обов’язковий)

ПРОЄКТУВАННЯ НОМІНАЛЬНО ШАРНІРНИХ З'ЄДНАНЬ

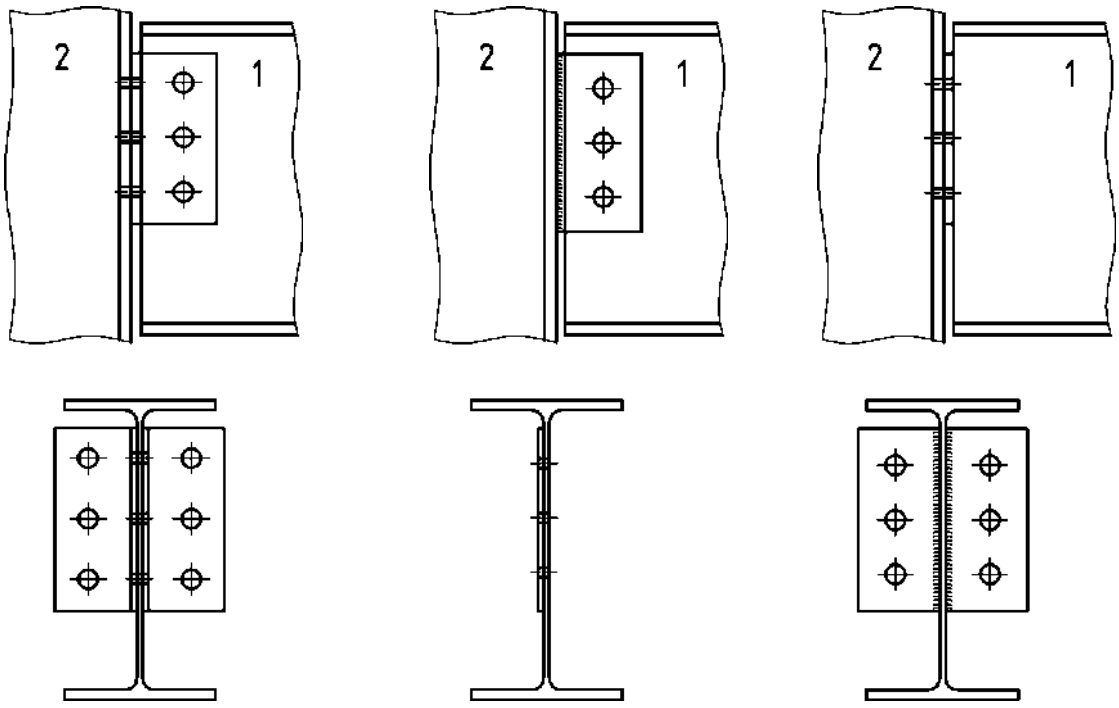
С.1 Використання цього додатка

(1) Цей обов’язковий додаток містить положення, що доповнюють зміст розділів 7 та 8 щодо проєктування номінально шарнірних з'єднань.

С.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Цей додаток застосовують до проєктування номінально шарнірних з'єднань двотаврових профілів нормальних та широкополичних (гарячекатаних чи зварних профілів із подібними розмірами) із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок, реберних пластин, а також торцевих пластин з укороченою висотою, див. рис. С.1.

(2) Цей додаток не поширюється на з’єднання порожнистих профілів.



a) Подвійні підсилювальні кутикові накладки

b) Реберна пластина

c) Торцева пластина з укороченою висотою

Умовні познаки:

1 – підтримуваний елемент;

2 – тримальний елемент

Рисунок С.1 – Номінально шарнірні з’єднання

(3) Запроєктовані згідно з цим додатком з’єднання можна класифікувати як номінально шарнірні з’єднання та вважати придатними для передавання зсувних зусиль без виникнення значних згинальних моментів. Цей додаток не застосовують для проєктування номінально шарнірних з’єднань, підданих дії осьових сил, окрім тих, які взаємопов’язані зі сполучувальними силами.

(4) Цей додаток не містить конкретних методик розрахунку балок із пазами, у яких розглядають опір у ділянці пазу, а також місцеву та загальну стійкість балки з пазом.

(5) У цьому додатку встановлено правила проєктування, застосовні для визначення вказаних нижче властивостей з’єднань

подвійних підсилювальних кутикових накладок, реберних пластин та торцевих пластин з укороченою висотою:

– опір зсуву в умовах граничного стану за несною здатністю, див. С.4.1;

– сполучний опір, якщо потрібно досягти цілісності конструкції згідно з EN 1991-1-7, див. С.4.2,

за умови дотримання вимог щодо достатньої пластичності й поворотної здатності, див. С.3.

Примітка. У Національному додатку може бути встановлено альтернативні правила для проєктування номінально шарнірних з'єднань.

С.3 Вимоги щодо пластичності та поворотної здатності

С.3.1 З'єднання із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок

(1) За припущенням, з'єднання із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок матимуть достатню пластичність, якщо дотримано таких умов:

a) товщина t кутикової накладки чи тримального елемента (полиці колони чи стінки колони або стінки балки) задовольняє критерій (В.10), а також

b) дотримано критерію щодо пластичності згідно з 5.11.

Примітка. Визначення тримального елемента та підтримуваного елемента див. на рисунку С.1.

(2) За припущенням, з'єднання із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок матимуть достатню поворотну здатність, якщо дотримано таких умов:

a) висота h_{cl} кутикової накладки менша за висоту стінки d_{wb}, виміряну в просвіті тримальної балки, а також

b) розрахункова поворотна здатність з’єднання ϕ_{Cd} задовольняє критерій:

$$\phi_{\mathrm{Cd}} \geq \phi_{\mathrm{Ed}} \ , \tag{C.1}$$

де

ϕ_{Ed} – розрахункове значення кута повороту з’єднання;

ϕ_{Cd} – кут повороту з’єднання для виникнення контакту поверхонь, який можна визначити згідно з таблицею C.1.

C.3.2 З'єднання із застосуванням реберних пластин

(1) За припущенням, з’єднання із застосуванням реберних пластин матимуть достатню пластичність, якщо дотримано таких умов:

a) мінімальну товщину двобічного кутового зварного шва визначено за формулою:

$$a_{\min} = \frac{f_{\mathrm{y,fp}}}{f_{\mathrm{u}}} \frac{\beta_{\mathrm{w}} \gamma_{\mathrm{M2}}}{\sqrt{2}\gamma_{\mathrm{M0}}} t_{\mathrm{fp}} \ , \tag{C.2}$$

де

$f_{\mathrm{y,fp}}$ – границя текучості реберної пластини;

f_{u} – межа міцності за розтягу з'єднаної деталі, що має найнижчий клас міцності;

t_{fp} – товщина реберної пластини;

β_{w} – відповідний коефіцієнт кореляції згідно з таблицею 6.1;

а також

b) дотримано критерію щодо пластичності згідно з 5.11.

(2) За припущенням, з’єднання із застосуванням реберних пластин матимуть достатню поворотну здатність, якщо дотримано таких умов:

a) висота h_{fp} реберної пластини менша за висоту стінки, виміряну в просвіті тримальної балки d_{wb}, та

b) розрахункова поворотна здатність з'єднання ϕ_{Cd} задовольняє критерій (C.1) та визначена згідно з таблицею C.1.

C.3.3 З'єднання із застосуванням торцевих пластин з укороченою висотою

(1) За припущенням, з'єднання із застосуванням торцевої пластини матимуть достатню поворотну здатність, якщо дотримано таких умов:

a) товщина t торцевої пластини, тримального елемента (полиці колони або стінки колони чи стінки балки) або стінки тримальної балки задовольняє критерій (B.10), а також

b) мінімальну товщину двостороннього кутового зварного шва визначено за формулою:

$$a_{\min} = \frac{f_{\mathrm{y,wb}}}{f_{\mathrm{u}}} \frac{\beta_{\mathrm{w}} \gamma_{\mathrm{M2}}}{\sqrt{2}\gamma_{\mathrm{M0}}} t_{\mathrm{wb}} \,, \tag{C.3}$$

де

$f_{\mathrm{y,wb}}$ – границя текучості стінки підтримуваної балки;

f_{u} – межа міцності за розтягу з'єднуваного елемента зі сталі нижчого класу міцності;

t_{wb} – товщина підтримуваної стінки балки;

β_{w} – відповідний коефіцієнт кореляції з таблиці 6.1;

та

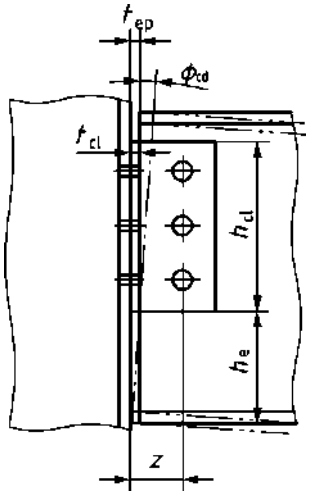
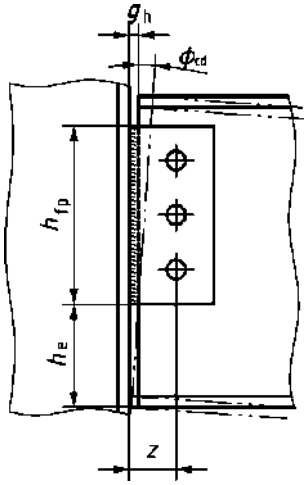
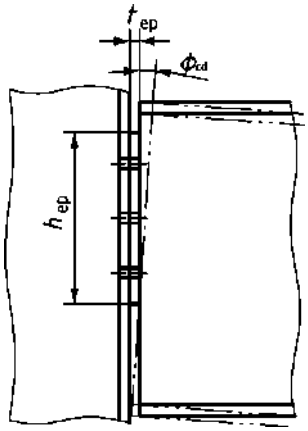
c) дотримано критерію щодо пластичності згідно з 5.11.

(2) За припущенням, з'єднання із застосуванням торцевої пластини матимуть достатню поворотну здатність, якщо дотримано таких умов:

a) висота h_{ep} торцевої пластини менша за висоту стінки, виміряну в просвіті підтримуваної балки d_{wb}, а також

b) розрахункова поворотна здатність з'єднання ϕ_{Cd} задовольняє критерій (C.1) та її визначено згідно з таблицею C.1.

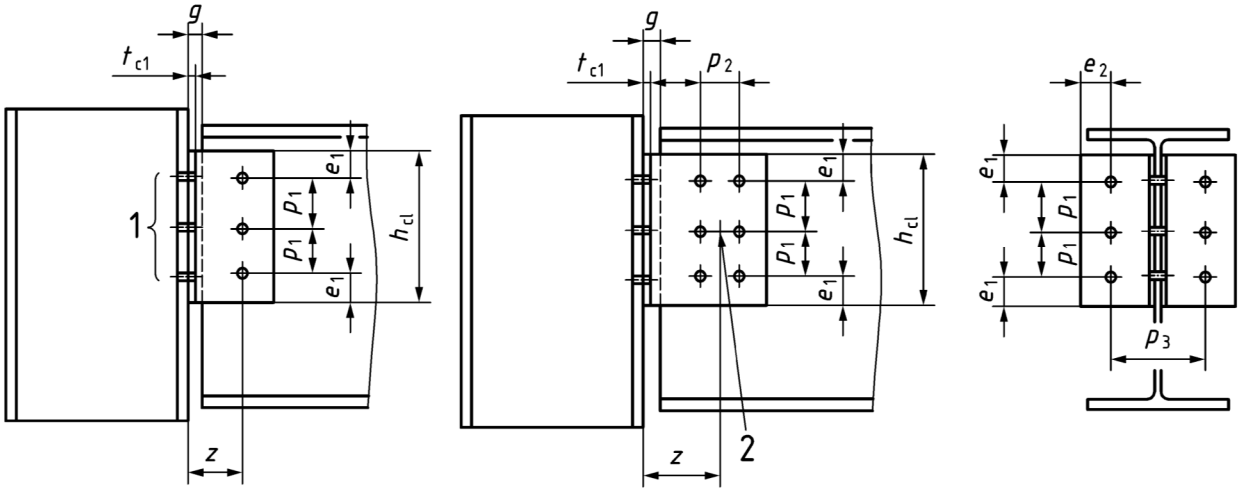
Таблиця C.1 – Поворотна здатність номінально шарнірних з'єднань

Подвійні підсилювальні кутикові накладки	**Реберні пластини**	**Торцеві пластини з укороченою висотою**
		
— якщо $z \leq z_0$: $\phi_{\mathrm{Cd}} = \arcsin\left(\frac{z}{z_0}\right) - \arctan\left(\frac{z-g_{\mathrm{h}}}{\frac{h_{\mathrm{p}}}{2}+h_{\mathrm{e}}}\right)$ — якщо $z > z_0$: $\phi_{\mathrm{Cd}} = \infty$		$\phi_{\mathrm{Cd}} = \frac{t_{\mathrm{ep}}}{h_{\mathrm{e}}}$
$z_0 = \sqrt{(z-g_{\mathrm{h}})^2 + \left(\frac{h_{\mathrm{p}}}{2}+h_{\mathrm{e}}\right)^2}$		

С.4 Розрахунковий опір

С.4.1 Розрахунковий опір зсуву

С.4.1.1 Подвійні підсилювальні кутикові накладки



Умовні познаки:

1 – n_1: кількість горизонтальних рядів болтів;

2 – центр ваги групи болтів

Рисунок С.2 – Подвійні підсилювальні кутикові накладки

(1) Розрахунковий опір зсуву з'єднань із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок визначають як найменше значення розрахункового опору з наведених у таблиці С.2. Умовні познаки див. на рисунку С.2.

Таблиця С.2 – Розрахунковий опір з'єднань із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок

Вимоги щодо пластичності та поворотної здатності	**Пункт стандарту**
Пластичність і поворотна здатність	С.3.1
Розрахунковий опір	**Пункт стандарту**
Опір зминанню групи болтів, установлених у стінці підтримуваної балки: i) полиці кутикових накладок, приєднані до підтримуваної балки, ii) підтримувана балка	С.4.1.1(2)

Кінець таблиці С.2

Розрахунковий опір	Пункт стандарту
Опір зминанню групи болтів, установлених у тримальній балці чи колоні: і) полиці кутикових накладок, приєднані до тримальної балки чи колони, іі) тримальний елемент	С.4.1.1(3)
Опір зсуву полиць кутикових накладок, приєднаних до підтримуваної балки чи до тримального елемента	С.4.1.1(4), С.4.1.1(5) та С.4.1.1(6)
Опір зсуву підтримуваної балки чи тримального елемента	С.4.1.1(7) та С.4.1.1(8)
Опір згину підтримуваної балки	С.4.1.1(9)

(2) Розрахунковий опір зминанню групи болтів для кожної кутикової накладки на стінці підтримуваної балки, щодо кожного окремого типу відмови згідно з таблицею С.2 обчислюють за формулою:

$$V_{\mathrm{Rd}} = \frac{n}{\sqrt{\left(\frac{1+\alpha n}{F_{\mathrm{b,ver,Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{\beta n}{F_{\mathrm{b,hor,Rd}}}\right)^2}}, \qquad \text{(С.4)}$$

де

$F_{\mathrm{b,ver,Rd}}$ – опір зминанню за вертикального навантаження окремого болта, див. табл. 5.9;

$F_{\mathrm{b,hor,Rd}}$ – опір зминанню за горизонтального навантаження окремого болта, див. табл. 5.9;

n – загальна кількість болтів;

α та β – параметри, задані такими значеннями:

– щодо вертикальної осі окремого болта $n_2 = 1$:

$\alpha = 0$ та $\beta = \frac{6z}{n_1(n_1+1)p_1}$;

– щодо вертикальних осей двох болтів $n_2 = 2$:

$\alpha = \frac{zp_2}{2I}$ та $\beta = \frac{zp_1}{2I}(n_1 - 1)$;

$I = \frac{n_1}{2}{p_2}^2 + \frac{1}{6}n_1(n_1^2 - 1){p_1}^2$;

де

z – ексцентриситет зсувного зусилля, прийнятий за припущенням, див. рис. С.2;

n_1 – кількість горизонтальних рядів болтів;

n_2 – кількість вертикальних рядів болтів;

p_1 – відстань між болтами в напрямку передачі зусилля;

p_2 – відстань, виміряна перпендикулярно напрямку передачі зусилля між осями сусідніх болтів.

Примітка 1. Положення цього пункту поширюються також на з'єднання із застосуванням реберної пластини, див. С.4.1.2.

Примітка 2. Формула (С.4) є спрощеною і відповідає положенням 5.9, формулі (5.11), її допустимо використовувати у більшості загальних ситуацій.

(3) Розрахунковий опір зминанню групи болтів кожної кутикової накладки на тримальному елементі щодо кожного окремого типу відмови згідно з таблицею С.2 обчислюють так:

– якщо $F_{\mathrm{b,Rd}} \le 0{,}8F_{\mathrm{v,Rd}}$, то $V_{\mathrm{Rd}} = nF_{\mathrm{b,Rd}}$; (С.5)

– якщо $F_{\mathrm{b,Rd}} > 0{,}8F_{\mathrm{v,Rd}}$, то $V_{\mathrm{Rd}} = 0{,}8nF_{\mathrm{v,Rd}}$, (С.6)

де

$F_{\mathrm{b,Rd}}$ – опір зминанню окремого болта, див. таблицю 5.9;

$F_{\mathrm{v,Rd}}$ – опір зрізу окремого болта, див. 5.9.1;

n – загальна кількість болтів.

Примітка. Положення цього пункту поширюються також на з'єднання із застосуванням торцевих пластин з укороченою висотою, див. С.4.1.3.

(4) Розрахунковий опір зсуву полиці кутикової накладки, приєднаної до підтримуваної балки чи тримального елемента, приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу брутто за зсуву, див. (5);

– поперечного перерізу нетто за зсуву, див. (6);

– розриву цілісності з'єднання, див. 5.14.

(5) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу брутто полиці кутикової накладки визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{v,cl,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,cl}} f_{\mathrm{y,cl}}}{1{,}27\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(C.7)}$$

де

$A_{\mathrm{v,cl}} = h_{\mathrm{cl}} t_{\mathrm{cl}}$ – піддана зсуву площа (перерізу) кутикової накладки;

h_{cl} – висота кутикової накладки;

t_{cl} – товщина кутикової накладки;

$f_{\mathrm{y,cl}}$ – границя текучості кутикової накладки.

(6) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу нетто полиці кутикової накладки визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{u,cl,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,net,cl}} f_{\mathrm{u,cl}}}{\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad \text{(C.8)}$$

де

$A_{\mathrm{v,net,cl}} = A_{\mathrm{v,cl}} - n_1 d_0 t_{\mathrm{cl}}$ – піддана зсуву площа нетто кутикової накладки;

$f_{\mathrm{u,cl}}$ – межа міцності за розтягу кутикової накладки.

(7) Розрахунковий опір зсуву підтримуваної балки чи тримального елемента приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу брутто за зсуву, див. 8.2.6 EN 1993-1-1:2022;

– поперечного перерізу нетто за зсуву, див. (8);

– розриву цілісності з’єднання, див. 5.14.

(8) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу нетто підтримуваної балки чи тримального елемента визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{u,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,net}} f_{\mathrm{u}}}{\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad \text{(C.9)}$$

де

$A_{\mathrm{v,net}} = A_{\mathrm{v}} - n_1 d_0 t$ – піддана зсуву площа нетто підтримуваної балки чи тримального елемента;

A_{v} – площа зсуву (перерізу) підтримуваної балки чи тримального елемента, див. 8.2.6 EN 1993-1-1:2022;

t – товщина підтримуваної балки чи тримального елемента;

f_{u} – межа міцності за розтягу підтримуваної балки чи тримального елемента.

(9) Розрахунковий опір згину підтримуваної балки визначають відповідно до 8.2.8 EN 1993-1-1:2022.

С.4.1.2 Реберні пластини

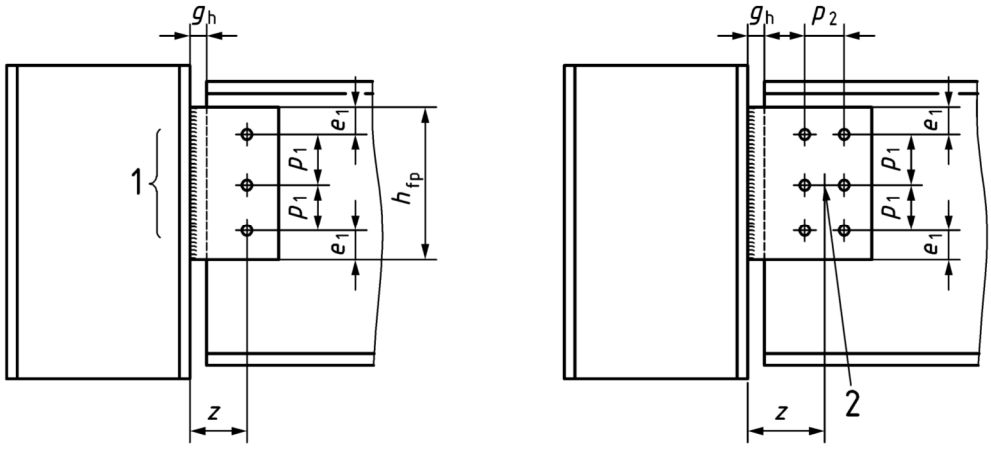


Рисунок С.3 – З’єднання із застосуванням реберної пластини

Умовні познаки:

1 – n_1: кількість горизонтальних рядів болтів;

2 – центр ваги групи болтів

Рисунок С.3 – аркуш 2

(1) Розрахунковий опір зсуву з'єднання із застосуванням реберної пластини приймають як найменше зі значень розрахункового опору, поданих у таблиці С.3. Умовні познаки див. на рисунку С.3.

Таблиця С.3 – Розрахунковий опір з'єднання із застосуванням реберної пластини

Вимоги щодо пластичності та поворотної здатності	**Пункт стандарту**
Пластичність і поворотна здатність	С.3.2
Розрахунковий опір	**Пункт стандарту**
Опір зминанню групи болтів, установлених у: і) реберній пластині, а також іі) підтримуваній балці	С.4.1.1(2)
Опір зсуву реберної пластини	С.4.1.2(2), С.4.1.2(3) та С.4.1.2(4)
Опір згину реберної пластини	С.4.1.2(5)
Опір втраті стійкості реберної пластини	С.4.1.2(6)
Опір зсуву підтримуваної балки чи тримального елемента	С.4.1.1(7) та С.4.1.1(8)
Опір згину підтримуваної балки	С.4.1.1(9)

(2) Розрахунковий опір зсуву реберної пластини приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу брутто за зсуву, див. (3);

– поперечного перерізу нетто за зсуву, див. (4);

– розриву цілісності з'єднання, див. 5.14.

(3) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу брутто реберної пластини визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{v,p,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,fp}} f_{\mathrm{y,fp}}}{1{,}27\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(С.10)}$$

де

$A_{\mathrm{v,fp}} = h_{\mathrm{fp}} t_{\mathrm{fp}}$ – площа зсуву реберної пластини;

h_{fp} – висота реберної пластини;

t_{fp} – товщина реберної пластини;

$f_{\mathrm{y,fp}}$ – границя текучості реберної пластини.

(4) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу нетто реберної пластини визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{u,fp,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,net,fp}} f_{\mathrm{u,fp}}}{\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad \text{(С.11)}$$

де

$A_{\mathrm{v,net,fp}} = A_{\mathrm{v,fp}} - n_1 d_0 t_{\mathrm{fp}}$ – площа зсуву нетто реберної пластини;

$f_{\mathrm{u,fp}}$ – межа міцності за розтягу реберної пластини.

(5) Розрахунковий опір зсуву внаслідок згину реберної пластини визначають, дотримуючи таких умов:

– якщо $h_{\mathrm{fp}} \geq 2{,}73z$, то цей тип відмови не застосовний; (С.12)

– якщо $h_{\mathrm{fp}} < 2{,}73z$, то $V_{\mathrm{c,fp,Rd}} = \frac{t_{\mathrm{fp}} {h_{\mathrm{fp}}}^2}{6z} \frac{f_{\mathrm{y,fp}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}$ (С.13)

(6) Розрахунковий опір зсуву внаслідок згину реберної пластини обчислюють за формулами:

– якщо $z_{\mathrm{fp}} > \frac{t_{\mathrm{fp}}}{0{,}15}$, то $V_{\mathrm{b,fp,Rd}} = \frac{t_{\mathrm{fp}} {h_{\mathrm{fp}}}^2}{6z} \frac{\chi_{\mathrm{LT}} f_{\mathrm{y,p}}}{0{,}6\gamma_{\mathrm{M1}}}$, але $V_{\mathrm{b,fp,Rd}} \leq \frac{t_{\mathrm{fp}} {h_{\mathrm{fp}}}^2}{6z_{\mathrm{fp}}} \frac{f_{\mathrm{y,fp}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}$; (С.14)

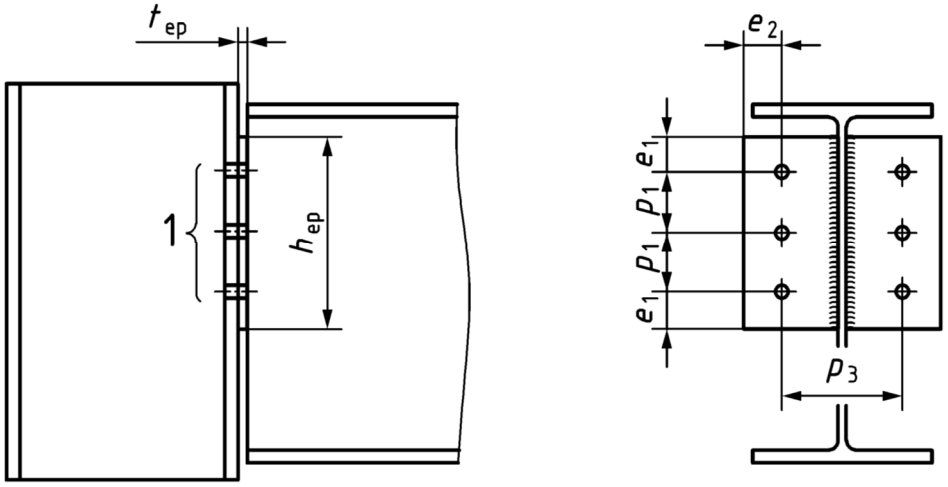
– якщо $z_{\mathrm{fp}} \leq \frac{t_{\mathrm{fp}}}{0{,}15}$, то $V_{\mathrm{b,fp,Rd}} = \frac{t_{\mathrm{fp}} {h_{\mathrm{fp}}}^2}{6z} \frac{f_{\mathrm{y,fp}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}$, (С.15)

де

z_{fp} – відстань по горизонталі від тримальної балки чи колони до першого вертикального ряду болтів (z_{fp} = z для n_2 = 1 та $z_{\mathrm{fp}} = z - 0{,}5p_2$ для n_2 = 2);

χ_{LT} – понижувальний коефіцієнт для врахування втрати стійкості за поперечно-крутильною формою реберної пластини, визначений відповідно до 8.3.1.4 EN 1993-1-1:2022 із застосуванням коефіцієнта недосконалості, що відповідає кривій d втрати стійкості та значенням гнучкості $\bar{\lambda}_{\mathrm{LT}} = \frac{2{,}8}{\lambda_1}\sqrt{\frac{z_{\mathrm{fp}} h_{\mathrm{fp}}}{1{,}5{t_{\mathrm{fp}}}^2}}$ та $\lambda_1 = \pi\sqrt{\frac{E}{f_{\mathrm{y,fp}}}}$.

С.4.1.3 Торцеві пластини з укороченою висотою



Умовна познака:

1 – n_1: кількість горизонтальних рядів болтів

Рисунок С.4 – З'єднання із застосуванням торцевої пластини з укороченою висотою

(1) Розрахунковий опір зсуву з'єднань із застосуванням торцевої пластини з укороченою висотою приймають як найменше зі значень розрахункового опору, поданих у таблиці С.4. Умовні познаки див. на рисунку С.4.

Таблиця С.4 – Розрахунковий опір з’єднання із застосуванням торцевої пластини з укороченою висотою

Вимоги щодо пластичності та поворотної здатності	**Пункт стандарту**
Пластичність і поворотна здатність	С.3.3
Розрахунковий опір	**Пункт стандарту**
Опір зминанню групи болтів, установлених у: і) торцевій пластині, а також іі) тримальному елементі	С.4.1.1(3)
Опір зсуву торцевої пластини	С.4.1.3(2), С.4.1.3(3) та С.4.1.3(4)
Опір зсуву внаслідок згину торцевої пластини	С.4.1.3(5)
Опір зсуву підтримуваної балки	С.4.1.3(6)

(2) Розрахунковий опір зсуву торцевої пластини з укороченою висотою приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу брутто за зсуву, див. (3);

– поперечного перерізу нетто за зсуву, див. (4);

– розриву цілісності з’єднання, див. 5.14.

(3) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу брутто торцевої пластини визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{v,ep,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,ep}} f_{\mathrm{y,ep}}}{1{,}27\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(С.16)}$$

де

$A_{\mathrm{v,ep}} = 2h_{\mathrm{ep}}t_{\mathrm{ep}}$ – площа зсуву торцевої пластини;

h_{ep} – глибина торцевої пластини;

t_{ep} – товщина торцевої пластини;

$f_{\mathrm{y,ep}}$ – межа текучості торцевої пластини.

(4) Розрахунковий опір зсуву поперечного перерізу нетто торцевої пластини визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{u,ep,Rd}} = \frac{A_{\mathrm{v,net,ep}} f_{\mathrm{u,ep}}}{\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M2}}}, \qquad \text{(C.17)}$$

де

$A_{\mathrm{v,net,ep}} = A_{\mathrm{v,ep}} - 2n_1 d_0 t_{\mathrm{ep}}$ – площа зсуву нетто торцевої пластини;

$f_{\mathrm{u,ep}}$ – межа міцності за розтягу торцевої пластини.

(5) Розрахунковий опір зсуву внаслідок згину торцевої пластини визначають за дотримання таких умов:

– якщо $h_{\mathrm{ep}} \geq 1{,}36p_3$, то цей тип відмови не застосовний; (C.18)

– якщо $h_{\mathrm{ep}} < 1{,}36p_3$, то $V_{\mathrm{c,ep,Rd}} = \frac{2t_{\mathrm{ep}} {h_{\mathrm{ep}}}^2 f_{\mathrm{y,ep}}}{3(p_3 - t_{\mathrm{w}})\gamma_{\mathrm{M0}}}$, (C.19)

де

t_{ep} – товщина торцевої пластини;

h_{ep} – висота торцевої плити;

p_3 – шаблон болтів (відстань, виміряна між центрами болтів);

t_{w} – товщина стінки підтримуваної балки.

(6) Розрахунковий опір зсуву стінки балки, з'єднаної зварним швом із торцевою пластиною з укороченою висотою, визначають за такою формулою:

$$V_{\mathrm{v,wb,Rd}} = \frac{h_{\mathrm{ep}} t_{\mathrm{wb}} f_{\mathrm{y,wb}}}{\sqrt{3}\gamma_{\mathrm{M0}}}, \qquad \text{(C.20)}$$

де

t_{wb} – товщина стінки балки;

$f_{\mathrm{y,wb}}$ – границя текучості стінки балки.

С.4.2 Сполучний опір

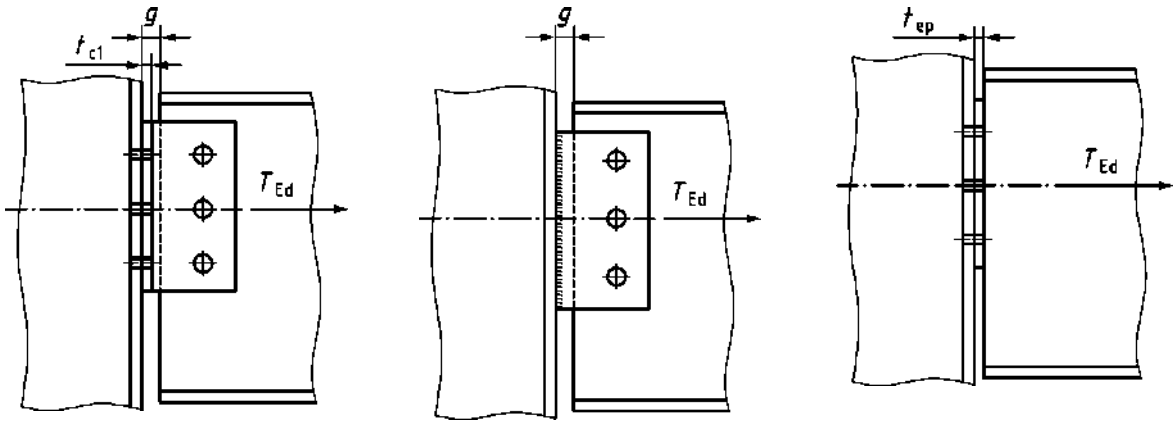
С.4.2.1 Загальні положення

(1) У цьому розділі викладено вимоги щодо визначення сполучного опору, див. рис. С.5, якщо потрібно досягти конструкційної цілісності згідно з EN 1991-1-7.

(2) Значення розрахункового опору компонентів, розглянуті у С.4.2.2, С.4.2.3 та С.4.2.4, обчислюють із дотриманням таких вимог:

– замінюють f_{y} на f_{u}, за винятком площі поперечного перерізу нетто, підданого зсуву з розривом цілісності з'єднання;

– замінюють γ_{M0} та γ_{M2} на γ_{Mu}.



a) Підсилювальна кутикова накладка

b) Реберна пластина

c) Торцева пластина з укороченою висотою

Рисунок С.5 – Прості з'єднання за дії сполучувальної сили

С.4.2.2 Подвійні підсилювальні кутикові накладки

(1) Розрахунковий сполучний опір з'єднань із застосуванням подвійних підсилювальних кутикових накладок приймають як найменше зі значень розрахункового опору, поданих у таблиці С.5.

Таблиця С.5 – Розрахунковий сполучний опір з’єднання із застосуванням подвійної підсилювальної кутикової накладки

Розрахунковий опір	Пункт стандарту
Опір зрізу групи болтів, якими приєднано полиці кутикових накладок до підтримуваного елемента	5.9.1 та 5.10
Опір зминанню болтів, установлених у: i) полицях кутикових накладок, приєднаних до підтримуваної балки, а також ii) стінці підтримуваної балки	5.9.1 та 5.10
Сполучний опір полиць кутикових накладок, приєднаних до підтримуваної балки	С.4.2.2(2)
Сполучний опір стінки підтримуваної балки	С.4.2.2(2)
Сполучний опір полиць кутикових накладок, приєднаних до тримального елемента	С.4.2.2(3)
Сполучний опір тримального елемента: i) полиця колони, ii) стінка колони чи стінка балки	С.4.2.2(3) С.4.2.2(4)

(2) Розрахунковий сполучний опір полиць кутикових накладок, приєднаних до підтримуваної балки або до стінки підтримуваної балки, приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу нетто, підданого розтягу, див. 8.2.3 EN 1993-1-1:2022;

– розриву цілісності з’єднання, див. 5.14.

(3) Розрахунковий сполучний опір полиць кутикових накладок, приєднаних до тримального елемента, а також полиці тримальної колони обчислюють, застосовуючи метод еквівалентного Т-подібного елемента із моделюванням розтягу, див. 8.3, використовуючи такі значення ефективної довжини:

– полиць кутикових накладок (див. рисунок С.2):

$$\sum l_{\mathrm{eff},1} = \sum l_{\mathrm{eff},2} = 2e_{\mathrm{e}} + (n_1 - 1)\, p_{\mathrm{e}} ;$$

– $e_e = e_1$, але $\leq e_2$ $p_e = p_1$ але $\leq 2e_2$;

– полиці тримальної колони: $\sum l_{eff,1}$ та $\sum l_{eff,2}$ можна визначити з таблиці А.2 стосовно групи болтів.

(4) Розрахунковий сполучний опір стінки тримального елемента (див. рисунок С.6) визначають за формулою:

$$T_{u,w,Rd} = \frac{2f_{u,2}{t_{w,2}}^2}{(1-\beta_1)\gamma_{Mu}}\left(\eta_1 + 1{,}5\sqrt{1-\beta_1}\sqrt{1-\gamma_1}\right), \quad \text{(C.21)}$$

де

$\eta_1 = \frac{(n_1 - 1)p_1 - 0{,}5n_1 d_0}{d_2}$;

$\beta_1 = \frac{p_3}{d_2}$;

$\gamma_1 = \frac{d_0}{d_2}$;

d_2 – висота стінки в просвіті тримальної колони чи балки;

d_0 – діаметр отвору для болта;

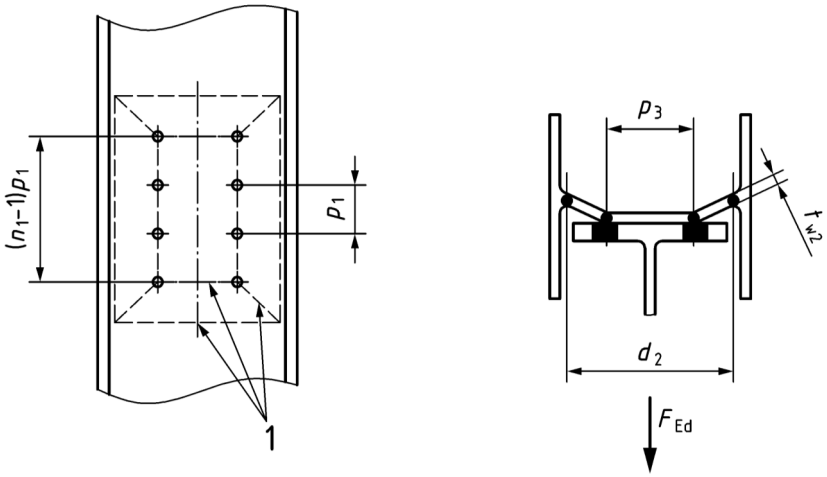
$t_{w,2}$ – товщина стінки тримальної колони чи балки;

$f_{u,2}$ – межа міцності за розтягу стінки тримальної колони чи балки;

p_1 – відстань між центроїдами болтів по осьовій лінії в напрямку передавання зусилля;

p_3 – шаблон болтів (відстань, виміряна між центрами болтів);

n_1 – кількість горизонтальних рядів болтів.



Умовна познака:

1 – лінії текучості

Рисунок С.6 – Умовні познаки, застосовні до стінки тримального елемента (наприклад, стінки колони)

С.4.2.3 Реберні пластини

(1) Розрахунковий сполучний опір з'єднань із застосуванням реберних пластин приймають як найменше зі значень розрахункового опору, поданих у таблиці С.6.

Таблиця С.6 – Розрахунковий сполучний опір з'єднання із застосуванням реберної пластини

Розрахунковий опір	Пункт стандарту
Опір зсуву групи болтів, якими приєднано торцеву пластину до тримальної балки чи колони	5.9.1 та 5.10
Опір зсуву болтів, установлених у: і) реберній пластині, а також іі) стінці підтримуваної балки	5.9.1 та 5.10
Сполучний опір реберної пластини	С.4.2.3(2)
Сполучний опір стінки підтримуваної балки	С.4.2.3(2)
Сполучний опір стінки тримальної колони чи балки	С.4.2.3(3)

(2) Розрахунковий сполучний опір реберної пластини або стінки підтримуваної балки приймають як найменше з таких значень розрахункового опору:

– поперечного перерізу нетто, підданого розтягу, див. 8.2.3 EN 1993-1-1:2022;

– розриву цілісності з'єднання, підданого розтягу, див. 5.14.

(3) Розрахунковий сполучний опір стінки тримального елемента (див. рисунок С.7) визначають за формулою:

$$T_{\mathrm{u,w,Rd}} = \frac{2 f_{\mathrm{u},2} {t_{\mathrm{w},2}}^2}{(1-\beta_1)\gamma_{\mathrm{Mu}}} \left(\eta_1 + 1{,}5\sqrt{1-\beta_1}\right), \qquad \text{(C.22)}$$

де

$\eta_1 = \frac{h_{\mathrm{fp}}}{d_2}$;

$\beta_1 = \frac{t_{\mathrm{fp}} + \sqrt{2}a}{d_2}$;

$f_{\mathrm{u},2}$ – межа міцності за розтягу стінки тримальної колони чи балки;

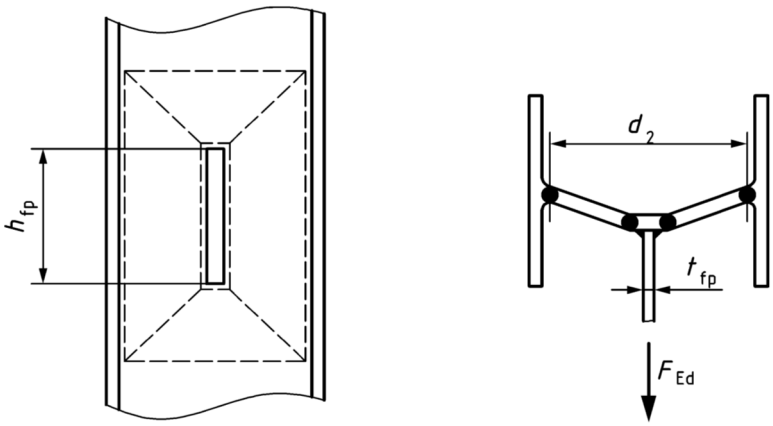
d_2 – висота стінки в просвіті тримальної колони чи балки;

h_{fp} – висота реберної пластини;

$t_{\mathrm{w},2}$ – товщина стінки тримальної колони або полотна балки;

t_{fp} – товщина реберної пластини;

a – товщина зварного шва.



Реберна пластина ребра, приєднувана до стінки колони

Рисунок С.7 – Умовні познаки, застосовні до стінки тримального елемента (наприклад, стінки колони)

С.4.2.4 Торцеві пластини з укороченою висотою

(1) Розрахунковий сполучний опір з'єднань із застосуванням торцевої пластини з укороченою висотою приймають як найменше зі значень розрахункового опору, поданих у таблиці С.7.

Таблиця С.7 – Розрахунковий сполучний опір з'єднання із застосуванням торцевої пластини з укороченою висотою

Розрахунковий опір	Пункт стандарту
Сполучний опір торцевої пластини та болтового комплекту	С.4.2.4(2)
Сполучний опір стінки підтримуваної балки	С.4.2.4(3)
Сполучний опір тримального елемента: і) полиці колони; іі) стінки колони чи стінки балки	 С.4.2.2(3) С.4.2.2(4)

(2) Розрахунковий сполучний опір торцевої пластини і встановленого болтового комплекту, яким приєднано балку до тримального елемента (чи крізь нього), охоплюючи полицю колони, якщо застосовно, обчислюють, використовуючи модель еквівалентного Т-подібного елемента згідно з 8.3 із такими значеннями ефективної довжини:

– змонтованої із застосуванням болтового комплекту торцевої пластини (див. рисунок С.5): $\sum l_{\mathrm{eff},1} = \sum l_{\mathrm{eff},2} = 2e_{\mathrm{e}} + (n_1 - 1)\, p_{\mathrm{e}}$;

– $e_{\mathrm{e}} = e_1$, але $\leq e_2$, $p_{\mathrm{e}} = p_1$, але $\leq 2e_2$;

– полиці тримальної колони: $\sum l_{\mathrm{eff},1}$ та $\sum l_{\mathrm{eff},2}$ можна визначити для групи болтів згідно з таблицею А.2.

(3) Розрахунковий сполучний опір стінки підтримуваної балки визначають за формулою:

$$T_{\mathrm{u,wb,Rd}} = \frac{t_{\mathrm{wb}} h_{\mathrm{ep}} f_{\mathrm{u,wb}}}{\gamma_{\mathrm{Mu}}}, \qquad \text{(С.23)}$$

де

$f_{\mathrm{u,wb}}$ – межа міцності за розтягу стінки підтримуваної балки.

ДОДАТОК D

(обов’язковий)

ПРОЄКТУВАННЯ ОСНОВ КОЛОН

D.1 Використання цього додатка

(1) Цей обов’язковий додаток містить положення, що доповнюють зміст розділів 7 та 8 щодо проєктування з’єднань з опорними плитами колон.

D.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Методи обчислення (i) розрахункового опору та згинальної жорсткості для основ колон із використанням анкерних болтів згідно з D.3 та (ii) розрахункового опору для основ колон із використанням кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном згідно з D.4 можна застосовувати до симетричних основ колон, як показано на рисунках D.1 та D.2.

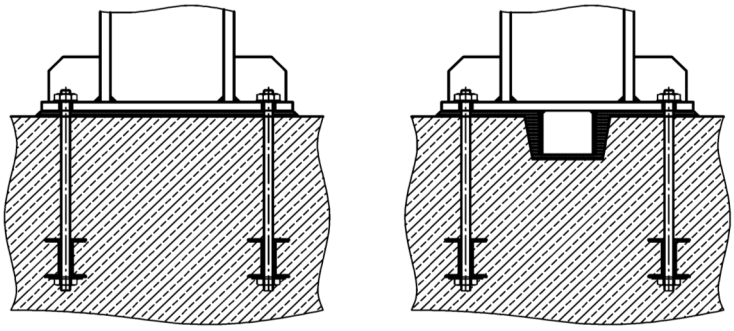


Рисунок D.1 – Симетрична основа колони з анкерними болтами

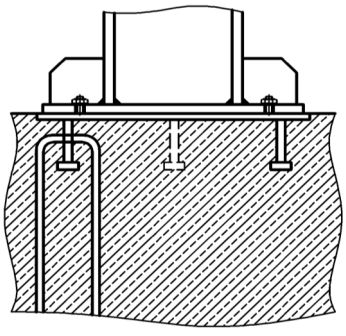


Рисунок D.2 – Симетрична опорна плита колони з кріпильними виробами для з’єднання сталевого елемента з бетоном

(2) Принципи проєктування, викладені в цьому додатку, можуть поширюватися на будь-яке конструктивне рішення опорної плити, охоплюючи асиметричні та складені форми опорної плити й колони.

D.3 Проєктування основ колон з анкерними болтами

D.3.1 Розрахунковий опір

D.3.1.1 Загальні положення

(1) Основи колон проєктують так, щоб вини мали достатній розмір, жорсткість та опір щодо передавання осьових зусиль, згинальних моментів і зсувних зусиль у колонах на їхні фундаменти чи інші опори, не перевищуючи несної здатності цих опор.

(2) Розрахунковий опір анкерних болтів визначають згідно з A.18.1 та A.20 за винятком ситуацій, у яких конкретні типи відмови бетону передбачено у проєкті.

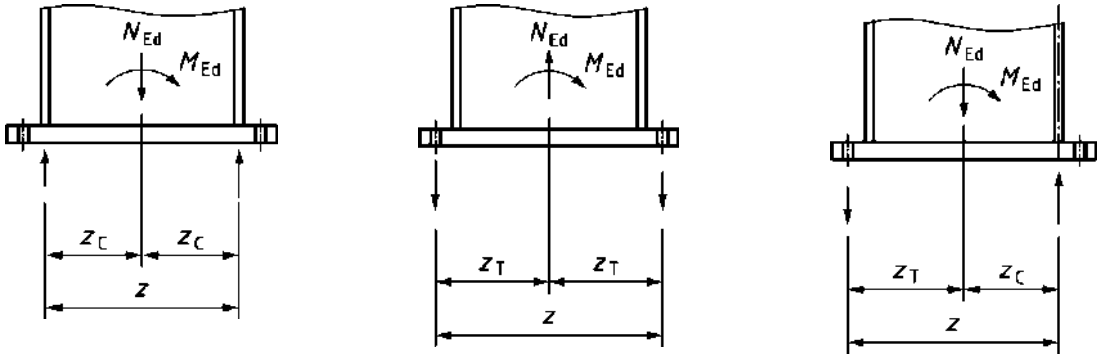
(3) Розрахунковий опір зминанню контактних поверхонь між опорною плитою та її фундаментом можна визначити із застосуванням рівномірного розподілу сили стиску по підданій зминанню площі. Для бетонних фундаментів забезпечують умови, у яких напруження зминання не перевищуватиме розрахункової навантажувальної здатності f_{jd}, зазначеної в 8.4.3(5).

(4) За припущенням, зусилля між опорною плитою та її фундаментом розподілятимуться відповідно до одного з наведених нижче типів розподілу, залежно від відношення значень прикладеної осьової сили та згинального моменту:

– у разі домінування сили стиску буде досягнуто повного стиску під обома полицями колони, як показано на рисунку D.3(a);

– у разі домінування сили розтягу буде досягнуто повного розтягу під обома полицями колони, як показано на рисунку D.3(b);

– у разі домінування згинального моменту під однією полицею колони виникне стиск, а під іншою – розтяг, як показано на рисунку D.3(c).



a) Домінування сили стиску

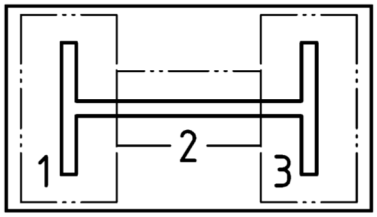
b) Домінування сили розтягу

c) Домінування згинального моменту

Рисунок D.3 – Визначення важільного плеча z для симетричної опорної плити колони

D.3.1.2 Опір осьовому стиску

(1) Розрахунковий опір $N_{\mathrm{j,Rd}}$ симетричної опорної плити колони з анкерними болтами, підданої дії осьової концентричної сили стиску, можна прийняти як суму значень розрахункового опору $F_{\mathrm{C,Rd,}}$ визначеного для кожного з трьох еквівалентних Т-подібних елементів, показаних на рисунку D.4: двох Т-подібних елементів під полицями колони (1 та 3) й одного Т-подібного елемента під стінкою колони (2). Ці три Т-подібні елементи моделюють так, щоб вони не містили перекривання унапуск елементів, див. рисунок D.4. Розрахунковий опір кожного з цих окремих підданих стиску Т-подібних елементів визначають, застосовуючи метод, описаний у 8.4.



Умовні познаки:

1 – Т-подібний елемент 1

2 – Т-подібний елемент 2

3 – Т-подібний елемент 3

Рисунок D.4 – Т-подібні елементи без перекривання унапуск

D.3.1.3 Опір згинальному моменту

(1) Розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ симетричної опорної плити колони з анкерними болтами, підданої комбінованій дії осьової сили та згинального моменту, визначають, застосовуючи метод, наведений у таблиці D.1, що не враховує внесок до опору стиску бетонної частини безпосередньо під стінкою колони, а також Т-подібного елемента 2 на рисунку D.4. Згідно з цим методом використовують такі параметри:

– розрахунковий опір розтягу з одного боку з’єднання $F_{\mathrm{T,Rd}}$, див. (2);

– розрахунковий опір стиску з одного боку з’єднання $F_{\mathrm{C,Rd}}$, див. (3).

(2) Розрахунковий опір розтягу $F_{\mathrm{T,Rd}}$ з одного боку з’єднання приймають як найменше зі значень розрахункового опору таких основних компонентів:

– стінки колони, підданої розтягу під полицею колони $F_{\mathrm{t,wc,Rd}}$, див. A.11.1 щодо застосування цієї методики до стінки балки, підданої розтягу;

– опорної плити, підданої згину під полицею колони $F_{\mathrm{t,bp,Rd}}$, див. A.17.1.

(3) Розрахунковий опір стиску $F_{\mathrm{C,Rd}}$ з одного боку з'єднання приймають як найменше зі значень розрахункового опору таких основних компонентів:

– бетону й опорної плити, підданої стиску під однією полицею колони $F_{\mathrm{c,bp,Rd}}$, див. А.16.1;

– полиці колони та її стінки, підданої стиску $F_{\mathrm{c,fb,Rd}}$, див. А.10.1.

(4) Значення важільного плеча сили стиску й сили розтягу, z_{T} та z_{C}, визначають згідно з D.3.1(7) та рисунка D.3.

Таблиця D.1 – Розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$ симетричної опорної плити колони з анкерними болтами

<table>
<tr><th>Сполучення навантаг</th><th>Важільне плече
z</th><th colspan="2">Розрахунковий опір моменту $M_{\mathrm{j,Rd}}$</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування згинального моменту</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{T}} + z_{\mathrm{C}}$</td><td>$N_{\mathrm{Ed}} > 0$ та $e \geq z_{\mathrm{T}}$</td><td>$N_{\mathrm{Ed}} < 0$ та $e \leq -z_{\mathrm{C}}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Найменше зі значень $\dfrac{F_{\mathrm{T,Rd}}\, z}{\frac{z_{\mathrm{C}}}{e} + 1}$ та $\dfrac{-F_{\mathrm{C,Rd}}\, z}{\frac{z_{\mathrm{T}}}{e} - 1}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування сили розтягу</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{T}} + z_{\mathrm{T}}$</td><td colspan="2">$N_{\mathrm{Ed}} > 0$ та $0 < e \leq z_{\mathrm{T}}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\dfrac{F_{\mathrm{T,Rd}}\, z}{\frac{z_{\mathrm{T}}}{e} + 1}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування сили стиску</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{C}} + z_{\mathrm{C}}$</td><td colspan="2">$N_{\mathrm{Ed}} < 0$ та $-z_{\mathrm{C}} \leq e < 0$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\dfrac{-F_{\mathrm{C,Rd}}\, z}{\frac{z_{\mathrm{C}}}{e} - 1}$</td></tr>
<tr><td colspan="4">$M_{\mathrm{Ed}} > 0$ у напрямку за годинниковою стрілкою, $N_{\mathrm{Ed}} > 0$ за розтягу.
$e = \dfrac{\mid M_{\mathrm{Ed}} \mid}{N_{\mathrm{Ed}}}$</td></tr>
</table>

D.3.1.4 Опір зсуву

(1) Розрахунковий опір зсуву між контактними поверхнями опорної плити та її фундаменту приймають як найменше зі значень:

– суми розрахункового опору тертю між контактними поверхнями опорної плити та її фундаменту і розрахункового опору зрізу анкерних болтів, див. (3);

– розрахункового опору зминанню блокового з'єднувача або стрижневого анкера, визначеного згідно з EN 1992 (усі частини).

(2) Розрахунковий опір тертю $F_{\mathrm{f,Rd}}$ між контактними поверхнями опорної плити та шару будівельного розчину визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{f,Rd}} = \mathrm{C_{f,d}}\ \mathrm{N_{c,Ed}}\ , \qquad \text{(D.1)}$$

де

$C_{\mathrm{f,d}}$ – коефіцієнт тертя між опорною плитою і шаром будівельного розчину, що дорівнює 0,3;

$N_{\mathrm{c,Ed}}$ – розрахункове значення нормального стискального зусилля у колоні.

Примітка. Якщо колону піддано навантаженню внаслідок нормальної розтягувальної сили, то $F_{\mathrm{f,Rd}}$ = 0.

(3) Розрахунковий опір зсуву $F_{\mathrm{v,Rd}}$ між контактними поверхнями опорної плити й шару будівельного розчину визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{v,Rd}} = F_{\mathrm{f,Rd}}\ + n\,F_{\mathrm{vb,Rd}}\ , \qquad \text{(D.2)}$$

де

n – кількість анкерних болтів;

$F_{\mathrm{vb,Rd}}$ – розрахунковий опір зрізу анкерного болта, див. А.20(1).

Примітка. За припущенням згідно з цим методом усі анкерні болти закладено в бетон.

(4) Бетон і арматуру, використовувані для основи, обирають для поєктування відповідно до вимог EN 1992 (усі частини).

D.3.2 Поворотна жорсткість

(1) Початкову поворотну жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$ симетричної опорної плити колони з анкерними болтами, підданої комбінованій дії осьової сили та згинального моменту, визначають згідно з таблицею D.2 із застосуванням таких коефіцієнтів жорсткості:

– k_{T}, коефіцієнта розтягувальної жорсткості з одного боку з'єднання; його значення, застосовне до зворотного боку, визначають як суму зворотних величин коефіцієнтів жорсткості $k_{\mathrm{t,bp}}$ та k_{tb}, обчислених згідно з А.17.2 та А.18.2;

– k_{C} коефіцієнт стискальної жорсткості з одного боку з'єднання; його значення приймають таке, що дорівнює коефіцієнту жорсткості $k_{\mathrm{c,bp}}$, обчисленому згідно з А.16.2.

Таблиця D.2 – Початкова поворотна жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$ симетричної опорної плити колони з анкерними болтами

<table>
<tr><th>Сполучення навантаг</th><th>Важільне плече, z</th><th colspan="2">Початкова поворотна жорсткість $S_{\mathrm{j,ini}}$</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування згинального моменту</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{T}} + z_{\mathrm{C}}$</td><td>$N_{\mathrm{Ed}} > 0$ та $e \geq z_{\mathrm{T}}$</td><td>$N_{\mathrm{Ed}} < 0$ та $e \leq -z_{\mathrm{C}}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$S_{\mathrm{j,ini}} = \dfrac{E\,z^2}{\left(\dfrac{1}{k_{\mathrm{T}}} + \dfrac{1}{k_{\mathrm{C}}}\right)} \dfrac{e}{e + e_{\mathrm{k}}}$, де $e_{\mathrm{k}} = \dfrac{z_{\mathrm{C}} k_{\mathrm{C}} - z_{\mathrm{T}} k_{\mathrm{T}}}{k_{\mathrm{T}} + k_{\mathrm{C}}}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування сили розтягу</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{T}} + z_{\mathrm{T}}$</td><td colspan="2">$N_{\mathrm{Ed}} > 0$ та $0 < e \leq z_{\mathrm{T}}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$S_{\mathrm{j,ini}} = \dfrac{E\,z^2 k_{\mathrm{T}}}{2}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Домінування сили стиску</td><td rowspan="2">$z = z_{\mathrm{C}} + z_{\mathrm{C}}$</td><td colspan="2">$N_{\mathrm{Ed}} < 0$ та $-z_{\mathrm{C}} \leq e < 0$</td></tr>
<tr><td colspan="2">$S_{\mathrm{j,ini}} = \dfrac{E\,z^2 k_{\mathrm{C}}}{2}$</td></tr>
<tr><td colspan="4">$M_{\mathrm{Ed}} > 0$ у напрямку за годинниковою стрілкою, $N_{\mathrm{Ed}} > 0$ за розтягу.
$e = \dfrac{|\,M_{\mathrm{Ed}}\,|}{N_{\mathrm{Ed}}}$</td></tr>
</table>

D.4 Розрахунковий опір основ колон із кріпильними виробами для з’єднання сталевого елемента з бетоном

D.4.1 Загальні положення

(1) Основи колон проєктують так, щоб вони мали достатній розмір, жорсткість та опір для передавання осьових зусиль, згинальних моментів і зсувних зусиль у колонах на їхні фундаменти чи інші опори без перевищення несної здатності цих опор.

(2) Розрахунковий опір основ колон (чи інших з’єднань сталевого елемента з бетоном) із застосуванням кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном (див. рисунок D.2) можна обчислити згідно з EN 1992-4. Розрахунковий опір кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном визначають згідно з A.19 та A.21 цього стандарту. Дії на кріпильні вироби можна розрахувати, ґрунтуючись на таких принципах:

a) проєктування з урахуванням пружності: дії на кріпильні вироби, застосовувані для з’єднання сталевого елемента з бетоном, розподіляються як статично еквівалентні сили розтягу та зсуву на основі пружного розрахунку. Щоб припустити пружне розподілення зусиль, забезпечують достатньо жорстку анкерну плиту. Правила проєктування з урахуванням пружності викладено в EN 1992-4;

b) проєктування з урахуванням пластичності: дії на кріпильні вироби, застосовувані для з’єднання сталевого елемента з бетоном, визначають, ґрунтуючись на підході щодо деформацій у пластичній стадії конструкції, згідно з яким визначальним механізмом руйнування за припущенням є пластичність сталі. Характеристичний опір кріпильного виробу, пов’язаний із відмовою сталевого матеріалу, забезпечують такий, що не перевищує 70 % характеристичного опору

кріпильного виробу за будь-якого типу відмови бетону, щоб задіяти механізм пластичного деформування.

(3) Правила проєктування з урахуванням пластичності основ колон, подані в D.3.1.1(3) та D.3.1.1(4), можна застосовувати до двох рядів кріпильних виробів для з'єднання сталевого елемента з бетоном згідно з (2) b).

Примітка. Правила проєктування з урахуванням пластичності з'єднань із кількома рядами кріпильних виробів викладено в CEN/TR 17081. Механізми відмови у пластичній стадії анкерної плити можна розглядати відповідно до 8.3 цього стандарту.

D.4.2 Опір осьовому стиску

(1) Положення D.3.1.2 застосовують до проєктування з урахуванням пластичності згідно з D.4.1(2) b) та D4.1(3).

D.4.3 Опір згинальному моменту

(1) Положення D.3.1.3 застосовують до проєктування з урахуванням пластичності згідно з D.4.1(2) b) та D4.1(3).

D.4.4 Опір зсуву

(1) Розрахунковий опір зсуву між контактними поверхнями опорної плити та її фундаментом визначають як:

– суму значень розрахункового опору тертю між контактними поверхнями опорної плити та її фундаменту, див. D.3.1.4(2), та розрахункового опору зрізу кріпильних виробів, використовуваних для з'єднання сталевого елемента з бетоном, див. (2);

– розрахунковий опір зминанню блокового з'єднувача або стрижневого анкера, визначний згідно з EN 1992 (усі частини).

(2) Розрахунковий опір зсуву $F_{v,Rd}$ між контактними поверхнями опорної плити й шару будівельного розчину визначають за формулою:

$$F_{\mathrm{v,Rd}} = F_{\mathrm{f,Rd}} + n\,F_{\mathrm{va,Rd}}\ , \qquad \text{(D.3)}$$

де

$F_{\mathrm{f,Rd}}$ – розрахунковий опір тертю між контактними поверхнями опорної плити та шару будівельного розчину згідно з формулою (D.1);

n – кількість кріпильних виробів для з’єднання сталевого елемента з бетоном;

$F_{\mathrm{va,Rd}}$ – розрахунковий опір зрізу кріпильного виробу, застосовуваного для з’єднання сталевого елемента з бетоном, див. A.21.

(3) Бетон і арматуру, використовувані в основі, обирають для проєктування відповідно до вимог EN 1992 (усі частини).

БІБЛІОГРАФІЯ

Нормативні документи, посилання на які містять положення цього стандарту, сформульовані як рекомендації (за використання дієслова «should»)

Нижче наведено документи, посилання на які містять положення цього стандарту так, що частина або весь їхній зміст, хоч і не становлять вимог, яких треба суворо дотримувати, але є настійно рекомендованим варіантом чи способом дії згідно з цим стандартом. Відповідно до національного законодавства та/або будь-яких застосовних договірних положень може бути використано/прийнято альтернативні стандарти, якщо це технічно обґрунтовано. У разі датованих посилань застосовують лише наведені видання. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання зазначеного в посиланні документа (разом зі змінами).

EN 1992 (all parts) Eurocode 2 – Design of concrete structures

EN 10025 (all parts) Hot rolled products of structural steels

EN 10080 Steel for the reinforcement of concrete – Weldable reinforcing steel – General

EN 10210-1 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 1: Technical delivery conditions

EN 10210-2 Hot finished steel structural hollow sections – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties

EN 10219-1 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery conditions

EN 10219-2 Cold formed welded steel structural hollow sections – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties

EN 14399 (all parts) High strength structural bolting assemblies for preloading

EN 15048 (all parts) Non-preloaded structural bolting assemblies

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1992 (всі частини) Єврокод 2. Проєктування залізобетонних конструкцій

EN 10025 (всі частини) Вироби гарячекатані з конструкційної сталі

EN 10080 Сталь для армування бетону. Зварювана арматурна сталь. Загальні вимоги

EN 10210-1 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання

EN 10210-2 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 2. Допуски, розміри та характеристики перерізів

EN 10219-1 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання

EN 10219-2 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 2. Допуски, розміри та характеристики перерізів

EN 14399 (всі частини) Болтові комплекти конструкційні високоміцні для попереднього натягу

EN 15048 (всі частини) Болтові комплекти конструкційні без попереднього натягу

Нормативні документи, посилання на які містять положення цього стандарту, сформульовані як обумовлена можливість (за використання дієслова «can»)

За допомогою посилань на зазначені нижче документи в цьому стандарті надано довідкову інформацію у положеннях, сформульованих як можливість (наприклад, за допомогою дієслова «can»), та в примітках.

CEN/TR 1993-1-103[3] Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1 103 Elastic critical buckling of members

CEN/TS 1993-1-801[4] Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1 801 Hollow section joint design according to the component method

CEN/TR 17081 Design of fastenings for use in concrete – Plastic design of fastenings with headed and post-installed fasteners

EN 10149-2 Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming – Part 2: Technical delivery conditions for thermomechanically rolled steels

EN ISO 2560 Welding consumables – Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels – Classification (ISO 2560)

EN ISO 5817 Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (ISO 5817)

EN ISO 14341 Welding consumables – Wire electrodes and weld deposits for gas shielded metal arc welding of non alloy and fine grain steels – Classification (ISO 14341)

[3] На розгляді. Етап розроблення на час публікації цього стандарту: prCEN/TR 1993-1-103.

[4] На розгляді. Етап розроблення на час публікації цього стандарту: prCEN/TS 1993-1-801.

EN ISO 16834 Welding consumables – Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded arc welding of high strength steels – Classification (ISO 16834)

EN ISO 17632 Welding consumables – Tubular cored electrodes for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain steels – Classification (ISO 17632)

EN ISO 17659 Welding – Multilingual terms for welded joints with illustrations (ISO 17659)

EN ISO 18275 Welding consumables – Covered electrodes for manual metal arc welding of high-strength steels – Classification (ISO 18275)

EN ISO 18276 Welding consumables – Tubular cored electrodes for gas-shielded and non-gas-shielded metal arc welding of high strength steels – Classification (ISO 18276)

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

CEN/TR 1993-1-103 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-103. Втрата стійкості елементів за критичного навантаження у пружній стадії

CEN/TS 1993-1-801 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-801. Проєктування з'єднань порожнистих профілів за методом компонентів

CEN/TR 17081 Проєктування кріплень для використання в залізобетоні. Пластичний розрахунок елементів кріплення з висадкою для довготривалого встановлення

EN 10149-2 Вироби із сталі з високою границею плинності плоскі гарячекатані для холодного формозмінювання. Частина 2. Технічні умови постачання для термомеханічно обробленого прокату

EN ISO 2560 Витратні матеріали для зварювання. Електроди з покриттям для ручного дугового зварювання нелегованої та дрібнозернистої сталі. Класифікація (ISO 2560)

EN ISO 5817 Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та інших сплавів (крім променевого зварювання). Рівні якості залежно від дефектів (ISO 5817)

EN ISO 14341 Витратні матеріали для зварювання. Дротяні електроди та зварні наплавлення для дугового зварювання нелегованих та дрібнозернистих сталей у захисному газі. Класифікація (ISO 14341)

EN ISO 16834 Зварювальні матеріали. Дроти електродні, дроти, прутки та наплавлений метал для дугового зварювання високоміцних сталей у захисному газі. Класифікація (ISO 16834)

EN ISO 17632 Зварювальні матеріали. Дроти порошкові для дугового зварювання нелегованих та дрібнозернистих сталей у захисному газі чи без захисного газу. Класифікація (ISO 17632)

EN ISO 17659 Зварювання. Багатомовний словник термінів для зварних з’єднань з ілюстраціями (ISO 17659)

EN ISO 18275 Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання високоміцних сталей. Класифікація (ISO 18275)

EN ISO 18276 Матеріали зварювальні. Дроти порошкові для дугового зварювання високоміцних сталей у захисних газах або без захисного газу. Класифікація (ISO 18276)

ДОДАТОК НА

(довідковий)

ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ, ІДЕНТИЧНИХ ЄВРОПЕЙСЬКИМ ТА МІЖНАРОДНИМ НОРМАТИВНИМ ДОКУМЕНТАМ, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

ДСТУ EN 1090-2:2019 (EN 1090-2:2018, IDT) Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій

ДСТУ EN 1990:20XX (EN 1990:2023, IDT) Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проєктування

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 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1991-1-3:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Загальні дії. Снігові навантаження (EN 1991-1-3:2003, IDT)

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+NA:2013)

ДСТУ-Н Б EN 1991-1-5:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Загальні дії. Теплові дії (EN 1991-1-5:2003, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1991-1-6:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-6. Загальні дії. Дії під час зведення (EN 1991-1-6:2005, IDT)

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)

ДСТУ EN 1991-2:20XX (EN 1991-2:2023, IDT) Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости та інші інженерні споруди

ДСТУ-Н Б EN 1991-3:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 3. Дії викликані кранами та обладнанням(EN 1991-3:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1991-4:2012 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 4. Бункери і резервуари (EN 1991-4:2006, IDT)

ДСТУ EN 1993-1-1:20XX (EN 1993-1-1:2022, IDT) Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для будівель

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні пположення. Розрахунок конструкції на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Загальні правила. Додаткові правила для холодноформованих елементів і профільованих листів (EN 1993-1-3:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-4:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-4. Загальні положення. Додаткові правила для нержавіючої сталі (EN 1993-1-4:2006, IDT)

ДСТУ EN 1993-1-5:20XX (EN 1993-1-5:2024, IDT) Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-5. Пластинчасті конструкційні елементи

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-6:2011 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-6. Міцність та стійкість оболонок (EN 1993-1-6:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-7:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції при навантаженні поза межами площини (EN 1993-1-7:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу у напрямі товщини прокату (EN 1993-1-10:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-11:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проєктування конструкцій з розтягнутими елементами (EN 1993-1-11:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-12:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-12. Додаткові правила до EN 1993 для сталей класів не вище S 700 (EN 1993-1-12:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 2. Сталеві мости (EN 1993-2:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли (EN 1993-3-1:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-3-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 3-2. Башти, щогли і димові труби. Димові труби (EN 1993-3-2:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-1. Силоси (EN 1993-4-1:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари (EN 1993-4-2:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-3:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-3. Трубопроводи (EN 1993-4-3:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-5:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 5. Палі (EN 1993-5:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-6:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 6. Підкранові конструкції (EN 1993-6:2007, IDT)

Код згідно з НК 004 91.010.30; 91.080.13

Ключові слова: з’єднання, кріпильні вироби, несна здатність, опір, примикання, проєктування, розрахунок, сталеві конструкції