



ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

---

**МОСТИ І ТРУБИ  
ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ  
КОНСТРУКЦІЙ**

**ДБН В.2.3-26:202Х**

*(Проект, перша редакція)*

**Київ  
202Х**

## ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство "Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна"
- РОЗРОБНИКИ: **А. Безуглий**, канд. екон. наук; **С. Завгородній**; **В. Каськів**, канд. техн. наук (науковий керівник); **В. Редченко**, д-р техн. наук, **М. Борисенко**, **Л. Панібратець**
- За участю: Товариство з обмеженою відповідальністю "Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського" (**О. Шимановський**, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, **В. Адріанов**, **В. Гордеєв**, д-р техн. наук, **О. Кордун**, **В. Пасечнюк**, **В. Шалінський**, канд. техн. наук; **М. Шимановська**, канд. техн. наук);
- Товариство з обмеженою відповідальністю "КИЇВСТРОЙПРОЄКТ" (**М. Корнієв**, канд. техн. наук; **С. Дідковський**);
- Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона (**Л. Лобанов** акад. НАН України, **О. Гайворонський**, д-р техн. наук, **О. Синьок**, **В. Рябоконт**, **К. Рябцев**)
- 2 ВНЕСЕНО: Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України
- 3 ПОГОДЖЕНО: Державна служба України з надзвичайних ситуацій, лист № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від \_\_\_\_\_ 202\_ р. № \_\_\_\_
- НАДАНО ЧИННОСТІ з \_\_\_\_ 20\_\_ р.
- 5 НА ЗАМІНУ: На заміну ДБН В.2.3-26:2010

---

**Право власності на цей національний стандарт належить державі.  
Заборонено повністю або частково видавати, відтворювати  
зادля 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», 202Х

## ЗМІСТ

1	Сфера застосування.....	1
2	Нормативні посилання.....	1
3	Терміни та визначення понять .....	9
4	Скорочення.....	22
5	Загальні положення.....	23
6	Матеріали та напівфабрикати .....	25
	6.1 Прокат і сталеві вироби.....	25
	6.2 Канатні елементи .....	26
	6.3 Спеціальні вироби.....	26
7	Розрахунки. Загальні положення .....	27
	7.1 Граничні стани .....	27
	7.2 Класи перерізів.....	29
	7.3 Розрахунки.....	29
	7.4 Коефіцієнти умов робіт .....	30
	7.5 Опори перерізів і елементів .....	31
8	Розрахунки міцності.....	32
	8.1 Загальне.....	32
	8.2 Розрахунки перерізів класу 1. Пружні розрахунки .....	33
	8.3 Розрахунки перерізів класу 2. Пружно-пластичні розрахунки .....	34
	8.4 Елементи, що піддані зрізу .....	35
	8.5 Елементи, що піддані крученню .....	36
	8.6 Елементи, що піддані згину і зрізу.....	38
9	Канатні елементи мостів підвісних систем.....	38
10	Розрахунки стійкості стержнів і балок.....	39
11	Розрахунки стійкості полиць і стінок елементів, не підкріплених ребрами жорсткості ...	46
12	Розрахункові довжини .....	51
13	Гранична гнучкість стержневих елементів.....	57
14	Розрахунки витривалості елементів сталевих конструкцій .....	58
15	Особливості розрахунків несних елементів і з'єднань.....	61
	15.1 Загальні вимоги.....	61
	15.2 Розрахунки поздовжніх в'язей .....	62
	15.3 Розрахунки елементів проїзду .....	64
	15.4 Розрахунки з'єднань .....	67
16	Конструювання.....	67
	16.1 Загальні вимоги.....	67
	16.2 Конструювання залізничних мостів.....	68
	16.3 Перерізи елементів .....	71
	16.4 Заміна товщини поясних листів. Пакети з двох і більше листів.....	72
	16.5 Ребра жорсткості відкритих балок і коробок .....	75

16.6 Попередньо напружені прогонові будови .....	76
16.7 Деталі конструкцій .....	76
16.8 Конструкція планок і перфорованих листів .....	80
16.9 Особливості конструкції болто-зварних прогонових будов.....	81
16.10 Ортотропні плити .....	83
16.11 Конструкція опорних частин і деформаційних швів .....	83
17 Зміст комплекту креслень КМ .....	83
18 Додатки.....	84
Додаток А (обов'язковий) Характеристика класів перерізів.....	86
А.1 Граничні стани.....	86
А.2 Клас 1. Пружна робота перерізу .....	86
А.3 Клас 2. Пружно-пластична робота перерізу .....	87
А.4 Клас 3. Пластинчатий шарнір.....	88
Додаток Б (обов'язковий) Матеріали та напівфабрикати .....	91
Б.1 Загальна характеристика прокату і виробів .....	91
Б.2 Сталевий листовий, сортовий та фасонний прокат .....	92
Б.3 Відливки.....	96
Б.4 Критерії оцінки прокату для використання в основних несних конструкціях мостів .	97
Б.5 Матеріали для зварювання .....	99
Б.6 Кріпильні вироби .....	104
Додаток В (довідковий) Розрахунки ефективної ширини плит .....	105
В.1 Ефективні геометричні характеристики перерізів .....	105
В.2 Коефіцієнти редукції, отримані на основі формул.....	105
В.3 Коефіцієнти редукції, отримані на основі просторових розрахунків.....	108
Додаток Г (довідковий) Кручення.....	111
Г.1 Вільне кручення .....	111
Г.2 Стиснене кручення.....	112
Додаток Д (обов'язковий) Розрахунки стійкості стержнів і споруд в цілому .....	114
Д.1 Основні положення.....	114
Д.2 Коефіцієнти поздовжнього згину у розрахунках стійкості стержнів і балок .....	116
Д.3 Розрахунки приведених відносних ексцентриситетів.....	119
Д.4 Розрахунки критичних зусиль $N_{cr}$ та $M_{cr}$ .....	122
Д.5 Розрахунки за допомогою комп'ютерних програм .....	125
Д.6 Граничні відстані між в'язями для стиснутого поясу .....	128
Додаток Е (обов'язковий) Розрахунки місцевої стійкості пластинок, ребер жорсткості і ортотропних плит .....	130
Е.1 Розрахунки місцевої стійкості стінок балок, підкріплених ребрами жорсткості .....	130
Е.2 Вимоги до ребер.....	145
Е.3 Розрахунки стійкості ортотропних плит .....	149
Додаток Ж (обов'язковий) Розрахунки витривалості .....	153
Ж.1 Сфера застосування .....	153
Ж.2 Оцінка витривалості .....	153
Ж.3 Підрахунок розмаху напружень .....	155
Ж.4 Підрахунок кількості циклів навантажень .....	156
Ж.5 Оцінка витривалості від сумісної дії автомобільного і рейкового транспорту .....	158



Ж.6 Таблиці категорій витривалості .....	159
Ж.7 Графік опору втомленості.....	179
Додаток З .....	181
Додаток И (обов'язковий) Коефіцієнти для розрахунків витривалості .....	182
Додаток К (обов'язковий) З'єднання на болтах, заклепках і пальцях .....	187
К.1 Загальні положення .....	187
К.2 Отвори для болтових з'єднань .....	187
К.3 З'єднання на звичайних болтах .....	189
К.4 З'єднання на високоміцних болтах .....	197
К.5 Конструктивні вимоги і розрахунки болтових з'єднань.....	204
К.6 З'єднання на ін'єкційних болтах .....	210
К.7 З'єднання на пальцях.....	210
Додаток Л (обов'язковий) Сталеві канатні елементи.....	214
Л.1 Загальне .....	214
Л.2 Основа для проектування.....	215
Л.3 Жорсткості канатних елементів .....	218
Л.4 Основа проектування сидла.....	219
Л.5 Витривалість.....	220
Л.6 Захист від корозії .....	220
Л.7 Номенклатура продукції .....	221
Додаток М (обов'язковий) Ортоотропні плити .....	224
М.1 Ортоотропні плити автопроїзду. Конструктивні вимоги.....	224
М.2 Ортоотропні плити пішохідних мостів. Конструктивні вимоги .....	227
М.3 Ортоотропні плити під рух потягів. Конструктивні вимоги .....	227
М.4 Розрахунки плит під автомобільний рух .....	230
М.5 Розрахунки плит під рух потягів .....	237
М.6 Вимоги до виготовлення та зварювання.....	239
Додаток Н (обов'язковий) Зварні з'єднання .....	245
Н.1 Розрахунки швів .....	245
Н.2 Розрахунки швів складених елементів .....	250
Додаток О.....	252
Додаток П (довідковий) Деформаційні шви.....	253
П.1 Строк служби деформаційного шва .....	253
П.2 Типи і використання деформаційних швів .....	253
П.3 Розрахунок деформаційних швів і елементів кріплення .....	255
П.4 Проєктна документація .....	257
Додаток Р (обов'язковий) Опорні частини.....	260
Р.1 Типи опорних частин .....	260
Р.2 Опір переміщенню опорних частин .....	262
Р.3 Закріплення опорних частин .....	265
Р.4 Основні дані і розрахунки опорних частин .....	267
Р.5 Установка опорних частин в проєктне положення.....	276
Р.6 Експлуатація опорних частин .....	282
Р.7 Захист від корозії.....	282
Р.8 Горизонтальні реакції на опори .....	283

Р.9 Опорні частини в комплекті креслень КМ .....	287
Додаток С (довідковий) Символи і позначення .....	289
С.1 Позначення розділів основного тексту .....	289
С.2 Позначення, що надані в додатках .....	295
Додаток Т (довідковий) Бібліографія .....	313

**ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ****МОСТИ І ТРУБИ. ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ  
BRIDGES AND CULVERTS. DESIGN OF STEEL STRUCTURES**

Чинний від 202Х-ХХ-ХХ

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

**1.1** Ці Норми встановлюють правила проектування сталевих конструкцій залізничних і автодорожніх мостів та дорожніх труб, пішохідних мостів, підземних переходів призначених для руху пішоходів і велосипедистів під залізницями, автомобільними й міськими дорогами, прогонових будов та опор розвідних мостів, нових споруд, а також таких, що ремонтуються або реконструюються.

**1.2** Норми розповсюджуються на проектування, ремонт і реконструкцію мостів.

**1.3** Норми передбачають застосування матеріалів і виробів, які гарантують експлуатацію в Україні конструкцій із розрахунковою мінімальною температурою до мінус 40 °С, включно. За розрахункову мінімальну температуру слід приймати температуру повітря найбільш холодної доби в районі будівництва із забезпеченістю 0,98.

**1.4** Норми не розповсюджуються на проектування механізмів розвідних мостів, складних спеціальних виробів, таких як сферичні опорні частини і модульні деформаційні шви.

**Примітка.** Ці Норми охоплюють сталеві прогонові будови зі сталевими плитами проїзної частини, а також прогонові будови, в яких плита проїзної частини виконана із залізобетону, але не об'єднана для спільної роботи зі сталевими балками.

**2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва

ДБН В.2.3-26:202X

ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд

ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи

ДБН В.2.3-22:20XX Мости і труби. Основні вимоги проєктування

ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проєктування

ДСТУ 2651:2005 Сталь вуглецева звичайної якості. Марки (ГОСТ 380-2005)

ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови

ДСТУ 8539:2015 Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови

ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент

ДСТУ 8541:2015 Прокат сталевий підвищеної міцності. Технічні умови

ДСТУ 8803:2018 Прокат товстолистовий з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови

ДСТУ 8817:2018 Прокат конструкційний з нелегованої та легованої сталі для мостобудування. Технічні умови

ДСТУ 8818:2018 Прокат листовий. Методи ультразвукового контролю

ДСТУ 9054:2020 Конструкції автодорожніх мостів сталеві. Технічні вимоги до виготовлення

ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови

ДСТУ Б EN 1090-1:2014 (EN 1090-1:2009+A1:2011, IDT) Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 1. Вимоги до оцінки відповідності компонентів конструкцій

ДСТУ Б EN 1337-2:2004 Structural bearings – Part 2: Sliding elements / Опорні частини - Частина 2: Елементи ковзання

ДСТУ Б EN 1337-3:2006 Structural bearings – Part 3: Elastomeric bearings /

Опорні частини - Частина 2: Пружні опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-4:2005 Structural bearings – Part 4: Roller bearings /

Опорні частини - Частина 2: Коткові опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-5:2006 Structural bearings – Part 5: Pot bearings /

Опорні частини - Частина 5: Чашкові опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-6:2006 Structural bearings – Part 6: Rocker bearings /

Опорні частини - Частина 5: Балансирні опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-7:2004 Structural bearings – Part 7: Spherical and

cylindrical PTFE bearings / Опорні частини - Частина 7: Сферичні і циліндричні ПТФЕ опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-7:2007 Structural bearings – Part 8: Guide bearings and

restraint bearings / Опорні частини - Частина 8: Направляючі і утримуючі опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-9:1997 Structural bearings – Part 9: Protection /

Опорні частини - Частина 9: Захист

ДСТУ Б EN 1337-10:2001 Structural bearings – Part 10: Inspection and

maintenance. / Опорні частини - Частина 10: Огляд та обслуговування

ДСТУ Б EN 1337-11:1997 Structural bearings – Part 11: Transport, storage

and installation / Опорні частини - Частина 11: Транспорт, зберігання і установка

ДСТУ-Н Б EN 1993-2:2006 Eurocode 3 – Design of steel structures. Part 2:

Steel Bridges / Єврокод 3 - Проектування сталевих конструкцій. Частина 2: Сталеві мости

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих

конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд

ДСТУ EN 1090-2:2013 Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій.

Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій (EN 1090-2:2018, IDT)

ДСТУ EN 1090-4:2019 Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій.

Частина 4. Технічні вимоги до холодноформованих сталевих будівельних

ДБН В.2.3-26:202Х

елементів та конструкцій для покрівель, стель, підлог і стін (EN 1090-4:2018, IDT)

ДСТУ EN 10024:2004 Двотаври гарячекатані з ухилом внутрішніх граней полиць. Граничні відхилення за розмірами й формою (EN 10024:1995, IDT)

ДСТУ EN 10025-1:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 1. Загальні технічні умови постачання (EN 10025-1:2004, IDT)

ДСТУ EN 10025-2:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей (EN 10025 2:2004, IDT)

ДСТУ EN 10025-3:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 3. Технічні умови постачання зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей, підданих нормалізації або нормалізованому прокатуванню (EN 1 0025 3:2004, IDT)

ДСТУ EN 10025-4:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 4. Технічні умови постачання термо-механічно оброблених зварюваних дрібнозернистих сталей (EN 10025 4:2004, IDT)

ДСТУ EN 10025-5:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 5. Технічні умови постачання конструкційних сталей з підвищеною тривкістю до атмосферної корозії (EN 10025 5:2004, IDT)

ДСТУ EN 10025-6:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 6. Технічні умови постачання плоских виробів з конструкційної сталі з високою границею плинності в загартованому та відпущеному стані (EN 10025-6:2004, IDT)

ДСТУ EN 10029:2005 Листи сталеві гарячекатані завтовшки 3 мм і більше. Допуски на розміри, форму та масу (EN 10029:1991, IDT)

ДСТУ EN 10034:2006 Двотаври сталеві нормальні та широкополичні з паралельними гранями полиць. Допуски на розміри й форму (EN 10034:1993, IDT)

ДСТУ EN 10051:2008 Прокат листовий і штаба без покриву, отримані безперервним гарячим прокатуванням, з нелегованої та легованої сталі. Допуски на розміри й форму (EN 10051:1991, IDT)

ДСТУ EN 10055:2006 Таври сталеві гарячекатані рівнополичні із заокругленими крайками й основою стінки. Розміри та допуски на розміри та форму (EN 10055:1995, IDT)

ДСТУ EN 10056-1:2006 Кутики сталеві гарячекатані рівнополичні та нерівнополичні. Частина 1. Розміри (EN 10056-1:1998, IDT)

ДСТУ EN 10056-2:2009 Кутики рівнополичні та нерівнополичні з конструкційної сталі. Частина 2. Допуски на форму та розміри (EN 10056-2:1993, IDT)

ДСТУ EN 10058:2014 Гарячекатані штабові прутки зі сталі загального призначення. Розміри та граничні відхилення розмірів і форми (EN 10058:2003, IDT)

ДСТУ EN 10059:2014 Прутки квадратні гарячекатані загального призначення. Розміри і допуски на форму та розміри (EN 10059:2003, IDT)

ДСТУ EN 10060:2014 Прутки круглі гарячекатані загального призначення. Розміри і допуски на форму та розміри (EN 10060:2003, IDT)

ДСТУ EN 10061:2006 Прокат сталевий гарячекатаний шестигранний загального призначення. Розміри, допуски на розміри та форму (EN 10061:2003, IDT)

ДСТУ EN 10160:2015 Контроль ультразвуковий сталевих виробів плоскої форми завтовшки 6 мм або більше (метод відбиття) (EN 10160:1999, IDT)

ДСТУ EN 10163-1:2016 Лист сталевий гарячекатаний товстий, широка штаба та профілі. Вимоги до якості поверхні під час постачання. Частина 1. Загальні вимоги (EN 10163-1:2004, IDT)

ДСТУ EN 10163-2:2016 Лист сталевий гарячекатаний товстий, широка штаба та профілі. Вимоги до якості поверхні під час постачання. Частина 2. Лист і широка штаба (EN 10163-2:2004, IDT)

ДБН В.2.3-26:202X

ДСТУ EN 10210-1:2009 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10210-1:2006, IDT)

ДСТУ EN 10210-2:2009 Профілі порожнисті гарячого оброблення з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 2. Розміри, граничні відхили та характеристики (EN 10210-2:2006, IDT)

ДСТУ EN 10219-1:2009 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання (EN 10219-1:2006, IDT)

ДСТУ EN 10219-2:2009 Профілі порожнисті зварні холодного формування з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 2. Розміри, граничні відхили та характеристики (EN 10219-2:2006, IDT)

ДСТУ EN 10279:2009 Швелери сталеві гарячекатані. Граничні відхили на розміри, форму та масу (EN 10279:2000, IDT)

ДСТУ EN ISO 2560:2014 Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 2560:2009, IDT)

ДСТУ EN ISO 9013:2015 Газове різання. Класифікація. Вимоги до геометричних розмірів та якості (EN ISO 9013:2002, IDT; ISO 9013:2002, IDT)

ДСТУ EN ISO 11666:2014 Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Рівні приймання (EN ISO 11666:2010, IDT)

ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT)

ДСТУ EN ISO 14341:2014 Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал у захисному газі плавким електродом (EN ISO 14341:2011, IDT)

ДСТУ EN ISO 17632:2015 Зварювальні матеріали. Дроти порошкові для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі чи



без захисного газу. Класифікація (EN ISO 17632:2008, IDT; ISO 17632:2004, IDT)

ДСТУ EN ISO 17635:2018 Неруйнівний контроль зварних з'єднань. Загальні правила для металевих матеріалів (EN ISO 17635:2016, IDT; ISO 17635:2016, IDT)

ДСТУ EN ISO 17636-1:2014 Неруйнівний контроль зварних швів. Радіографічний контроль. Частина 1. Способи контролю рентгенівським і гамма-випромінюванням із застосуванням плівки (EN ISO 17636-1:2013, IDT)

ДСТУ EN ISO 17637:2017 Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань, виконаних зварюванням плавленням (EN ISO 17637:2016, IDT; ISO 17637:2016, IDT)

ДСТУ EN ISO 17638:2018 Неруйнівний контроль зварних швів. Магніт порошковий контроль (EN ISO 17638:2016, IDT; ISO 17638:2016, IDT)

ДСТУ EN ISO 17640:2018 Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Методи, рівні контролювання та оцінювання (EN ISO 17640:2017, IDT; ISO 17640:2017, IDT)

ДСТУ EN ISO 18275:2014 Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання високоміцних сталей. Класифікація (EN ISO 18275:2012, IDT)

ДСТУ EN ISO 18276:2019 Зварювальні матеріали. Дроти порошкові для дугового зварювання високоміцних сталей у захисних газах чи без захисного газу. Класифікація (EN ISO 18276:2017, IDT; ISO 18276:2017, IDT)

ДСТУ EN ISO 23279:2014 Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Характеристика індикацій у зварних швах (EN ISO 23279:2010, IDT)

ДСТУ EN ISO 26304:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом високоміцних сталей. Класифікація (EN ISO 26304:2011, IDT; ISO 26304:2011, IDT)

ДБН В.2.3-26:202X

ДСТУ ISO 898-1:2015 Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі й легованої сталі. Частина 1. Болти, гвинти та шпильки. Механічні властивості та методи випробування (ISO 898-1:2013, IDT)

ДСТУ ISO 898-2:2015 Механічні властивості кріпильних виробів із вуглецевої сталі й легованої сталі. Частина 2. Гайки устанавленого класу міцності. Механічні властивості та методи випробування (ISO 898-2:2012, IDT)

ДСТУ ISO 8673:2007 Гайки шестигранні, тип 1 з метричною різьбою дрібним кроком. Класи точності А і В. Технічні вимоги (ISO 8673:1999, IDT)

ДСТУ ISO 12944-4:2019 Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 4. Типи поверхні та її готування (ISO 12944-4:2017, IDT)

ДСТУ ISO 13918:2014 Зварювання. Шпильки і керамічні втулки для дугового приварювання шпильок (ISO 13918:2008, IDT)

ДСТУ ISO/TR 17671-1:2015 Зварювання. Рекомендації щодо зварювання металевих матеріалів. Частина 1. Настанови щодо дугового зварювання (ISO/TR 17671 -1:2002, IDT)

ДСТУ ISO/TR 17671-2:2015 Зварювання. Рекомендації щодо зварювання металевих матеріалів. Частина 2. Дугове зварювання феритних сталей (ISO/TR 17671-2:2002, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)

ДСТУ ISO 8501-1:2015 Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і подібних покриттів. Частина 1. Ступені іржавіння та ступені підготовки непофарбованих сталевих поверхонь

ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури

ДСТУ EN 10067:2006 Штабобульб гарячекатаний. Розміри та допуски на розміри, форму і масу

ДСТУ EN 10162:2022 Холоднокатані сталеві профілі. Технічні умови поставки

ДСТУ EN ISO 1461:2009 Покриття нанесені методом гарячого цинкування на вироби із чавуну та сталі

ДСТУ ISO 2063-2:2022 Напилення термічне. Компоненти з термічно напиленим покриттям

ДСТУ EN 10213-1:2005 Виливки сталеві для роботи під тиском. Технічні умови постачання. Частина 1. загальні положення

ДСТУ EN 10213-3:2005 Виливки сталеві для роботи під тиском. Технічні умови постачання. Частина 3. Сталі призначені для застосування за низьких температур

ДСТУ EN 10213-4:2005 Виливки сталеві для роботи під тиском. Технічні умови постачання. Частина 4. Марки аустенітної та аустенітно-феритної сталі

ГОСТ 5521 Прокат сталевий для суднобудування. Технічні умови

**Примітка.** Чинність норм та стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, перевіряють згідно з офіційними виданнями національного органу стандартизації – каталогом національних нормативних документів і щомісячними інформаційними покажчиками національних стандартів.

Якщо норми або стандарти, на які є посилання, замінено новими або до них внесено зміни, треба застосовувати нові норми або стандарти, охоплюючи всі внесені зміни до них.

### **3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ**

Нижче подано терміни, вжиті в цих нормах, та визначення позначених ними понять.

#### **3.1 абсолютний поріг витривалості**

Найбільше максимальне напруження при циклічному навантаженні, при якому ще не виникають тріщини втомленості (втомлена руйнація) при необмеженій кількості циклів (більшій ніж 100 млн)

#### **3.2 анкер (socket)**

Постійний замковий елемент на кінцях канату для передачі зусиль з канату на іншу частину анкерного пристрою. Анкер може бути встановлений заздалегідь у постійне положення (для спіральних канатів і канатів з

паралельних дротів), або встановлюватися на монтажі (для пучків з паралельних дротів або пасм)

### **3.3 анкерний пристрій (anchorage)**

Пристрій, що включає всі компоненти і матеріали типу анкерів, опорних плит, штифтів, різьбових шпильок тощо, які потрібні для передачі зусиль з канатного елемента на балку, пілон або інші елементи мосту

### **3.4 анкерні пристрої**

Пристрої для прикріплення опорної частини до балки або до опори. Механічні властивості болтів мають відповідати вимогам ISO 898-1, а гайок ISO 898-2. Як правило, для приєднання до балки слід використовувати болти класів 5.6 і 10.9 а для приєднання до опор класу 5.6

**3.5 атмосферостійка сталь (structural steels with improved atmospheric corrosion resistance)**

Сталь з поліпшеною стійкістю від корозії за рахунок утворення стійкої корозійної плівки

### **3.6 балансира (тангенційна) опорна частина**

Сталева опорна частина, яка передає контактні зусилля по площі дотику плоскої і радіальної, або обох радіальних поверхонь. Розрізняють передачу зусиль в точці (точкові опорні частини) і по лінії (лінійні опорні частини)

### **3.7 вивідні планки**

Листові деталі, що призначені для подовження шва зовні від кінця шва основного елемента

### **3.8 вилиті сталеві вироби (cast steel products)**

Вироби, що отримані шляхом лиття. У подальшому можлива термообробка, зварювання і механічна обробка

### **3.9 вирив**

Розрив частини вузла фасонки або накладки

### **3.10 високоміцні болти**

Болти класів міцності 8.8 і 10.9 і більшої міцності з попереднім натягом

### **3.11 витривалість**

Властивість деталей і з'єднань протистояти втомленості

### **3.12 відкриті поперечні перерізи**

Перерізи, що утворюються з окремих не замкнених відрізків

### **3.13 відносний поріг витривалості**

Найбільше максимальне напруження при циклічному навантаженні, при якому ще не виникають тріщини втомленості (втомлена руйнація) при певній кількості циклів (2 млн або 5 млн)

### **3.14 вільне кручення**

Кручення стержня під дією моменту, коли в його перерізі виникають тільки дотичні напруження, а перерізи залишаються плоскими

### **3.15 всебічно-рухома опорна частина**

Опорна частина, по якій горизонтальні переміщення можуть здійснюватися у всіх напрямках

### **3.16 втомленість (fatigue of materials)**

Деградація механічних властивостей матеріалу деталей і з'єднань із-за накопичення пошкоджень під дією циклічних навантажень, і появі тріщин втомленості

### **3.17 вуглецева сталь (carbon (non-alloy) structural steels)**

Сталь з обмеженим вмістом вуглецю до 0,5 %, і майже без вмісту легуючих добавок

### **3.18 гарячекатана сталь (hot-rolled steel)**

Сталь, яку деформують в розігрітому стані

### **3.19 граничний стан**

Стан, при якому споруда в цілому або її частина перестають задовольняти заданим вимогам

### **3.20 гребінка**

Елемент перекриття консольного деформаційного шва

### **3.21 група опорних частин**

До одної групи слід відносити однотипні ОЧ, які мають однаковий напрямок переміщень

### **3.22 гумові армовані опорні частини (elastomeric bearings)**

Різновид пружних опорних частин, в яких пружний елемент виконаний у вигляді пакету з листів сталі і гуми

### **3.23 демпфер (damper)**

Пристрій на канатному елементі для відбору енергії коливань

### **3.24 депланація поперечного перерізу**

Переміщення точок плоского поперечного перерізу, що перетворює його з площини в криву поверхню або в сукупність площин

### **3.25 деформаційний шов (expansion joint)**

Конструктивний пристрій, який забезпечує безперервну поверхню проїзду (проходу) і встановлюється в рівні проїзду між прогоновими будовами, і призначений для компенсації переміщень, в основному, температурних

### **3.26 деформована схема**

Розрахункова схема, в рівняннях рівноваги якої враховуються переміщення від початкового не навантаженого стану і зміни в положенні навантажень від деформацій (СТ СЭВ 3972)

### **3.27 довговічність**

Здатність споруди тривалий час зберігати робочий стан при відповідній системі технічного обслуговування і прийнятому порядку проведення ремонтів

### **3.28 допоміжні конструкції мосту**

До допоміжних віднесені конструкції, які є частиною проїзної частини, декоративного оформлення, експлуатаційних облаштувань тощо

### **3.29 дренаж**

Труба, що збирає і транспортує воду (не тільки з середини асфальтобетону)

### **3.30 дріт (wire)**

Індивідуальне сталеве волокно круглого або Z-подібного перерізу з розміром від 3 мм до 8 мм. Висока міцність дроту досягається холодним волочінням або холодною протяжкою. Дроти заповнення проміжків можуть мати діаметр менший за 3 мм

**3.31 дротовий трос (wire rope)**

Зібрані разом спіральні пасма, що розташовані по спіралі навколо сталевого або волоконного сердечника, як правило із звиванням в зустрічних напрямків верхнього шару дротів. Дротові троси з волоконним сердечником не слід застосовувати для постійних конструкцій мостів

**3.32 жорсткість елемента**

Жорсткість осьова та на зріз, на згин і на кручення – є добуток від множення модуля пружності (або зсуву) матеріалу елемента на його геометричні характеристики – площу, момент інерції при згині і при вільному крученні, відповідно

**3.33 зазор в деформаційному шві (поверхневий зазор)**

Зазор між елементами шва вздовж напрямку руху в рівні покриття

**3.34 зазор конструктивний**

Відстань між двома конструктивними елементами мосту

**3.35 залізничні решітчасті ферми**

Складені з елементів, назви яких надані на рисунку **16.1**.

**3.36 замкнене ребро**

Ребро, що разом з листом настилу утворює замкнений контур

**3.37 замкнені поперечні перерізи**

Перерізи, що утворюють замкнений контур без розривів

**3.38 замковий спіральний канат (locked coil strand)**

Схожий на спіральні мостові канати, але дроти зовнішнього шару (шарів) Z-подібно форму

**3.39 звичайні болти**

Болти класів міцності 3.6, 4.6 і 5.6 без попереднього натягу

**3.40 здатність переміщення**

Заявлений діапазон відносного переміщення між крайніми положеннями деформаційного шва

**3.41 зігнуті стержні**

Це стержні, в перерізах яких діють згинальні моменти, а сила стиску відносно мала, або дорівнює нулю

### **3.42 знімна підкладка**

Сталева підкладка, що знімається після зварювання

### **3.43 зношення**

Втрата матеріалу між двома частинами шва або між швом та конструкцією мосту в наслідок тертя

### **3.44 зрізні з'єднання**

З'єднання, в яких болти працюють на зріз і зминання

### **3.45 кабелі з паралельних пучків (parallel strand cable)**

Поєднані разом прямі пучки за звичай одного діаметру, або зібрані разом, або розділені з постійними проміжками за рахунок розділюючих пристроїв

### **3.46 кабель (cable)**

Розтягнутий елемент, що включає один чи більше канатних елементів. Дроти, пасма або канати, що складають кабель можуть бути об'єднані або розділені спеціальними пристроями по довжині

### **3.47 канат (strand)**

Універсальний термін, що включає в себе ряд інших визначень, як то пасма, пучок та інші

### **3.48 канати з паралельних дротів (parallel wire strand)**

Пучок прямих дротів, що лежать паралельно одна до одної і поєднані разом в єдиний елемент

### **3.49 класи руху**

Транспортні засоби і інші категорії користувачів із схожою дією на деформаційний шов

### **3.50 ковани вироби (forged products)**

Сталеві вироби, які піддані нагріванню і обробці тиском, при якій змінюються механічні властивості виробу. В подальшому можлива термообробка і механічна обробка

### **3.51 коефіцієнт розривного зусилля (breaking force factor K)**



Емпіричний коефіцієнт, що використовується для визначення мінімального розривного зусилля канату, що оцінюється за формулою:  $K = \pi \cdot f \cdot k_s / 4$ , де  $f$  – коефіцієнт суцільності;  $k_s$  – коефіцієнт спіральності (надається виробником)

### **3.52 коефіцієнт спіральності (spinning loss factor k)**

Редукційний коефіцієнт для визначення коефіцієнта k

### **3.53 коефіцієнт суцільності (fill factor f)**

Відношення суми номінальної площі металічного перерізу всіх дротів до площі каната брутто, включаючи порожнини та оболонку, якщо вона існує

### **3.54 коефіцієнт тертя**

Кількісна характеристика сили, яка необхідна для ковзання або руху одного матеріалу або елемента по поверхні іншого

**3.55 конструкційна нормалізована сталь з дрібним зерном** (normalized normalized rolled weldable fine grain structural steels)

Низьколегована сталь яка піддана нормалізації

**3.56 конструкційна сталь з високим опором текучості в нагартованому і відпущеному стані** (high yield strength structural steel in the quenched and tempered condition)

Сталь після термічної обробки, яка пов'язана з нагріванням на 30 – 50° вище точки аустенітного перетворення  $A_{C3}$ , витримки до години і швидкого охолодження, з послідуєчим нагрівом до температури 600° і поступовому охолодженні до 100°/год

**3.57 конструкційна термополіпшена зварювана сталь з дрібним зерном** (thermo mechanical rolled weldable fine grain structural steels)

Низьколегована сталь, яка отримує властивості нормалізованої сталі під час нагріву і деформацій під вальцями

### **3.58 контактні напруження**

Напруження, які виникають на контакті передачі зусиль

### **3.59 корінь шва**

Частина шва зварювання, що найбільш віддалена від лицевої поверхні

### **3.60 коткова опорна частина**

Опорна частина, в якій вертикальне зусилля передається на один, або групу котків по яких здійснюється горизонтальне переміщення. Кут повороту при двох і більше котків має бути реалізований окремим пристроєм

### **3.61 кут косини**

Кут між віссю дороги і поздовжньою віссю деформаційного шва

### **3.62 леговані сталі (alloy steel)**

Сталь, з сумарним вмістом легуючих добавок, таких як нікель, хром, молібден, тощо не більше 2,5; якщо 2,5 – 10 % – середньо леговані, якщо більше 10 % – сильно леговані

### **3.63 лист настилу**

Лист, до якого приварені поздовжні в поперечні ребра; може бути листом плити проїзду, нижньої плити або стінки головної балки

### **3.64 лінійно-рухома опорна частина**

Опорна частина, по якій горизонтальні переміщення можуть здійснюватися вздовж одного напрямку

### **3.65 мастило**

Матеріал, який використовують на контактах ковзання ОЧ для зниження зносу, який зумовлений тертям

### **3.66 матеріал заповнення анкеру (socket filler material)**

Матеріал, що вводиться в рідкому стані в порожнину анкерного стакану для фіксації дротів та герметизацію в анкері

### **3.67 матеріал ковзання (антифрикційний матеріал)**

Призначений для зниження коефіцієнта тертя; в більшості ОЧ це ПТФЕ (фторопласт, тефлон) або МСМ (Маурер Слизький матеріал). На поверхні ковзання утворені ямки для утримання мастила та зменшення площі контакту

### **3.68 мінорна і мажорна осі**

Осі, в напрямку яких, жорсткість на згин менша і більша, відповідно

### **3.69 накладки**

Листові елементи, що накладаються на стик

### **3.70 нерухома опорна частина**

Опорна частина, по якій горизонтальні переміщення заблоковані

### **3.71 низьколегована сталь (low-alloy steel)**

Сталь, з сумарним вмістом легуючих добавок, таких як нікель, хром, молібден тощо не більше 2,5 %

### **3.72 нормалізація (normalizing)**

Сталь після термічної обробки, яка пов'язана з нагріванням на 30°–50° вище точки аустенітного перетворення  $A_{C3}$ , витримки до години і поступового охолодження на повітрі до 100°/год. У результаті отримується дрібнозерниста однорідна структура

### **3.73 нормалізований прокат (normalized rolled)**

Обробка сталі тиском під прокатними вальцями при температурі, яка перетворює прокат в стан, як після нормалізації (ДСТУ EN 10025)

### **3.74 оболонка канату (sheath)**

Металева чи пластмасова, що вкриває поверхню канатного елемента для його захисту від корозії та пошкоджень

### **3.75 опорна частина (ОЧ)**

Пристрій, що призначений для передачі зусиль з прогонової будови на опору і який дозволяє реалізувати кут повороту і (або ні) горизонтальні переміщення прогонової будови відносно опор з мінімальними зусиллями. Розрізняють:

– за призначенням: лінійно-рухомі, всебічно-рухомі, нерухомі, направляючі, утримуючі, опорні частини, які передають дію моменту як основну функцію, ті, що сприймають відрив, опорні частини розвідних мостів, залізобетонні шарніри, сейсмичні пристрої тощо;

– за конструкцією: пружні, коткові, балансірні, чашкові і сферичні і також направляючі і утримуючі ОЧ

### **3.76 опорна частина ковзання**

Опорна частина, яка реалізує переміщення прогонової будови відносно опори за рахунок перевищення сил тертя між елементами ОЧ

### **3.77 ортотропні плити**

Складаються із взаємно перпендикулярних поздовжніх і поперечних ребер, які приварені до листа настилу

### **3.78 основні або несні конструкції мосту**

Конструкції, що чинять опір впливам експлуатаційних навантажень

### **3.79 пантограф опорний**

Механічна опорна конструкція зі стержнями і шарнірами для рухомих рейок в модульних деформаційних швах, яка передає транспортні навантаження і забезпечує рівні проміжки між рейками

### **3.80 переріз шва**

Найменший розмір поперечного перерізу шва зварювання, з врахуванням зони проплавлення

### **3.81 перехідний шов**

Щілина між деформаційним швом та покриттям заповнена герметиком

### **3.82 підферменник**

Залізобетонний елемент опори, на якому розміщена ОЧ

### **3.83 поздовжні ребра**

Ребра відкритого і замкненого перерізів, що розміщені вздовж осі балки

### **3.84 позацентрово стиснуті стержні**

Це стержні, в яких сила стиску діє з постійним ексцентриситетом по всій довжині стержня, епюра моментів прямокутна і поперечні сили відсутні

### **3.85 полірована аустенітна сталь**

Сталь листів ковзання з малим коефіцієнтів тертя, за рахунок полірування до дзеркального вигляду (ступінь 1К), високої твердості і малого зносу при переміщеннях антифрикційного матеріалу

### **3.86 поперечні ребра (балки)**

Ребра (в основному таврового перерізу), які розміщені поперек поздовжньої осі балки

### **3.87 постійна підкладка**

Сталева підкладка, що залишається після зварювання в основній конструкції на постійній умові

### **3.88 проєктний строк служби**

Період протягом якого конструкція відповідає проєктним вимогам, при виконанні правил експлуатації

### **3.89 прокат листовий (rolled sheets)**

На вальцях лист прокатується тільки з двох боків, а кромки не прокатуються

### **3.90 прокат сортовий (rolled products)**

Характеризується тим, що дотична лінія, проведена з будь якої точки периметра контуру, переріз не перетинає. Наприклад, штаба, круг, квадрат, шестикутник

### **3.91 прокат фасонний (rolled sections)**

Характеризується тим, що хоч би одна дотична лінія, проведена з периметра контуру, переріз перетинає. Наприклад, кутики, таври, двотаври, швелери, рейки тощо

### **3.92 пружна опорна частина (ПОЧ)**

Загальна назва опорних частин з пружним елементом, на який передається реакція прогонової будови; реалізація проєктних переміщень здійснюється за рахунок пружності матеріалу

### **3.93 пружні розрахунки**

Розрахунки, у яких залежність між навантаженнями та деформаціями є лінійною

### **3.94 розвідні мости**

Мости, в яких прогонова будова через водну перешкоду переміщується для пропускання суден

### **3.95 розрахункові значення ефектів навантаження**

Є добутком від множення характеристичних значень на коефіцієнт надійності за матеріалом без врахування (або з врахуванням) динамічних ефектів

### **3.96 розрахункові значення механічних характеристик прокату і виробів**

Це частка від ділення характеристичних значень на коефіцієнт надійності за навантаженням

#### **3.97 сідло (saddle)**

Компонент, що являє собою місце (ложе) для канатів як правило наскрізне, що з'єднане з елементом мосту (пілоном, стояном) і дозволяє перегинати канати змінюючи їх напрям, і передаючи невеликі контактні поперечні напруження на канати

#### **3.98 сідло-сепаратор (splay saddle)**

Сідло, що дозволяє розділяти окремі канати (пасма)

#### **3.99 спіральний канат пасма (spiral strand)**

Канат з малою кількістю дротів, що лежить по спіралі навколо прямого дроту; як правило з малою кількістю дротів, що лежить по спіралі, 7 або 19 – дротової конфігурації

#### **3.100 спіральний мостовий канат (spiral bridge strand)**

Канат з великою кількістю дротів, що лежить по спіралі навколо центрального прямого дроту, як правило не менше 3 шарів, з наступними шарам зустрічних напрямків (як правило, але не обов'язково)

#### **3.101 стадія експлуатація**

Визначається як стадія життєвого циклу споруди, яка реалізуються, підтримується і відновлюється протягом заданого строку

#### **3.102 стадія спорудження**

Процес будівництва, який включає в себе всі організаційні, вишукувальні і проєктні, а також будівельно-монтажні роботи, що пов'язані зі створенням (або із зміною при реконструкції) споруди

#### **3.103 стисло-зігнуті стержні**

Це стержні, в яких епюра моментів відрізняється від прямокутної і діють поперечні сили

#### **3.104 стиснене кручення**

Кручення стержня, при якому крім дотичних, виникають нормальні напруження і виникає депланація перерізів

### **3.105 стяжка (clamp)**

Пристрій, що охоплює канат через визначені інтервали для утримання форми поперечного перерізу, або для передачі поперечних зусиль на канат (пучок)

### **3.106 стяжка-сепаратор (splay clamp)**

Те саме, що сідло-сепаратор, але не приєднане до конструкції мосту і що вільно висить на канатах

### **3.107 сходинка**

Вертикальна ділянка шва між рівнем проїзду і верхом бордюру

### **3.108 тертя кочення**

Взаємозв'язок між вертикальною силою на колесо і горизонтальною силою, потрібною для переміщення колеса, яка виникає в наслідок деформації колеса і поверхні кочення

### **3.109 товстолистовий прокат (thick-rolled sheet)**

Лист шириною до 3500 мм з товщинами (4 – 160) мм

### **3.110 тонколистовий прокат (thin-rolled sheet)**

Лист шириною від 500 мм до 4000 мм і товщинами (0,2 – 3,9) мм

### **3.111 тонкостінні перерізи**

Перерізи, в яких товщина стінок, як мінімум в 10 разів менше за довжину

### **3.112 траверсна балка**

Поперечна балка модульного деформаційного шва на яку спираються модулі (рейки і гумове заповнення)

### **3.113 траверсна балка поворотна**

Поперечна опорна балка модульного деформаційного шва яка забезпечує рівні зазори між модулями за рахунок повороту траверс

### **3.114 графік**

Всі учасники дорожнього руху: автомобілі; велосипеди; моторизовані засоби; пішоходи

### **3.115 фасонки**

Листовий елемент конструкції, до якого приєднуються інші елементи

### **3.116 фланцеві з'єднання**

Виконуються на болтах, встановлених на полицях таврів, кутиків або труб, і сприймають силу прикладену до стінок таврів, виступаючих полиць кутиків або до труб

### **3.117 фрикційні з'єднання**

У яких болти, за рахунок попереднього напруження працюють тільки на розтяг, а саме з'єднання на зсув

### **3.118 фторопласт (ПТФЕ)**

Матеріал згідно EN 1337-2, хімічна формула  $C_2F_4$ ; він також має назву тефлон

### **3.119 характеристичні (нормативні) значення**

Значення, характеризують розрахунковий параметр, з певною ймовірністю, і які вказані в нормативних документах; розрізняють характеристичні значення ефектів навантажень і опору

### **3.120 холодногнуті профілі (cold formed profiles)**

Листові заготовки з гарячекатаної сталі, які деформують без нагріву

### **3.121 центрально стиснуті стержні**

Це стержні, в яких сила стиску прикладена по центру ваги перерізу

### **3.122 чашкові опорні частини (ЧОЧ)**

Опорні частини, в яких гума в замкненій обоймі (в чаші) забезпечує кут повороту, а горизонтальні переміщення забезпечується ковзанням з використанням антифрикційного матеріалу

### **3.123 штабове ребро**

Плоске ребро постійної товщини

## **4 СКОРОЧЕННЯ**

CEV – вуглецевий коефіцієнт

HV – твердість металу швів за шкалою Віккерсу



КСU/КСV – ударна в'язкість

WPS – (Welding Procedure Specification) – це документ, який є настановою для виконання зварювання, яке відповідає вимогам норм та виробничих стандартів

ВМБ – високоміцні болти

ГАОЧ – гумові армовані опорні частини

МСМ (MSM) – Maurer Sliding Material (Маурер слизький матеріал) різновид ультрависокомолекулярного поліетилену (ultra-high molecular polyethylene UHMWPE) модифікованого різними добавками з покращеними характеристиками ковзання не охоплений EN 1337

ОЧ – опорна частина

П.Н.В. – пластична нейтральна вісь

ПВ – висока площинність

ПО – особливо висока площинність

ПОЧ – пружна опорна частина

ПТФЕ – фторопласт, тефлон (матеріал ковзання)

ЧОЧ – чашкові опорні частини.

## **5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

**5.1** Ці Норми встановлюють правила і вимоги, за якими проектується сталеві конструкції транспортної споруди, що відповідають своєму функціональному призначенню та мають такий рівень надійності, який гарантує безпечну експлуатацію протягом проектного строку служби.

**5.2** Проектування сталевих конструкцій виконують з дотриманням вимог відповідно до ДБН В.2.3-22. Зусилля в елементах розрахункових схем визначають від навантажень згідно з ДБН В.1.2-15. Виготовлення і монтаж конструкцій слід виконувати відповідно до ДБН А.3.1-5, ДСТУ 9054, ДБН В.1.2-5, ДСТУ EN 1090-2 та ДСТУ EN 1090-4. Клас виконання конструкцій відповідно до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1 має бути прийнято ЕХС-3

для мостів усіх призначень. Для допоміжних конструкцій мостів слід призначити ЕХС-2.

**5.3** При проектуванні сталевих конструкцій мостів рекомендується:

- при виборі статичних схем, віддавати перевагу таким, в яких відмова одного з елементів не призведе до руйнації споруди в цілому;
- забезпечити можливість огляду і ремонту елементів і вузлів споруди без зупинок в експлуатації;
- надавати перевагу конструкціям, в яких ресурс втомленості більший.

**5.4** Безвідмовність роботи елементів мосту протягом проектного строку експлуатації забезпечується при умові:

- належного виготовлення конструкцій, їх монтажу і відповідного контролю на всіх етапах спорудження;
- розрахунків витривалості, які підтверджують потрібний строк роботи без тріщин втомленості;
- створення умов для заміни елементів, які мають бути замінені з часом;
- оцінки в проекті аварійних ситуацій;
- утворення спеціального захисту для несних конструкцій, розташованих поруч з проїздом, де наїзд транспорту вірогідний (наприклад, посиленого бар'єрного огородження);
- захисту від корозії елементів і з'єднань; фрикційні з'єднання на високоміцних болтах потребують спеціального захисту;
- забезпечення доступу для огляду і ремонту для підтримання проектного технічного стану; елементи, які не можуть бути оглянуті і пофарбовані в процесі експлуатації (наприклад, внутрішній простір замкнених елементів ферм, замкнених ребер плит, тощо) мають бути загерметизовані від проникнення вологи і кисню в середину; у місцях можливого накопичення і застою води утворювати отвори діаметром 20 – 25 мм;
- при неможливості нормальної експлуатації слід збільшувати товщину прокату, застосовувати біметалевий прокат або спеціальний антикорозійний

захист для елементів, розташованих в ґрунті або у воді (наприклад, стінок труб фундаментів опор);

– захисту сталевих ортотропних плит проїзду водонепроникним покриттям і гідроізоляцією, яка забезпечує гарантований зв'язок плити з покриттям;

– для збільшення довговічності покриття проїзної частини автодорожніх мостів допускається збільшувати товщину елементів ортотропної плити, параметри яких знайдено за критеріями міцності, стійкості та витривалості.

**5.5** Проектування сталевих конструкцій мостів усіх призначень необхідно виконувати відповідно до вимог ДСТУ ХХХ:20ХХ «Правила виконання проєктної та робочої документації металевих будівельних конструкцій».

**5.6** Всі конструктивні відмінності у кресленнях КМД у порівнянні з кресленнями КМ мають бути погоджені з авторами проєкту до початку виготовлення конструкцій. Завод-виробник конструкцій також має погодити з авторами проєкту марки прокату сталі, зварювальні матеріали та метизи до початку їх закупівлі.

**5.7** Навантаження для проектування та розрахунку міцності і стійкості сталевих водопропускних та дорожніх труб слід приймати згідно з вимогами ДБН В.1.2-15.

**5.8** Розрахунок міцності та стійкості сталевих конструкцій водопропускних та дорожніх труб, а також їх елементів та з'єднань слід виконувати згідно з вимогами ДБН В.2.6-198.

**5.9** Товщину засипки над трубами слід приймати за розрахунком, але не менше ніж вказано в таблиці 5.4 ДБН В.2.3-22.

## **6 МАТЕРІАЛИ ТА НАПІВФАБРИКАТИ**

### **6.1 Прокат і сталеві вироби**

**6.1.1** Для несних та допоміжних конструкцій мостів слід застосовувати матеріали, вироби та напівфабрикати, що наведені в додатку Б.

**6.1.2** Базовими механічними характеристиками прокату і виробів, які використовуються для розрахунків і які надаються в нормативних документах є:

$R_{yl}$  – опір текучості; приймається як характеристичне (нормативне) значення;

$R_{ul}$  – тимчасовий опір; приймається як характеристичне (нормативне) значення.

**6.1.3** У розрахунках показники матеріалу для конструкційних сталей, охоплених цією частиною Єврокоду, необхідно приймати такими:

– модуль пружності  $E = 210\ 000$  МПа;

– модуль зсуву  $G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \approx 81\ 000$  МПа.

– коефіцієнт Пуассона у пружній стадії  $\nu = 0,3$ ;

– коефіцієнт лінійного температурного розширення  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ .

**Примітка.** При розрахунку вплив на сталезалізобетонну конструкцію від різниці температур залізобетонної плити і сталевий балки коефіцієнт лінійного температурного розширення приймається рівним  $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ .

## **6.2 Канатні елементи**

**6.2.1** Для мостів підвісних систем канатні елементи з анкерними закріпленнями виробляються спеціалізованими підприємствами.

**6.2.2** Розрахунки канатних елементів і технічні умови виготовлення мають відповідати наданим в додатку Л.

**6.2.3** Розтягнуті елементи з суцільних стержнів із зварними або різьбовими закріпленнями можуть проектуватися за чинними нормами.

## **6.3 Спеціальні вироби**

**6.3.1** До спеціальних виробів належать опорні частини і деформаційні шви.

**6.3.2** Розрахунки опорних частин і деформаційних швів і технічні умови виготовлення мають відповідати наданим в додатках П і Р.

**6.3.3** Допускається за чинними нормами проектувати коткові і балансірні (тангенційні) опорні частини і деформаційні шви, крім деформаційних швів модульних конструкцій.

## **7 РОЗРАХУНКИ. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

### **7.1 Граничні стани**

**7.1.1** Розрахунки сталевих конструкцій базуються на двох групах граничних станів.

**7.1.2** Розрахунки за першою групою граничних станів, або за станом аварійної руйнації конструкції, розділені на:

- перевірку міцності;
- перевірку стійкості;
- перевірку витривалості;
- перевірку стійкості положення.

При розрахунках сталевих конструкцій за другою групою граничних станів, або за експлуатаційною придатністю, оцінюють наступні параметри:

- деформації основних конструкцій (прогинів, кутів повороту);
- рівень коливань (частоту і амплітуди);
- темпи росту тріщин втомленості в другорядних (не основних) елементах конструкції;
- стійкість другорядних (не основних) елементів конструкції;
- темпи корозії елементів і з'єднань.

Окремо слід зазначити, що для безпечної експлуатації мосту, слід забезпечити:

- проєктний стан опорних частин і деформаційних швів;
- відсутність руйнації покриття, гідроізоляції і огорожень проїзду.

**7.1.3** Експлуатаційна надійність мосту має бути забезпечена виконанням наступних вимог:

а) вимоги з обмеження пружних прогинів згідно з ДБН В.2.3-22 для запобігання:

ДБН В.2.3-26:202Х

- дискомфорту пішоходів та пасажирів транспортних засобів;
- динамічних впливів на споруду.

б) вимоги з обмеження коливань для запобігання:

- дискомфорту пішоходів та пасажирів транспортних засобів;
- появи резонансних явищ;
- появи надмірного шуму.

в) вимоги з обмеження дефектів проїзду для запобігання збільшення динамічних впливів оцінюються розрахунками витривалості елементів плит проїзду.

Якщо немає інших спеціальних вимог завдання на проєктування, експлуатаційний граничний стан має прийматися згідно з чинними нормами.

**Примітка.** Аеропружні явища слід досліджувати для мостів комбінованих систем, вантових, висячих, аркових, рамних, та мостів, у яких період власних коливань перевищує 1 секунду. Оцінку коливань слід досліджувати за частотами, амплітудами та прискореннями.

**7.1.4** Для кожного граничного стану елемента, перерізу, з'єднання і споруди в цілому має виконуватися умова:

$$E_d / R_d \leq m, \quad (7.1)$$

де  $E_d$  – функція навантаження (значення розрахункового узагальненого впливу – зусилля, деформації тощо). Значення  $E_d$  – це добуток від множення характеристичного значення  $E_k$ , на коефіцієнти надійності за навантаженням  $\gamma_f$ , на динамічні коефіцієнти  $(1 + \mu)$ , а також на коефіцієнт надійності за відповідальністю  $\gamma_r$ .

$R_d$  – функція опору (значення розрахункового узагальненого опору перерізу або з'єднання). Значення  $R_d$  – це частка від ділення його характеристичного значення  $R_k$  на коефіцієнт надійності  $\gamma_M$ .

$m$  – коефіцієнт умов робіт (**таблиця 7.1**).

$\gamma_M$  – коефіцієнт надійності (враховує відхилення від номінальних значень механічних властивостей матеріалу і геометричних параметрів).

## **7.2 Класи перерізів**

**7.2.1** Перевірка перерізів елементів виконується в залежності від появи залишкових деформацій, навантажень і виду розрахунків, як надано в додатку А.

**7.2.2** При всіх розрахунках, опір локальній втраті стійкості елементів перерізу має бути забезпечений для всіх класів перерізів.

## **7.3 Розрахунки**

**7.3.1** Розрахункові схеми мають бути побудовані на основі стержньових елементів, в перерізах яких слід знаходити зусилля: нормальні і поперечні сили, згинальні моменти і, в разі необхідності, крутні моменти. Перевірки мають вестися на основі цих зусиль для вибраних перерізів стержня.

Розміри перерізів не приймаються до уваги, і перевірка міцності принципово не відрізняється для перерізу балки жорсткості мосту в цілому і перерізу прокатного виробу.

Розрахункові схеми, що складені тільки з плитних елементів, слід розглядати як допоміжні. Вони мають використовуватися для оцінки нерівномірності розподілу нормальних напружень по ширині ортотропних плит, для оцінки всіх компонентів напружень в опорних вузлах, у вузлах анкерування вант, в місцях різкої зміни перерізу тощо.

**7.3.2** При знайденні зусиль в елементах конструкцій навантаження, впливи та відповідні коефіцієнти приймаються згідно з ДБН В.1.2-15 і для розрахунків витривалості з врахуванням згідно з додатком Ж.

Зусилля, напруження та деформації в елементах конструкції слід знаходити в припущенні пружної роботи конструкції або елемента, якщо це не призводить до похибки більше ніж на 5 %. Врахування геометричної нелінійності для монтажних стадій спорудження вантових і висячих мостів є обов'язковим.

Перерозподіл внутрішніх зусиль за рахунок пластичних деформацій у перерізах може враховуватися за умови спеціального обґрунтування.

**7.3.3** У стержньових розрахункових схемах врахування жорсткості вузлів у решітчастих фермах має виконуватися як правило. Допускається приймати з'єднання шарнірними, якщо при такому припущенні конструкція зберігає свою незмінюваність, при цьому для головних ферм відношення висоти перерізу до довжини елементів не перевищує 1:15. Додаткові напруження в поясах ферм від деформації підвісок слід враховувати незалежно від відношення висоти перерізу до довжини елемента поясу.

**7.3.4** За вісь стержньових елементів приймається лінія, що з'єднує центри ваги їх перерізів. При визначенні положення центру ваги перерізу послаблення його отворами болтових з'єднань не враховується, а послаблення перфорацією приймається постійним по всій довжині елемента. При зміщенні осі елемента наскрізних ферм відносно лінії, що з'єднує центри вузлів, ексцентриситет треба враховувати:

– для І та ІІ-подібних, коробчастих і елементів з двох швелерів – 1,5 % висоти перерізу;

– для Т та Н-подібних елементів – 0,7 % висоти перерізу.

Згинальні моменти від зміщення осей елементів розподіляються між усіма елементами, що сходяться у вузлі, пропорційно до їхньої жорсткості і обернено пропорційно до довжини. При цьому кожен згинальний момент слід приймати таким, що дорівнює добутку ексцентриситету на максимальну величину зусилля в даному елементі в основній розрахунковій системі.

В елементах в'язей з болтовими з'єднаннями кутиків, центрованих по рисках, найближчих до обушка, припускається не враховувати ексцентриситет, що виникає.

**7.3.5** При розрахунках міцності і витривалості конструкцій слід застосовувати геометричні характеристики перерізів – нетто, а для розрахунків стійкості – брутто.

## **7.4 Коефіцієнти умов робіт**

**7.4.1** Коефіцієнти умов роботи для елементів і з'єднань слід приймати згідно з таблицею 7.1.



**Таблиця 7.1** – Коефіцієнти умов роботи для елементів і з'єднань

Стадія роботи	Типи мостів	Коефіцієнт умов роботи, $m$
Експлуатація	Залізничні мости і мости суміщені з залізницею; пішохідні мости;	0,9
	Всі інші типи мостів	1,0
Монтаж і транспортування	Для всіх мостів	1,0
<b>Примітки:</b>		
1. Залізничними мостами тут названі мости, що розраховані на навантаження СК відповідно до ДБН В.1.2-15.		
2. Мости під потяги метро або інший міський рейковий транспорт не відносяться до залізничних мостів.		

**7.4.2** Для елементів суміщених мостів з залізничним рухом, де вплив залізничного транспорту менший за 50 % від сумарних рухомих навантажень, коефіцієнт  $m$  допускається приймати рівним 0,95.

## 7.5 Опори перерізів і елементів

**7.5.1** Характеристичні значення опорів перерізів і з'єднань з прокату, лиття, і поковок для різних типів напруженого стану надані в таблиці **7.2**.

**7.5.2** Розрахункові опори слід приймати як частку від ділення характеристичних значень опорів для різних типів навантажень, на коефіцієнти надійності, значення яких наведені в таблиці **7.3**.

**7.5.3** Коефіцієнти надійності опору надані в залежності від типів розрахунків, від різновиду елементів і з'єднань. Коефіцієнти, що надані в таблиці **Таблиця 7.3**, характеризують похибки в оцінюванні опорів матеріалів і з'єднань, які викликані механічними властивостями матеріалу, розмірами перерізів, недосконалістю розрахункових моделей тощо.

**Таблиця 7.2** – Характеристичні значення опорів перерізів і з'єднань

Напружений стан перерізу або елементів з'єднань	Характеристичні значення опорів
Розтяг, стиск і згин перерізів	$R_{y,k} = R_{yn}$
Зріз перерізів	$R_{s,k} = 0,58 \cdot R_{yn}$
Зминання плоскої поверхні (при підгонці)	$R_{p,k} = R_{un}$
Зминання циліндричних поверхонь в шарнірах (цапфах) опорних частин при щільному дотику	$R_{lp,k} = 0,5 \cdot R_{un}$
Болтові з'єднання	Опір зминанню, зрізу і розтягу слід приймати відповідно до додатку К
Провушини	Опір зминанню циліндричних поверхонь

	пальця і провусини, опір зрізу пальця, опір розриву і зрізу провусини слід приймати відповідно до додатку К
Коткові опорні частини	Опір зминанню на контактні циліндричної і сферичної поверхні з плоскою поверхнею, або двох сферичних поверхонь між собою слід приймати відповідно до додатку Р
Стикові шви: – стиск-розтяг, зріз і згин	Приймаються, як для основного металу, відповідно до додатку Н
Кутові шви: – зріз умовний по металу шва – зріз умовний по металу сплавлення	Приймаються відповідно до додатку Н $R_{w,f} = 0,55 \cdot R_{w,un}$ $R_{w,z} = 0,45 \cdot R_{un}$
$R_{yn}$ – опір текучості, напруження, при яких залишкові деформації становлять 0,2% із забезпеченістю 95%. $R_{un}$ – тимчасовий опір, напруження, яке дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передуює руйнації, до початкової площі зразка. $R_{w,un}$ – тимчасовий опір наплавленого металу шва.	

**Таблиця 7.3** – Значення коефіцієнтів надійності

Типи розрахунків	Позначення	Значення
Опір згину, стиску і розтягу, включаючи місцеву втрату стійкості при пружній і пластичній роботі елементів з вуглецевої і низьколегованої сталі	$\gamma_{M0}$	1,0
Опір при втраті стійкості при розрахунках стійкості	$\gamma_{M1}$	1,1
Опір прокатних розтягнутих елементів розриву	$\gamma_{M2}$	1,25
Опір елементів і з'єднань		
Опір канатних розтягнутих елементів розриву	$\gamma_{M2}$	1,6
Опір з'єднань на болтах	$\gamma_{M2}$	1,25
Опір з'єднань на заклепках		
Опір з'єднань на пальцях		
Опір зварних з'єднань		
Опір лиття і поковок		
Опір листів при зминанні		
Опір на зсув для фрикційних з'єднань у граничному стані за міцністю (категорія С згідно ДСТУ-Н Б 1993-1-8)	$\gamma_{M3}$	Дивись додаток К
Опір на зсув для фрикційних з'єднань у граничному стані за експлуатаційною придатністю (категорія В згідно ДСТУ-Н Б 1993-1-8)	$\gamma_{M3,ser}$	1,1
Опір на зминання ін'єкційних болтів	$\gamma_{M4}$	1,0
Опір вузлів з пустотних профілів решітчастих ферм	$\gamma_{M5}$	1,0
Опір пальців у граничному стані за експлуатаційною придатністю	$\gamma_{M6,ser}$	1,0
Попереднє напруження високоміцних болтів	$\gamma_{M7}$	1,1

## 8 РОЗРАХУНКИ МІЦНОСТІ

### 8.1 Загальне

Розрахунки міцності мають виконуватися для всіх без виключення конструкцій і з'єднань, приймаючи граничний стан відповідно до розділу 7.1.

Розрахунки міцності умовно розділені за напруженим станом: на розтяг, стиск, згин і зріз. При необхідності виконуються розрахунки кручення.

## 8.2 Розрахунки перерізів класу 1. Пружні розрахунки

**8.2.1** Перевірку міцності при пружних розрахунках за критерієм обмеження величини еквівалентних напружень для критичної точки перерізу допускається застосовувати без обмежень за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq \frac{m}{\gamma_{M0}} \cdot R_{yn}, \quad (8.1)$$

де  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  – нормальні напруження в критичній точці вздовж осей  $x$ ,  $y$  і дотичні напруження від дії розрахункових навантажень;

$m$  – коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 7.1;

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$\gamma_{M0}$  – коефіцієнти надійності, за таблицею **Таблиця 7.3**.

Перевірка за формулою (8.1) несе певні запаси міцності і не враховує розвиток обмежених пластичних деформацій. Перевірка має виконуватися в тому випадку, коли неможливо виконати перевірку міцності на основі діючих зусиль  $N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ ,  $Q_{Ed}$  в перерізі.

**8.2.2** Пружні розрахунки перерізів елементів підданих дії нормальної сили і згину в двох площинах відносно осей  $x$ ,  $y$  слід виконувати за формулою:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Ed}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \leq m, \quad (8.2)$$

де  $N_{Ed}$ ,  $M_{x,Ed}$  і  $M_{y,Ed}$  – діючі в перерізі розрахункова нормальна сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$ .

$N_{Rd}$ ,  $M_{x,Rd}$  і  $M_{y,Rd}$  – розрахункові опори перерізу нормальній силі і згину відносно осей  $x$  і  $y$ . Опори слід розраховувати за формулами:

$$N_{Rd} = R_{yn} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}, \quad (8.3)$$

$$M_{Rd,x} = R_{yn} \cdot \frac{W_{eff,x}}{\gamma_{M0}}, \quad (8.4)$$

$$M_{Rd,y} = R_{yn} \cdot \frac{W_{eff,y}}{\gamma_{M0}}. \quad (8.5)$$

де  $A_{eff}$ ,  $W_{eff,x}$  і  $W_{eff,y}$  – ефективні: площа, і моменти опору перерізу відносно осей  $x$  і  $y$  відповідно. *Ефективні* геометричні характеристики слід знаходити для перерізів з широкими полицями де присутня нерівномірність розподілу нормальних напружень по ширині. Їх слід знаходити з використанням *ефективної* ширини плит  $b_{eff}$  згідно додатку В.

**8.2.3** Формулу (8.2) слід використовувати, в тому числі, якщо один, або два з членів навантажень  $N_{Ed}$ ,  $M_{x,Ed}$  і  $M_{y,Ed}$  дорівнює нулю.

**8.2.4** Для перерізів з отворами розрахунковий опір  $N_{Rd}$  розтягу слід приймати меншим з двох значень з формул (8.6) і (8.7), а опір стиску за формулою (8.6):

$$N_{y,Rd} = \frac{A_n \cdot R_{yn}}{\gamma_{M0}}, \quad (8.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_n \cdot R_{un}}{\gamma_{M2}}. \quad (8.7)$$

де  $R_{yn}$ , і  $R_{un}$  – опір текучості і тимчасовий опір; характеристичні значення;  $\gamma_{M0}$  і  $\gamma_{M2}$  – коефіцієнти надійності, за таблицею **7.3**;  $A_n$  – площа перерізу нетто.

### 8.3 Розрахунки перерізів класу 2. Пружно-пластичні розрахунки

**8.3.1** Розрахунки міцності позацентрово-стиснутих і стиснуто-зігнутих, позацентрово-розтягнутих і розтягнуто-зігнутих стержнів при вигині у двох головних площинах слід виконувати за формулою:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{x,Ed}}{\kappa_x \cdot W_{x,eff}} + \frac{M_{y,Ed}}{\kappa_y \cdot W_{y,eff}} \leq \frac{m \cdot R_{yn}}{\gamma_{M0}}, \quad (8.8)$$

де  $A_{eff}$ ,  $W_{x,eff}$  і  $W_{y,eff}$  – ефективні площа та моменти опору відносно головних осей  $x$  і  $y$ .

Характеристики знаходяться з використанням коефіцієнтів редукції  $\beta$  для перерізів у пружно-пластичному стані за додатком В.3.

$\kappa_x$  і  $\kappa_y$  – коефіцієнти збільшення опору перерізів за рахунок появи обмежених пластичних деформацій, відносно головних осей  $x$  і  $y$ .

**8.3.2** Коефіцієнт  $\kappa$ , для двотаврових, коробчастих і таврових перерізів в залежності від відношення площі меншого поясу  $A_{f,min}$  до площі стінок  $A_w$  допускається приймати за формулою:

$$\kappa = 1,2 \cdot \left( 1 - 0,15 \cdot \left( \frac{A_{f,min}}{A_w} \right)^{\frac{2}{3}} \right) \leq 1,0, \quad (8.9)$$

Для інших перерізів:

- для кільцевих  $\kappa = 1,1$ ;
- для прямокутних суцільних  $\kappa = 1,2$ ;
- для Н-подібних  $\kappa = 1,2$ ;

Для таврового перерізу  $A_{f,min} = 0$ .

**8.3.3** При розрахунках з врахуванням появи пластичних деформацій, для елементів, що сприймають зусилля різних знаків, слід обмежити розмах напружень при пружних розрахунках за формулою:

$$\sqrt{(\sigma_{max} - \sigma_{min})^2 - 3 \cdot (\tau_1 - \tau_2)^2} \leq \frac{1,8 \cdot m \cdot R_{yn}}{\gamma_{M0}}, \quad (8.10)$$

де  $\sigma_{max}$  і  $\sigma_{min}$  – розрахункові максимальні і мінімальні (зі своїми знаками) нормальні напруження в точці, що перевіряється, мають бути обчислені в припущенні пружної роботи матеріалу, відповідно;

$\tau_1$  і  $\tau_2$  – дотичні напруження в точці, що перевіряється (з урахуванням їх знаків), обчислені відповідно від тих же навантажень, що і  $\sigma_{max}$  та  $\sigma_{min}$ .

У разі невиконання умови (8.10), елемент слід розраховувати тільки за умови пружної роботи перерізу.

## 8.4 Елементи, що піддані зрізу

**8.4.1** Значення дотичних напружень  $\tau$  для перерізів класу 1 при пружних розрахунках мають задовольняти умову:

$$\tau = \frac{Q_{Ed} \cdot S_x}{I_x \cdot t} \leq \frac{m}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{R_{yn}}{\sqrt{3}}, \quad (8.11)$$

де  $Q_{Ed}$  – розрахункова поперечна сила в перерізі;

$S_x$  – статичний момент частини, що зсувається;

ДБН В.2.3-26:202Х

$I_x$  – момент інерції перерізу;

$t$  – товщина стінки.

Інші позначення наведені вище.

За наявності послаблення стінки отворами болтових з'єднань замість товщини стінки  $t$  у формулу (8.16) слід підставити значення

$$t_{ef} = t \cdot \frac{a-d}{a}, \quad (8.12)$$

де  $a$  – крок болтів;  $d$  – діаметр отвору.

**8.4.2** Для перерізів класу 2, розрахункова величина зрізу  $Q_{Ed}$  для всіх типів перерізів має задовольняти умову:

$$Q_{Ed} \leq Q_{pl,Rd}, \quad (8.13)$$

де  $Q_{pl,Rd}$  – розрахунковий пластичний опір зрізу оцінюється виходячи з прямокутної епюри напружень в стінках і дорівнює:

$$Q_{pl,Rd} = \frac{m}{\gamma_{M0}} \cdot A_Q \cdot \frac{R_{yn}}{\sqrt{3}}, \quad (8.14)$$

де  $A_Q$  – площа зрізу, яка дорівнює:

– площі стінок (для перерізів із стінками):  $A_Q = h_w \cdot t_w$ ;

– для труб:  $A_Q = \frac{2 \cdot A}{\pi}$ .

де  $A$  – площа поперечного перерізу;

$h_w$  – висота стінки;

$t_w$  – товщина стінки.

## 8.5 Елементи, що піддані крученню

**8.5.1** У відкритих перерізах впливами вільного кручення можна нехтувати (із-за малості напружень), а в замкнених перерізах допускається не враховувати вплив стисненого кручення. Тобто, рекомендується виконувати розрахунки елементів відкритого перерізу на стиснене кручення, а елементів замкненого перерізу на вільне кручення.

**8.5.2** Одночасний вплив вільного і стисненого кручення допускається не враховувати.

**8.5.3** Напружений стан при вільному крученні характеризують появою дотичних напружень за формулою:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t}, \quad (8.15)$$

де  $M_t$  – діючий крутний момент в перерізі;

$W_t$  – крутний момент опору; допускається знаходити згідно додатку Г.

**8.5.4** Напружений стан при стисненому крученні характеризують появою нормальних напружень за формулою:

$$\sigma = \frac{B_\omega}{I_\omega} \cdot \omega = \frac{B_\omega}{W_\omega}, \quad (8.16)$$

де  $B_\omega$  – бімомент;

$\omega$  – секторіальна координата;

$I_\omega$  – секторіальний момент інерції;

$W_\omega = \frac{I_\omega}{\omega}$  – секторіальний момент опору.

**8.5.5** Загальний напружений стан елемента, що підданий впливу нормальної сили, згинальних моментів і стисненому крученню, можна охарактеризувати формулою для нормальних напружень:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} \cdot y + \frac{M_y}{I_y} \cdot x = \frac{B_\omega}{I_\omega} \cdot \omega, \quad (8.17)$$

де  $N$ ,  $M_x$  і  $M_y$  – нормальна сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$ ;

$A$ ,  $I_x$  і  $I_y$  – площа і моменти інерції відносно осей  $x$  і  $y$ ;

$x$ ,  $y$  – координати для точки відносно головних осей.

Останній член  $\frac{B_\omega}{I_\omega} \cdot \omega$  у формулі (8.17) відповідає за підрахунок

нормальних напружень, що виникають при стисненому крученні.

У перерізах стержня, крім нормальних напружень можуть виникнути і дотичні по формулі:

$$\tau_\omega = -\frac{M_\omega \cdot S_\omega}{I_\omega \cdot \delta}, \quad (8.18)$$

де  $M_\omega$  – момент при стисненому крученні;

ДБН В.2.3-26:202Х

$I_{\omega}$  – секторіальний момент інерції;

$S_{\omega}$  – секторіальний статичний момент;

$\omega$  – секторіальна площа (координата);

$\delta$  – товщина стінки відкритого профілю.

Моменти при стисненому крученні  $B_{\omega}$  і  $M_{\omega}$  можуть бути знайдені за формулами довідників, або за спеціальними програмами.

## 8.6 Елементи, що піддані згину і зрізу

**8.6.1** Для перерізів класу 1 перевірка міцності для критичної точки перерізу виконується за формулою (8.1).

**8.6.2** Для перерізів класу 2 при дії дотичних напружень менших 50% від граничних, впливом зрізу на опір згину допускається нехтувати. При дії дотичних напружень більших 50% від граничних ( $\tau \geq 0,5 \cdot \frac{R_{yn}}{\sqrt{3}}$ ), при розрахунках опору перерізів на згин, слід ввести зменшувальний коефіцієнт  $(1-\rho)$  до розрахункового опору текучості за формулою:

$$m \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot (1-\rho), \quad (8.19)$$

де  $\rho = \left( 2 \cdot \frac{Q_{Ed}}{Q_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$  – при зрізі;

$\rho = \left( 2 \cdot \frac{Q_{Ed}}{Q_{pl,T,Rd}} - 1 \right)^2$  – при крученні;

$Q_{pl,Rd}$  знаходиться за формулою (8.14).

**8.6.3** Для перерізів класу 3 при дії розрахункової сили зрізу більше за 50% від сили опору, розрахунковий опір на згин слід зменшити, відповідно до додатку А п. А.4.4 (2).

## 9 КАНАТНІ ЕЛЕМЕНТИ МОСТІВ ПІДВІСНИХ СИСТЕМ

**9.1** Розрахунки міцності сталевих канатів виконуються відповідно до додатку Л.



**9.2** Поздовжню повзучість  $\varepsilon_{cr,x}$  сталевих спіральних і закритих канатів слід приймати за даними виробника, але не менше 0,15 мм/м. Для зменшення величини  $\varepsilon_{cr,x}$  виробник канатів за вимогами завдання на проектування має виконувати попереднє циклічне навантаження канатів (5 циклів від нуля до рівня нормативних постійних навантажень).

**9.3** Поперечну повзучість  $\varepsilon_{cr,y}$  сталевих спіральних і закритих канатів слід приймати за даними виробника канатів.

**9.4** Для канатів з паралельними дротами повзучість допускається не враховувати.

## 10 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ СТЕРЖНІВ І БАЛОК

**10.1** Розрахунки стійкості виконуються в припущенні лінійної залежності між зусиллями і деформаціями сталі в межах пружності. Розрізняють плоску форму втрати стійкості, яку характеризує вигин в одній площині і згинально-крутну форму, яку характеризує вигин із скручуванням.

**10.2** Розрахунки при *плоскій формі втрати стійкості* суцільностінчастих елементів замкнутого і відкритого перерізів, підданих центральному стиску, стиску зі згином і позацентровому стиску при згині в площині найбільшої гнучкості, слід виконувати за формулою:

$$\frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot N_{Rd}} \leq m, \quad (10.1)$$

де  $N_{Ed}$  – розрахункова сила стиску;

$$N_{Rd} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \text{ – розрахунковий опір перерізу;}$$

$$N_{Rk} = A \cdot R_{yn} \text{ – характеристичний опір перерізу;}$$

$A$  – переріз елемента, брутто;

$R_{yn}$  – характеристичний опір текучості сталі;

$\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього згину, що визначається за додатком Д.2 в залежності від гнучкості елемента  $\lambda$  і приведенного відносного ексцентриситету  $e_{ef}$ ;

ДБН В.2.3-26:202Х

$\gamma_{M1} = 1,1$  – коефіцієнт надійності для розрахунків стійкості;

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1).

Гнучкість елемента  $\lambda$  слід визначати за формулою

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \quad (10.2)$$

де  $l_{ef}$  розрахункова або ефективна довжина елемента; визначається згідно розділу 12;

$i$  – радіус інерції перерізу в напрямку осі найбільшої гнучкості.

Приведений відносний ексцентриситет  $e_{ef}$  слід визначати за формулами таблиці 10.1.

**Таблиця 10.1** – Визначення ексцентриситетів

Формула	Визначення	Пояснення
$e = M/N$	Розрахунковий ексцентриситет	Знаходиться, як частка від ділення моменту на силу стиску. $M$ – момент знаходиться згідно розділу 10.3
$e_{rel} = e / \rho$	Відносний ексцентриситет	Дорівнює розрахунковому ексцентриситету поділеному на ядрову відстань $\rho = W_c / A$ (частка від ділення моменту опору найбільш стиснутого волокна на площу перерізу) Інакше, знаходиться як частка від ділення напружень стиску від моменту на напруження стиску від дії сили $e_{rel} = \sigma_M / \sigma_N$
$\eta$	Коефіцієнт форми перерізу	Знаходиться згідно додатку Д.3
$e_{ef} = \eta \cdot e_{rel}$	Приведений відносний ексцентриситет	Враховує напружений стан, геометричні характеристики і чутливість перерізу до згину

**10.3** Розрахункові значення поздовжньої сили  $N$  і згинального моменту  $M$  в елементі слід приймати для одного й того ж сполучення навантажень. При цьому, значення  $M$  необхідно приймати таким, що дорівнює:

– для елементів постійного перерізу рамних систем – найбільшому моменту в межах довжини елемента;

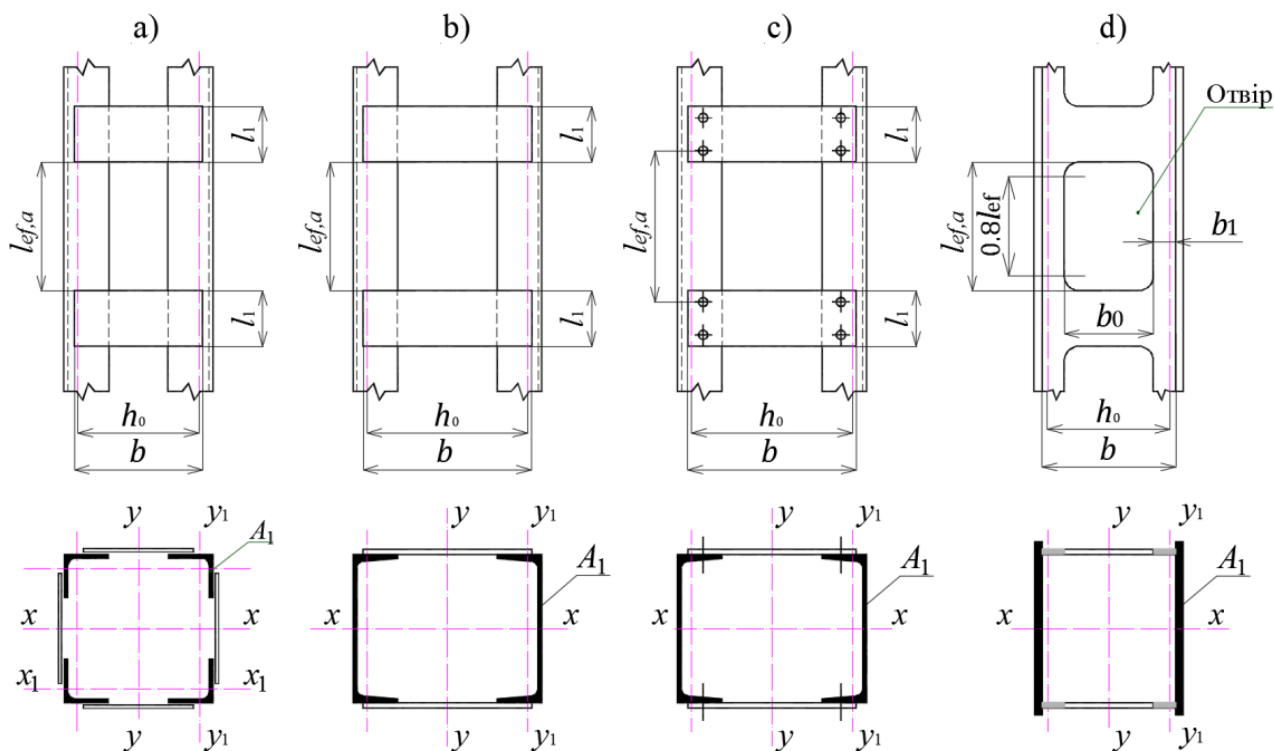
– для елементів з одним защемленим, а іншим вільним кінцем – моменту в заправленні, але не меншим ніж момент в перерізі, що знаходиться на третині довжини елемента від защемлення;

– для стиснутих поясів ферм, що сприймають позавузлове навантаження, – найбільшому моменту в межах середньої третини довжини панелі поясу, що визначається з розрахунків поясу як нерозрізної балки;

– для стиснутих стержнів із шарнірно-обпертими кінцями і перерізами, що мають одну вісь симетрії, яка збігається з площиною згину, – моменту, що визначається за формулами додатку Д.3.

Для стиснутих стержнів з шарнірно-обпертими кінцями і перерізами, що мають дві осі симетрії, розрахункові значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$  слід визначати відповідно до додатку Д.3.

**10.4** Розрахунки при плоскій формі втрати стійкості наскрізних елементів замкнутого перерізу, гілки яких з'єднано планками або перфорованими листами при центральному стиску, стиску зі згином і позацентровому стиску слід виконувати по формулі (10.1).



**Рисунок 10.1** – Наскрізні прямокутні стержні з планками і перфорованими листами

Розрахунки стійкості наскрізних елементів виконують для елемента в цілому і для окремих гілок (рисунок 10.1):

– елементу в цілому в залежності від гнучкості гілки  $\lambda_{ef}$  при вигині в площині, що перпендикулярна і паралельна до площини планок і перфорованих листів, відносно осей  $x-x$  і  $y-y$ , відповідно;

– окремих гілок – в залежності від гнучкості гілки  $\lambda_a$ , що розрахована відносно мінорної осі.

Приведену гнучкість наскрізного елемента  $\lambda_{ef}$  в площині з'єднувальних планок і перфорованих листів слід визначати за формулою

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_a^2}, \quad (10.3)$$

де  $\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$  гнучкість наскрізного елемента в площині з'єднувальних планок або перфорованих листів;

$$\lambda_a = \frac{l_{ef,a}}{i_a} \text{ – гнучкість окремої гілки;}$$

$\lambda_{ef}$  – розрахункова довжина наскрізного елемента в цілому;

$\lambda_{ef,a}$  – розрахункова довжина окремої гілки, приймається як відстань у просвіт між привареними планками або відстань між центрами крайніх болтів сусідніх планок, або 0,8 довжини вирізу в перфорованому листі (рисунок 10.1);

$i_a$  – радіус інерції перерізу гілки відносно власних осей вигину.

При підрахунку площі перерізу, моменту інерції і радіусу інерції елемента слід приймати еквівалентну товщину  $t_{ef}$  яку визначають:

– для перфорованих листів шириною  $b$ , довжиною  $l$  і товщиною  $t$  – за формулою:

$$t_{ef} = \frac{t \cdot (A - \sum A_i)}{A}, \quad (10.4)$$

де  $A = b \cdot l$  – площа листа до утворення перфорації;

$\sum A_i$  – сумарна площа всіх перфорацій на поверхні листа;

– для з'єднувальних планок товщиною  $t$  – за формулою:

$$t_{ef} = \frac{t \cdot \sum l_i}{l}, \quad (10.5)$$

де  $\sum l_i$  сума довжин всіх планок елемента (вздовж елемента);

$l$  – довжина елемента.

Наскрізні елементи з деталей, з'єднаних впритул або через прокладки, треба розраховувати як суцільні, якщо найбільші відстані між болтами, у

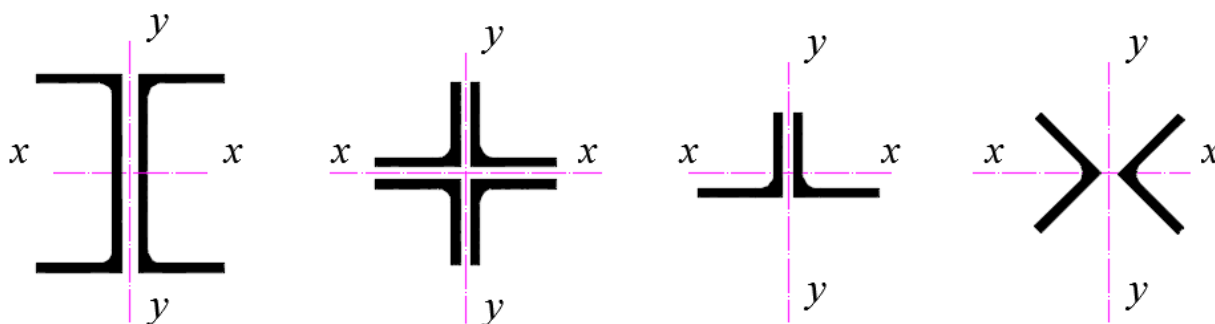
просвіт між привареними планками або між центрами крайніх болтів сусідніх планок не перевищують:

- для стиснутих елементів –  $40 \cdot i$ ;
- для розтягнутих елементів –  $80 \cdot i$ .

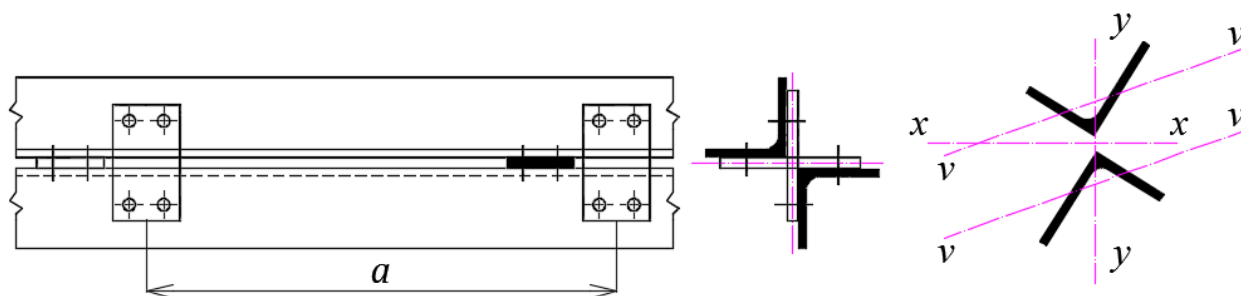
Тут  $i$  – радіус інерції кутика або швелера, приймається для складених таврових або двотаврових перерізів відносно осі, паралельної площині розташування прокладок, для хрестових перерізів радіус інерції – мінімальним. При цьому в межах довжини стиснутого елемента має бути не менше двох прокладок.

**10.5** Складені близько розташовані елементи, що контактують між собою в місцях прокладок (рисунки 10.2 і 10.3) слід перевіряти на втрату стійкості, як єдиного елемента за формулою (10.1), якщо:

- зсув в місцях контактів сприймається з'єднанням;
- виконується умова, що надана в таблиці 10.2.



**Рисунок 10.2** – Складені елементи з близько розташованими гілками



**Рисунок 10.3** – Складені зіркоподібні елементи парою прокладок

Для випадку нерівнополичних кутиків, дивись рисунок 10.3, стійкість відносно осі  $x - x$  можна розрахувати за формулою:

$$i_x = \frac{i_0}{1,15}, \quad (10.6)$$

де  $i_0$  – мінімальний радіус інерції складеного елемента.

**Таблиця 10.2** – Максимальний крок між з'єднаннями

Тип з'єднання	Максимальний крок між центрами з'єднань
Елементи з'єднані на болтах або зварюванням через прокладки ( <b>рисунок 10.2</b> )	$15 \cdot i_{\min}$
Елементи з'єднані парою прокладок ( <b>рисунок 10.3</b> )	$70 \cdot i_{\min}$
$i_{\min}$ – мінімальний радіус інерції одної гілки	

**10.6** Для суцільностінчастих елементів, що мають тільки одну вісь симетрії, втрата стійкості виникає за *згинально-крутною формою*, навіть при центральному стиску.

У таблиці **10.3** надані формули для перевірки згинально-крутної втрати стійкості елементів з одною віссю симетрії у при  $I_x > I_y$  для центрально-стиснутих елементів, для позацентрово-стиснутих в одній і в двох площинах, а також для зігнутих елементів. Формули для знаходження критичних зусиль  $N_{cr}$  та  $M_{cr}$  надані в додатку Д.4.

**Таблиця 10.3** – Перевірка згинально-крутної втрати стійкості елементів

№ формул	Перевірка стійкості	Гнучкість для визначення $\varphi_c$ або $\varphi_b$
Центрально стиснуті елементи з одною віссю симетрії у при $I_x > I_y$		
9.5.1	$\frac{N_{Ed}}{\varphi_c \cdot N_{Rd}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{EA / N_{cr}}$
Позацентровий стиск або стиск з вигином в площині, що співпадає з площиною симетрії у при $I_x > I_y$		
9.5.2	$\frac{N_{Ed}}{\varphi_c \cdot N_{Rd}} + \frac{M_{Ed,x}}{\varphi_c \cdot M_{Rd,x}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr}(1 + e_{rel,y})}}$ $e_{rel,y} =  e_y \cdot A / W_{x,c} $
Стиск + вигин у двох площинах для стержня з площиною симетрії у при $I_x > I_y$		
9.5.3	$\frac{N_{Ed}}{\varphi_c \cdot N_{Rd}} + \frac{M_{Ed,x}}{\varphi_c \cdot M_{Rd,x}} + \frac{M_{Ed,y}}{\varphi_c \cdot M_{Rd,y}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr}(1 + e_{rel,y} + e_{rel,x})}}$ $e_{rel,y} =  e_y \cdot A / W_{x,c} $ ; $e_{rel,x} =  e_x \cdot A / W_{y,c} $
Згин балки в площині симетрії у при $I_x > I_y$		
9.5.4	$\frac{M_{Ed,x}}{\varphi_b \cdot M_{Rd,x}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \sqrt{EW_c / M_{cr}}$ $\varphi_b$ при $e_y = 0$

	Згин у двох площинах для балки з площиною симетрії у при $I_x > I_y$	
9.5.5	$\frac{M_{Ed,x}}{\varphi_b \cdot M_{Rd,x}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \sqrt{EW_c / M_{cr}}$ $\varphi_b \text{ при } e_{rel} = \eta \cdot e_{rel},$ $\text{де } e_{rel} = \frac{\sigma_{f,h}}{\sigma_{f,v}}$

У таблиці позначено:

$m$  – коефіцієнт умов робіт за таблицею 7.1;

$N_{Ed}$  і  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  – діючі розрахункові сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$  відповідно;

$N_{Rk} = R_{yn} \cdot A$  і  $M_{Rk,x} = R_{yn} \cdot W_{x,c}$ ,  $M_{Rk,y} = R_{yn} \cdot W_{y,c}$  – характеристичні опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей  $x$  і  $y$ , відповідно; де,  $A$  і  $W_{x,c}$ ,  $W_{y,c}$  – площа перерізу і моменти опорів для найбільш стиснутого волокна перерізу відносно осей  $x$  і  $y$ .

$N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_{M1}$  і  $M_{Rd,x} = M_{Rk,x} / \gamma_{M1}$ ,  $M_{Rd,y} = M_{Rk,y} / \gamma_{M1}$  – розрахункові опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей  $x$  і  $y$  відповідно; де  $\gamma_{M1}$  – коефіцієнт надійності для розрахунків стійкості, що дорівнює 1,1.

$\varphi_c$  і  $\varphi_b$  – коефіцієнти поздовжнього вигину для стиснутих і для зігнутих стержнів;

$e_y$  і  $e_x$  – ексцентриситети сили  $N_{Ed}$  відносно центра ваги перерізу в напрямі осей  $y$  і  $x$  відповідно;

$\eta$  – коефіцієнт впливу форми перерізу, що визначається за додатком Д;

$\sigma_{f,h}$  – найбільше напруження в стиснутому поясі від дії згинального моменту в горизонтальній площині в перерізі, що знаходиться в межах середньої третини незакріпленої довжини стиснутого поясу балки;

$\sigma_{f,v}$  – те саме, в вертикальній площині;

$\lambda$  і  $\lambda_y$  – гнучкості при згинально-крутній формі втрати стійкості.

**10.7** Перевірка загальної стійкості розрізної балки і стиснутої зони поясу нерозрізної балки не виконується у випадках, якщо стиснутий пояс об'єднаний залізобетонною або сталеву плитою.

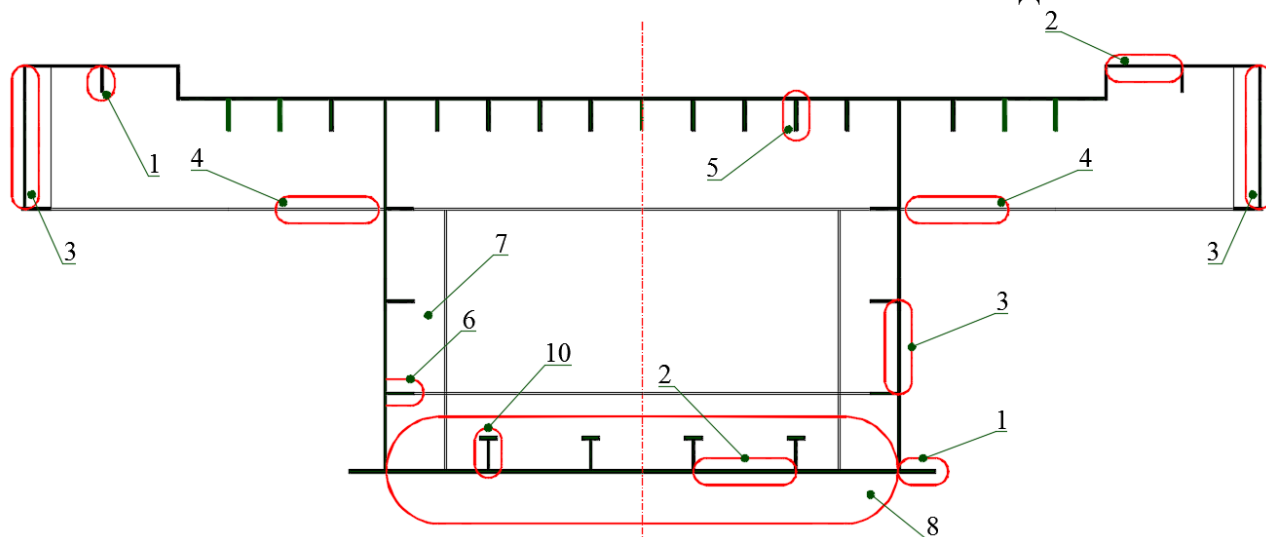
## **11 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ ПОЛИЦЬ І СТІНОК ЕЛЕМЕНТІВ, НЕ ПІДКРІПЛЕНИХ РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ**

**11.1** Сталеві конструкції несних конструкцій мостів, що виготовлені з ортотропних плит (плит з системою взаємно перпендикулярних поздовжніх і поперечних ребер), мають бути умовно розділені на окремі елементи, стійкість яких має бути перевірена.

Номерами на рисунку **11.1** вказані елементи, які розділені по способах розрахунку стійкості, а саме:

1. Перевірка стійкості пластинок, обпертих по одній стороні.
2. Перевірка стійкості пластинок, обпертих по двох сторонах.
3. Перевірка стійкості відсіків стінок головних балок, обмежених поздовжніми і поперечними ребрами.
4. Перевірка стійкості стиснутих поясів поперечних балок плити проїзду.
5. Перевірка стійкості стінок поздовжніх ребер плит проїзду.
6. Перевірка достатності жорсткості поздовжнього ребра на стінці, як опори для утворення відсіку.
7. Перевірка достатності поперечних ребер на стінках головних балок для утримання стінок і утворення жорсткого поперечника.
8. Розрахунки стійкості стиснутої плити в цілому на згин між поперечними балками.
9. Перевірка достатності поперечних балок для утримання стиснутої плити.
10. Розрахунки стійкості стиснутих поздовжніх ребер.





**Рисунок 11.1** – Перелік плитних елементів, що потребують перевірки стійкості

**11.2** Пластинки елементів поперечного перерізу повинні мати достатній опір проти втрати стійкості. При конструюванні балок стійкість пластинок допускається забезпечувати певним відношенням ширини пластинки до товщини  $b/t$ . Оцінку стійкості допускається виконувати за формулою:

$$b/t = k \cdot \sqrt{E / \sigma_{x,c}}, \quad (11.1)$$

де  $k$  – параметр, який слід приймати за таблицею **11.1**;

$\sigma_{x,c}$  – напруження стиску вздовж пластинки при рівномірному розподілу напружень ширині;

$E$  – модуль пружності;

$b$  – розрахункова ширина пластинки;

$t$  – товщина пластинки;

– для циліндричних труб, діаметром  $D$   $D/t = 2,8 \cdot \sqrt{E / \sigma_{x,c}}$ ;

– для прямокутних труб  $b/t = 1,7 \cdot \sqrt{E / \sigma_{x,c}}$

**Таблиця 11.1** – Визначення параметру  $k$  для оцінки стійкості

Елементи і перерізи	$k$	Ширина, $b$
Для плит обпертих одною кромкою (рівномірний стиск вздовж кромки)		
Полки, стінки і звиси (з пружним закріпленням кромки)	0,56	½ ширини поясів двотаврів і таврів;
		ширина полок швелерів;
		відстань від кромки і першим рядом болтів або зварним швом;
		повна ширина пера кутика в місцях контактів.
Стінка тавра	0,75	повна висота тавру;

(з пружним закріпленням кромки)		
Пір'я кутиків, та інше (з шарнірним закріпленням кромки)	0,45	повна ширина пера вільного кутика; повна ширина звисів;
Для плит обпертих двома кромками (рівномірний стиск вздовж кромок)		
Коробчасті перерізи	1,4	відстань між рядами болтів або швами зварювання;
		відстань між ребрами;
Стінки двотаврів, швелерів та інше	1,49	відстань між поясами;
		відстань між двома ребрами;
Перфоровані листи	1,86	відстань між кромками

(1) Для елементів типів 1 і 2 (дивись **рисунок 11.1**), а саме для стиснутих пластинок, що закріплені по одній або по двох кромках, відношення ширини пластинки до товщини  $b/t$ , слід приймати за формулою (11.1) в запас, користуючись даними таблиці **11.1**. У разі врахування перекосу епюри напружень і ступенем защемлення кромок слід користуватися формулою (11.2).

(2) Для елементів типу 3 (**рисунок 11.1**), а саме відсіків стінок, підданих дії нормальних напружень  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і дотичних напружень  $\tau_{xy}$ , розрахунки стійкості слід виконувати відповідно до додатку Е.1.

(3) Для елементів типу 4 (**рисунок 11.1**), а саме стиснутих поясів поперечних балок ортотропних плит, їх звиси слід розраховувати як пластинки типу 1, а втрату стійкості поясу з площини стінки слід виконувати як для стиснутого стержня, відповідно до розділу 10.

(4) Для елементів типу 5 (**рисунок 11.1**), а саме стиснутих кромок поздовжніх ребер ортотропних плит проїзду при згині, слід виконувати розрахунки відповідно до додатку Е.

(5) Для елементів типу 6 (**рисунок 11.1**), штабових поздовжніх ребер на стінках, слід виконувати розрахунки стійкості як для типу 1, і виконувати перевірку достатності перерізу ребра по утриманню стінки відповідно до додатку Е.2.

(6) Для елементів типу 7 (**рисунок 11.1**), поперечних ребер на стінках, слід виконувати перевірку достатності перерізу ребра по утриманню стінки з

поздовжніми ребрами і по утриманню відкритого стиснутого поясу відповідно до додатку Е.2.

(7) Для елементів типу 8 (**рисунок 11.1**), стиснутих ортотропних плит (лист настилу з поздовжніми ребрами) між поперечними балками слід виконувати перевірку стійкості відповідно до додатку Е.3.

(8) Для елементів типу 9 (**рисунок 11.1**), поперечних балок ортотропних плит слід виконувати перевірку жорсткості відповідно до додатку Е.3.

(9) Для елементів типу 10 (**рисунок 11.1**), таврових і штабових поздовжніх ребер стиснутих плит слід виконувати перевірку стійкості ребра як стержня між поперечними балками на стійкість згину і крученню, відповідно до додатку Е.2.

**11.3** Для відповідальних випадків (у випадках коли втрата стійкості призведе до перерозподілу зусиль в перерізі), оцінка стійкості пластинок має бути виконана за допомогою комп'ютерних програм.

**11.4** Допускається користуватися таблицею 11.2, в запас, для визначення відношення  $b/t$  для рівномірно стиснутих з напруженням  $\sigma_{x,c}$ , пластинок типу 1 (обпертих по одній кромці) і типу 2 (обпертих по двом кромкам) в припущенні шарнірного обпирання кромки.

**Таблиця 11.2** – Визначення відношення ширини пластинки до товщини  $b/t$

Напруження $\sigma_{x,c}$ МПа	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420
	Відношення ширини до товщини пластинки											
Тип 1 · $k = 10,45$	14,6	13,9	13,3	12,8	12,3	11,9	11,5	11,2	10,9	10,6	10,3	10,1
Тип 2 · $k = 1,40$	45,4	43,3	41,4	39,8	38,3	37,0	35,9	34,8	33,8	32,9	32,1	31,3

**11.5** Для врахування защемлення кромки і врахування перекосу епюри напружень по ширині пластинки, стійкість полиць і стінок елементів, не підкріплених ребрами жорсткості, при середніх дотичних напруженнях, що не перевищують  $0,2 \cdot \sigma_x$  слід забезпечувати призначенням відношення висоти стінки або ширини поясу ( $h_w, b_f$ ) до товщини стінки або поясу ( $t_w, t_f$ ) не більше ніж:

$$h / t \text{ або } b / t \leq 0,951 \cdot \alpha \cdot \sqrt{E / \sigma_{x, cr, ef}}, \quad (11.2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що знаходиться за формулами (11.3) та (11.4);

$\sigma_{x,cr,ef}$  – приведені критичні напруження, які знаходяться за таблицею **11.4** приймаючи за критичні  $\sigma_{x,cr}$  найбільші нормальні напруження стиску діючі в елементі  $\sigma_{x,max}$  (додатні при стисканні).

Коефіцієнт  $\alpha$  для пластинок, обпертих з одного боку, слід знаходити за формулою (11.3), а для пластинок обпертих з обох боків – за формулою (11.4).

$$\alpha = \left(1 + \frac{3,1}{3 \cdot \nu + 4}\right) \cdot \sqrt{0,405 + 0,085\xi^2}, \quad (11.3)$$

$$\alpha = \left(1 + \frac{0,96}{10 \cdot \nu + 3}\right) \cdot \sqrt{4 + 3,8\xi^{2,33}}, \quad (11.4)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт защемлення пластинки, що знаходиться за формулами таблиці **11.3** не може мати від'ємне значення і в цьому випадку слід примати  $\nu = \infty$ . Значення  $\nu = 0$  означає защемлення кромки; значення  $\nu = \infty$  шарнірне обпирання.

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує перекус епюри напружень по границях пластинки і визначається (для перерізів бруто) за формулою:

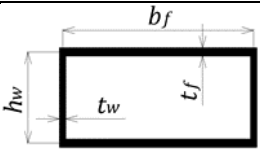
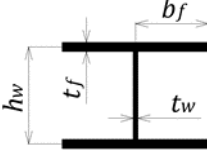
$$\xi = 1 - \frac{\sigma_{x,min}}{\sigma_{x,max}}, \quad (11.5)$$

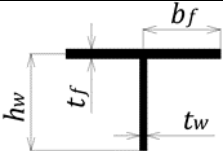
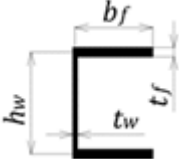
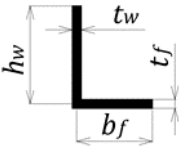
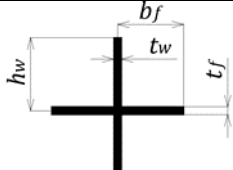
де  $\sigma_{x,max}$  і  $\sigma_{x,min}$  – максимальне і мінімальне поздовжні нормальні напруження по поздовжніх границях пластинки, додатні при стисканні, знайдені при пружних розрахунках.

$\delta = b_f / h_w$  – відношення ширини поясу до ширини стінки;

$\beta = t_w / t_f$  – відношення товщини стінки до товщини поясу.

**Таблиця 11.3** – Визначення коефіцієнта защемлення пластинки

Тип перерізу елемента	Коефіцієнти защемлення пластинок $\nu$	
	Стінки	Полиці
 Коробчастий	$\nu_1 = \beta^3 \cdot \frac{0,38}{1 - \beta^2 \cdot \delta^2}$	$\nu_2 = \frac{1}{\beta^3} \cdot \frac{0,38}{1 - 1/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$
 Двотавровий	$\nu_3 = \beta^3 \cdot \frac{0,16 + 0,0056/\delta}{1 - 9,4 \cdot \beta^2 \cdot \delta^2}$	$\nu_4 = \frac{1}{\beta^2} \cdot \frac{2}{1 - 0,106/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$

 <p>Тавровий</p>	$v_1 = \beta^3 \cdot \frac{1}{1 - \beta^2 \cdot \delta^2}$	$v_6 = \frac{1}{\beta^3 \cdot \delta} \cdot \frac{2}{1 - 1/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$		
 <p>Швелерний</p>	$v_7 = 2 \cdot v_3$	$v_8 = 0,5 \cdot v_4$		
 <p>Кутиковий для полиці висотою <math>h_w</math></p>	-	для перерізу кутика при $b_f / h_w$		
		1,0	0,667	0,50
		$v_9 = \infty$	$v_9 = 10$	$v_9 = 5,2$
 <p>Хрестовий</p>	$v_{10} = \infty$	$v_{10} = \infty$		

Таблиця 11.4 – Приведені критичні напруження

Клас міцності	Значення $\sigma_{x,max} = \sigma_{x,cr}$ , МПа	Формули для визначення $\sigma_{x,cr,ef}$ , МПа
С245	$\leq 180$	$1,111 \cdot \sigma_{x,cr}$
	$180 \leq 210$	$(1,868 - 2,42 \cdot \sqrt{1 - 1000 \cdot \sigma_{x,cr} / E}) \cdot E / 1000$
	$> 210$	390
С345	$\leq 190$	$1,111 \cdot \sigma_{x,cr}$
	$190 \leq 290$	$(2,544 - 2,62 \cdot \sqrt{1 - 724 \cdot \sigma_{x,cr} / E}) \cdot E / 1000$
	$> 290$	530
С390	$\leq 210$	$1,111 \cdot \sigma_{x,cr}$
	$210 \leq 350$	$(2,868 - 2,778 \cdot \sqrt{1 - 600 \cdot \sigma_{x,cr} / E}) \cdot E / 1000$
	$> 350$	600

## 12 РОЗРАХУНКОВІ ДОВЖИНИ

**12.1** Розрахункові довжини  $l_{ef}$  елементів головних ферм, за винятком елементів перехресної решітки, слід приймати за таблицею 12.1.

**Таблиця 12.1** – Визначення розрахункових довжин елементів головних ферм

Напрямок поздовжнього згинання	Розрахункова довжина $l_{ef}$		
	поясів	опорних розкосів і опорних стійок*	інших елементів решітки
1. У площині ферми	$l$	$l$	$0,8 \cdot l$
2. З площини ферми	$l_1$	$l_1$	$l_1$

$l$  – геометрична довжина елемента (відстань між центрами вузлів) у площині ферми;  
 $l_1$  – відстань між вузлами, закріпленими від зміщення з площини ферми  
\* Розрахункову довжину опорних розкосів і опорних стійок біля проміжних опор нерозрізних прогонових будов треба приймати як для інших елементів решітки.

**12.2** Розрахункову довжину  $l_{ef}$  елемента, вздовж якого діють різні стискальні зусилля  $N_1$ ,  $N_2$  (причому  $N_1 > N_2$ ), з площини ферми (з трикутною решіткою, зі шпренгелем або з напіврозкісною тощо) слід обчислювати за формулою

$$l_{ef} = l_1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot N_2 / N_1), \quad (12.1)$$

де  $l_1$  – відстань між вузлами, закріпленими від зміщення з площини ферми (таблиця 12.1).

Розрахунок стійкості в цьому випадку треба виконувати на зусилля  $N_1$ .

Застосування формули (12.1) припускається при розтягувальній силі  $N_2$ , у цьому випадку значення  $N_2$  слід приймати зі знаком “мінус”, а  $l_{ef} \geq 0,5 \cdot l_1$ .

**12.3** Розрахункові довжини  $l_{ef}$  елементів перехресної решітки головної ферми треба приймати:

– у площині ферми такими, що дорівнюють  $0,8 \cdot l$ ; де  $l$  – відстань від центру вузла ферми до точки їхнього перетину;

– з площини ферми: для стиснутих елементів – за таблицею **12.2**; для розтягнутих елементів – такими, що дорівнюють повній геометричній довжині елемента  $l_{ef} = l_1$ , де  $l_1$  – (таблиця 12.1).

**Таблиця 12.2** – Визначення розрахункових довжин елементів з площини ферми при підтримувальному елементі

Конструкція вузла перетину решітки	Розрахункова довжина $l_{ef}$ з площини ферми при підтримувальному елементі, що є		
	розтягнутим	не працюючим	стиснутим
Обидва елементи не перериваються	$l$	$0,7 \cdot l_1$	$l_1$

Підтримувальний елемент не переривається	$0,7 \cdot l_1$	$l_1$	$1,4 \cdot l_1$
Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою	$0,7 \cdot l_1$	–	–

**12.4** При перевірці загальної стійкості балки розрахункову довжину стиснутого поясу необхідно приймати такою, що дорівнює:

- відстані між вузлами ферми поздовжніх в'язей – при наявності поздовжніх в'язей у зоні верхніх і нижніх поясів і поперечних в'язей в опорних перерізах;

- відстані між фермами поперечних в'язей – при наявності поздовжніх в'язей тільки в зоні розтягнутих поясів, при цьому ферми поперечних в'язей мають бути центровані з вузлами поздовжніх в'язей, а гнучкість поясів зазначених ферм має не перевищувати 100;

- прогону балки – при відсутності в прогоні поздовжніх і поперечних в'язей;

- відстані від кінця консолі до найближчої площини поперечних в'язей за опорним перерізом консолі – при навісному монтажі прогонової будови або поздовжнім насуванням.

**12.5** Розрахункову довжину стиснутого поясу головної  $l_{ef}$  балки або ферми «відкритої» прогонової будови, що не має поздовжніх в'язей в цьому поясі, треба визначати з розрахунку стійкості стержня на пружних опорах, стиснутого змінною за довжиною поздовжньою силою.

Припускається визначати зазначену розрахункову довжину за формулою

$$l_{ef} = \mu \cdot l, \quad (12.2)$$

де  $l$  – довжина поясу, що дорівнює розрахунковому прогону для балок і ферм із паралельними поясами, повній довжині поясу для балок із криволінійним верхнім поясом і ферм із полігональним верхнім поясом;  
 $\mu$  – коефіцієнт розрахункової довжини.

Коефіцієнти розрахункової довжини  $\mu$  для поясів балок і ферм із паралельними поясами приймається за таблицею **12.3**.

Коефіцієнти розрахункової довжини  $\mu$  для ферми з полігональним або балки з криволінійним верхнім поясом необхідно визначати за таблицею **12.3**, при цьому найбільше переміщення  $\delta$  приймається для рами, розташованої в середині прогону.

**Таблиця 12.3** – Визначення коефіцієнтів розрахункової довжини  $\mu$

$\xi$	0	5	10	15	30	60	100	150	200	300	500	1000	> 1000
$\mu$	0,696	0,524	0,443	0,396	0,353	0,321	0,290	0,268	0,246	0,225	0,204	0,174	$\mu_1$

**Примітки:**  
 1. Якщо отримана розрахункова довжина  $l_{ef} < 1,3 \cdot d$ , то її слід визначати з розрахунку стійкості стержня на пружних опорах.  
 2. Для проміжних значень  $\xi$  коефіцієнт  $\mu$  визначається за лінійною інтерполяцією.

У таблиці **12.3** позначено:

$$\mu_1 = 0,174 \cdot \sqrt[4]{1000 / \xi}, \quad (12.3)$$

$$\xi = \frac{l^4}{16 \cdot d \cdot \delta \cdot E \cdot I_m}, \quad (12.4)$$

де  $d$  – відстань по довжині мосту між рамами, що утримують пояс від поперечних горизонтальних переміщень;

$\delta$  – найбільше горизонтальне переміщення вузла рами (крім опорних рам) від одиничної сили  $F = 1$ ;

$I_m$  – середнє (по довжині прогону) значення моменту інерції стиснутого поясу балки (ферми) відносно вертикальної осі.

**12.6** Розрахунок арок за стійкістю рекомендується виконувати в пружних просторових схемах з урахуванням спільної роботи арок і елементів проїзної частини і елементів, що її підтримують.

При перевірці загальної стійкості арки суцільного сталого перерізу припускається визначати розрахункову довжину  $l_{ef}$  у її площині за формулою (12.2), де  $\mu$  визначається як

$$\mu_1 = \pi \cdot \sqrt{8 \cdot a / \zeta}, \quad (12.5)$$

де  $l$  – довжина прогону арки;



$\alpha = f / l$  – коефіцієнт ( $f$  – стріла підйому арки);

$\zeta$  – коефіцієнт, що приймається за таблицею **12.4**. Значення  $\zeta$  для двошарнірної арки перемінного перерізу, при зміні її моменту інерції в межах  $\pm 10\%$  середнього його значення за довжиною прогону, допускається визначати за таблицею **12.4**, приймаючи при цьому  $EI_a$  у чверті прогону.

У всіх випадках розрахункова довжина  $l_{ef}$  арки в її площині має бути не менше відстані між вузлами прикріплення стійок або підвісок.

**Таблиця 12.4** – Визначення коефіцієнта  $\zeta$  в залежності від типу арки

Поз	Тип арки	Коефіцієнт $\zeta$
1	Двошарнірна з їздою знизу з гнучкою затяжкою*, що з'єднана з аркою підвісками	$\zeta = 2 \cdot \zeta_1$
2	Безшарнірна	$\zeta = 2 \cdot \zeta_1 + \alpha \cdot \zeta_1$
3	Тришарнірна	менше із $\zeta = \zeta_1$ або $\zeta = \zeta_2$
4	Двошарнірна з нерозрізною балкою жорсткості, що з'єднана з аркою стійками	$\zeta = \zeta_1 + (0,95 + 0,7 \cdot \alpha^2) \cdot \beta \cdot \zeta_1$

$\zeta_1$  та  $\zeta_2$  – коефіцієнти, що приймаються за таблицею **12.5**;  
 $\alpha = f/l$  формула (12.5);  
 $\beta = E \cdot I_b / E \cdot I_a$ ; де  $I_b$  і  $I_a$  – моменти інерції балки жорсткості і арки, відповідно;  
\* при відношенні згинальної жорсткості балки до арки, більше ніж 0,8, розрахункова довжина арки знаходиться як для двошарнірної з нерозрізною балкою жорсткості, що з'єднана з аркою стійками.

**Таблиця 12.5** – Визначення коефіцієнтів  $\zeta_1$  та  $\zeta_2$

$\alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$\zeta_1$	28,5	45,4	46,5	43,9	36,8	30,5	20,0	14,1
$\zeta_2$	22,5	39,6	47,3	49,2	44,0	–	–	–

Для проміжних значень  $\alpha$  коефіцієнти  $\zeta_1$  і  $\zeta_2$  треба визначити за лінійною інтерполяцією.

**12.7** Розрахункову довжину  $l_{ef}$  елементів поздовжніх і поперечних в'язей з будь-якою решіткою, крім хрестової, треба приймати такою, що дорівнює:

- у площині в'язей – відстані  $l_2$  між центрами прикріплень елементів в'язей до головних ферм або балок, а також балок проїзної частини;
- з площини в'язей – відстані  $l_3$  між точками перетину осей елементів в'язей з осями крайніх рядів болтів прикріплення фасонки в'язей до головної ферми або балки, а також балок проїзної частини.

Розрахункову довжину  $l_{ef}$  перехресних елементів в'язей треба приймати:

– у площині в'язей – такою, що дорівнює відстані від центру прикріплення елемента в'язей до головної ферми або балки, а також до балки проїзної частини, до точки перетину осей в'язей;

– з площини в'язей – для розтягнутих елементів такою, що дорівнює  $l_3$ ; для стиснутих елементів за таблицею **12.2**, приймаючи при цьому за відстань  $l$  від точки перетину осі елемента в'язей з віссю крайнього ряду болтів прикріплення фасонки в'язей до точки перетину осей елементів в'язей, за  $l_1$  відстань  $l_3$ .

Для елементів в'язей із будь-якою решіткою, крім хрестової, з одиночних кутиків розрахункова довжина  $l_{ef}$  приймається такою, що дорівнює відстані  $l$  між крайніми болтами прикріплення їхніх кінців. При хрестовій решітці в'язей  $l_{ef} = 0,6 \cdot l$ . Радіус інерції перерізів елементів треба приймати мінімальним  $i = i_{\min}$ .

**12.8** У суцільностінчастих балках розрахункову довжину  $l_{ef}$  опорних стійок, що складаються з одного або кількох опорних ребер жорсткості і ділянок стінки, що примикають до них, слід визначати за формулою:

$$l_{ef} = \mu \cdot l_c, \quad (12.6)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт розрахункової довжини;

$l_c$  – довжина опорної стійки балки, що дорівнює відстані від верху домкратної балки до верхнього поясу або до найближчого вузла поперечних в'язей.

Коефіцієнт розрахункової довжини опорної стійки слід визначати за формулою:

$$\mu = \sqrt{\frac{n + 0,56}{n + 0,14}}, \quad (12.7)$$

У «відкритих» прогонових будовах приймається  $n = 0$ , інакше за формулою:

$$n = \frac{l_c \cdot I_r}{I_c \cdot l_r}, \quad (12.8)$$

де  $I_c$  і  $I_r$  – моменти інерції перерізу опорної стійки і розпірки з площини стінки, відповідно;

$l_c$  і  $l_r$  момент інерції перерізу і довжина розпірки поперечних в'язей, відповідно;

При визначенні площі і моменту інерції опорного ребра до складу його перерізу слід включати ділянки стінки, що примикають до нього. З кожного боку ребра –  $b_1 = 0,5 \cdot t \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$ , а між ребрами не більше –  $b_2 = 1,4 \cdot t \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$ .

### 13 ГРАНИЧНА ГНУЧКІСТЬ СТЕРЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**13.1** Гнучкість стержневих елементів  $\lambda$  має не перевищувати значень, наведених у таблиці 13.1.

**Таблиця 13.1** – Визначення максимальної гнучкості стержневих елементів

Елементи конструкції	Максимальна гнучкість стержневих елементів мостів $\lambda$		
	залізничних та пішохідних	автомобільних та міських	
Стиснуті та стиснуто-розтягнуті елементи головних ферм; стійки опор; розтягнуті елементи поясів головних ферм.	100	120	
Розтягнуті елементи головних ферм, крім поясів; елементи яких служать для зменшення розрахункової довжини $l_{ef}$	150	150	
Пояси ферм поперечних в'язей, в рівні яких відсутні поздовжні в'язі або плита, що об'єднана з поясами головних балок	100	100	
Елементи поздовжніх в'язей головних ферм та поздовжніх балок, а також гальмівних в'язей	стиснутих	130	150
	розтягнутих	130	180
Елементи поперечних в'язей	на опорі	130	150
	у прогоні	150	150
Гілки складеного елемента,	стиснутих	40	40
	розтягнутих	50	50
Гнучкість в таблиці знаходиться за формулою $\lambda = l_{ef} / i$ ; де $l_{ef}$ та $i$ – розрахункова довжина та радіус інерції елемента.			

## 14 РОЗРАХУНКИ ВИТРИВАЛОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

**14.1** Розрахунки витривалості сталевих елементів мостів всіх систем і призначень слід виконувати відповідно до додатку Ж.

При розрахунках клас міцності сталі і загальний рівень напруження від сумарної дії постійних і змінних навантажень не приймається до уваги. Оцінка витривалості оцінюється лише по розмаху циклічних напружень, який порівнюється з граничними розмахами напружень, отриманими при випробуваннях, і які наведені для основних типів елементів і з'єднань. При розрахунках існує можливість оцінювати кількість циклів навантажень для деталі протягом заданого строку служби мосту і виконувати перевірку витривалості при отриманій кількості циклів.

**14.2** Розрахунки витривалості залізничних мостів допускається виконувати відповідно до пункту 14.3. При цьому, результати знайдені за розрахунком за пунктом 14.3 рекомендується порівняти з результатами, які отримані при розрахунках виконаних відповідно до додатку Ж, і приймати більш несприятливі значення.

**14.3** Розрахунки витривалості елементів сталевих конструкцій і з'єднань залізничних мостів (крім сталевих канатних елементів) допускається виконувати за формулами:

$$\sigma_{\max,ef} \leq \gamma_{fat} \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_M} \cdot m, \quad (14.1)$$

$$\tau_{\max,ef} \leq 0,75 \cdot \gamma_{fat} \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_M} \cdot m, \quad (14.2)$$

де  $\sigma_{\max,ef}$  – абсолютне найбільше значення нормальних напружень – додатне при розтягу;

$\tau_{\max,ef}$  – абсолютне найбільше значення дотичних напружень для розрахунків кутових швів ;

$\gamma_{fat}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок втомленості, слід знаходити за формулою

$$\gamma_{fat} = \frac{1}{\zeta \cdot \vartheta \cdot [(\alpha \cdot \beta \pm \delta) - (\alpha \cdot \beta \mp \delta) \cdot \rho]} \leq 1,0, \quad (14.3)$$

У формулі (14.3) верхні знаки (+ або –) приймаються:

– при розрахунках для формули (14.1), якщо  $\sigma_{max} > 0$ ;

– і завжди при розрахунках для формули (14.2).

$\zeta$  – коефіцієнт дорівнює 1,0 для залізничних мостів;

$\vartheta$  – коефіцієнт, що залежить від довжини завантаження  $\lambda$  лінії впливу при розрахунках  $\sigma_{max}$ ; при  $\lambda \geq 22\text{м}$  –  $\vartheta = 1$ , а при  $\lambda < 22\text{м}$  –  $\vartheta = \nu - \xi \cdot \lambda$ .

Коефіцієнти  $\nu$  та  $\xi$  слід визначати за таблицею 14.2;

$\alpha$  та  $\delta$  – коефіцієнти, що враховують марку сталі і змінність режиму навантаження, визначаються за таблицею 14.1.

$\beta$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, визначається за додатком И;

$\rho$  – коефіцієнт асиметрії циклів змінних напружень визначається за формулами:

$$\rho = \sigma_{min} / \sigma_{max}, \quad (14.4)$$

$$\rho = \tau_{min} / \tau_{max}, \quad (14.5)$$

$\sigma_{min}$ ,  $\sigma_{max}$  та  $\tau_{min}$ ,  $\tau_{max}$  – найменші та найбільші за абсолютними значеннями напружень із своїми знаками, що знайдені в тому самому перерізі.

**14.4** Розрахунки витривалості відповідно до додатку И і пункту 14.3 базуються на значеннях номінальних напружень – напружень, в перерізі або елементі, які знайдені без врахування локальних ефектів концентрації напружень, наприклад, біля швів зварювання або біля отворів. Для випадків, в яких ефект концентрації напружень не охоплений стандартними табличними випадками, оцінку витривалості слід виконувати по локальним напруженням відповідно до вимог ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9.

**Таблиця 14.1** – Визначення коефіцієнтів  $\alpha$  та  $\delta$ 

Нормативний опір текучості, МПа	Значення коефіцієнтів	
	$\alpha$	$\delta$
до 250	0,64	0,20
251 – 350	0,72	0,24
351 і більше	0,82	0,20

При розрахунках коефіцієнтів  $\gamma_{fat}$  для швів зварювання приймаються ті ж самі коефіцієнти  $\alpha$  та  $\delta$ , що і для основного металу.

**Таблиця 14.2** – Визначення коефіцієнтів  $\nu$  та  $\xi$ 

Ефективний коефіцієнт концентрації $\beta$	Значення коефіцієнтів $\nu$ та $\xi$ для сталей з характеристичним опором текучості, МПа			
	до 250		251 і більше	
	$\nu$	$\xi$	$\nu$	$\xi$
1	1,45	0,0205	1,65	0,0295
1,1	1,48	0,0218	1,69	0,0315
1,2	1,51	0,0232	1,74	0,0335
1,3	1,54	0,0245	1,79	0,0355
1,4	1,57	0,0258	1,83	0,0375
1,5	1,60	0,0271	1,87	0,0395
1,6	1,63	0,0285	1,91	0,0415
1,7	1,66	0,0298	1,96	0,0436
1,8	1,69	0,0311	2,00	0,0455
1,9	1,71	0,0325	2,04	0,0475
2	1,74	0,0338	2,09	0,0495
2,2	1,80	0,0364	2,18	0,0536
2,3	1,83	0,0377	2,23	0,0556
2,4	1,86	0,0390	2,27	0,0576
2,5	1,89	0,0404	2,31	0,0596
2,6	1,92	0,0417	2,36	0,0616
2,7	1,95	0,0430	2,40	0,0636
3,1	2,07	0,0483	2,57	0,0716
3,2	2,10	0,0496	2,62	0,0737
3,4	2,15	0,0523	2,71	0,0777
3,5	–	–	2,75	0,0797
3,7	–	–	2,84	0,0897
4,4	–	–	3,15	0,0977

## 15 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ НЕСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І

### З'ЄДНАНЬ

#### 15.1 Загальні вимоги

**15.1.1** Весь цикл розрахунків прогонових будов потребує складання декількох розрахункових схем, в яких можна дослідити напружено-деформований стан конструкції мосту, наприклад:

- глобальні схеми при зведенні, з врахуванням етапності включення елементів в роботу;
- глобальні схеми для розрахунків від навантажень і впливів на стадії експлуатації;
- локальні схеми для розрахунків елементів проїзду;
- локальні схеми для розрахунків зон обпирань на опорні частини і зон прикладання інших зосереджених навантажень.

**15.1.2** Якщо не сказано інакше, то розрахунковий напружений стан конструкції має бути визначений, як пряма сума ефектів від глобальних і локальних навантажень за формулою:

$$E_{sum} = E_{glob} + E_{loc}, \quad (15.1)$$

Ефекти навантажень (зусилля, напруження, деформації) мають бути отримані при дії навантажень і впливів для найбільш несприятливої проєктної ситуації, яка передбачена додатком В ДБН В.1.2-15. Аварійні проєктні ситуації мають бути досліджені за окремою процедурою.

**15.1.3** Деталізація розрахункових схем для елементів головних ферм має бути достатньою, для визначення ефектів навантажень від ексцентриситетів, що виникають при створенні конструкції ферми.

**15.1.4** Для прогонових будов з балками коробчастого перерізу крутильні жорсткості коробок мають бути враховані в розрахункових схемах. Допускається крутильну жорсткість стержньового елементу визначати по формулі для замкненого тонкостінного контуру. Більш точні значення можуть бути отримані при розрахунку на закручування фрагмента балки, складеної з плитних елементів з поздовжніми і поперечними ребрами.

**15.1.5** Жорсткості балок мають бути визначені з врахуванням ефективною ширини плит, відповідно до додатку В.

**15.1.6** Елементи, що використовуються для зменшення вільної довжини стиснутих елементів мають бути розраховані на отримані в схемах зусилля, але не менше 3% від осової сили стиску в елементі.

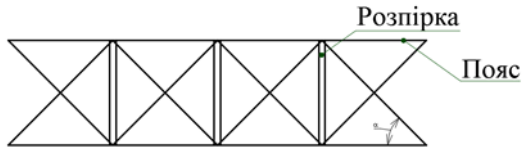
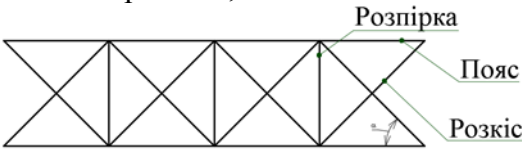
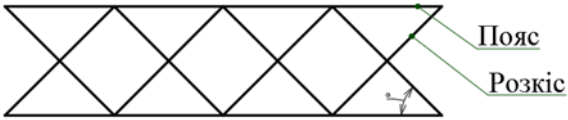
**15.1.7** Результати розрахунків схем з геометрично нелінійними елементами, на кінцевому етапі збирання з повними постійними навантаженнями, мають бути співставлені з результатами лінійних розрахунків на цій стадії. У разі різниці в результатах більше 5 %, нелінійність має бути врахована.

## 15.2 Розрахунки поздовжніх в'язей

**15.2.1** Зусилля в елементах поздовжніх в'язей із хрестовою, ромбічною і трикутною решіткою від деформації поясів головних ферм або балок слід визначати в просторових розрахункових схемах від навантажень, що діють після їхнього включення у роботу.

Зусилля в елементах поздовжніх в'язей, не з'єднаних з поздовжніми балками або з'єднаних при наявності розривів у них, припускається визначати за формулами, таблиці **15.1**.

**Таблиця 15.1** – Визначення зусиль в елементах поздовжніх в'язей

Схема решітки	Зусилля в розкосі (діагоналі)
<p>Хрестова, де розпірки – поперечні балки</p> 	$N_d = A_d \cdot (\sigma_f \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_{mf} \cdot \sin^2 \alpha)$
<p>Хрестова, інші випадки</p> 	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha}$
<p>Ромбічна</p> 	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cdot \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{48 \cdot I} \cdot B^2 \cdot \cos^3 \alpha}$



	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cdot \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{12 \cdot I} \cdot B^2 \cdot \cos^3 \alpha}$
	$N_c = (N_{d,l} + N_{d,r}) \cdot \sin \alpha$ <p>(зусилля в розпірці)</p>

У формулах таблиці **15.1** позначено:

$N_d$  і  $N_c$  – зусилля відповідно в розкосі і розпірці в'язей;

$N_{d,l}$  і  $N_{d,r}$  – зусилля зусилля в розкосі відповідно з лівої і правої сторони від розпірки;

$\sigma_f$  – нормальне напруження в поясі головної ферми;

$\sigma_{mf}$  – середні (обчислені з урахуванням нерівномірності розподілу згинальних моментів за довжиною балки) напруження в нижньому поясі поперечної балки;

$A_d$  і  $A_c$  – площа перерізу відповідно розкосу і розпірки в'язей; якщо розпіркою є поперечна балка, у формулах таблиці **15.1** треба приймати  $A_c = \infty$ ;

$I$  – момент інерції поясу головної ферми відносно вертикальної осі;

$\alpha$  – кут між розкосом в'язей і поясом головної ферми.

У формулах таблиці **15.1** при визначенні зусиль в елементах в'язей балок із суцільною стінкою замість  $\sigma_f$  треба приймати напруження  $\sigma_w$  у стінці головної балки, обчислене за площею бруто на рівні розташування площин в'язей; у формулі замість  $\sigma_{mf}$  треба приймати середнє напруження  $\sigma_{mw}$  у стінці поперечної балки на рівні розташування площини в'язей, обчислене так само, як і  $\sigma_{mf}$ .

Зусилля в елементах поздовжніх в'язей з напіврозкісною решіткою від вертикального навантаження припускається не враховувати.

**15.2.2** Зменшення зусиль у поясах головних ферм за рахунок включення поздовжніх в'язей у спільну роботу в суцільнозварних прогонових

будовах треба враховувати від усього навантаження, що діє після постановки і закріплення поздовжніх в'язей, а в болтозварних прогонових будовах – тільки від тимчасового вертикального навантаження.

**15.2.3** Розрахунок міцності і витривалості поясів головних ферм із ромбічною і трикутною решіткою в'язей, а також хрестовою з розпірками різної жорсткості слід виконувати з врахуванням згинальних моментів, що виникають у поясах від деформації елементів в'язей і від деформації поперечних балок проїзної частини незалежно від виду в'язей.

Згинальні моменти в поясі, що діють у площині в'язей із трикутною і ромбічною решіткою, треба визначати за формулою:

$$M_f = N_c \cdot l_m / 4, \quad (15.2)$$

де  $N_c$  – зусилля в розпірці в'язей;

$l_m$  – відстань між центрами вузлів прикріплення елементів до поясу.

### **15.3 Розрахунки елементів проїзду**

**15.3.1** Проїзна частина залізничних ферм може бути виконана у вигляді ортотропної плити включеної (або ні) в спільну роботу з поясами ферми, або у вигляді балкової клітини, складеної з системи поздовжніх і поперечних балок.

**15.3.2** Правила проектування і розрахунку ортотропних плит надаються в додатках Е, Ж і М.

**15.3.3** Поздовжні балки балкової проїзної частини, по яких здійснюється їзда потягів, і які не мають розривів поздовжніх балок (спеціальних пристроїв з поздовжньо-рухомими обпираннями їх кінців), слід розраховувати на міцність в пружній постановці з врахуванням додаткових зусиль від спільної роботи з поясами головних ферм, при цьому зменшення зусиль в поясах головних ферм допускається враховувати тільки при включенні проїзної частини в спільну роботу з ними спеціальними горизонтальними діафрагмами.

**15.3.4** При включенні проїзної частини в спільну роботу з решітчастими головними фермами в розрахунках всіх болтозварних

прогонових будов незалежно від порядку їх монтажу, зменшення зусилля в поясах головних ферм слід враховувати тільки по відношенню до впливів тимчасової вертикального навантаження.

Визначення зусиль в проїзній частині слід виконувати:

– від всіх навантажень – при включенні проїзної частині в спільну роботу з головними фермами одночасно з їх монтажем;

– тільки від тимчасового вертикального навантаження – при включенні проїзної частини в спільну роботу з головними фермами після деформації головних ферм від власної ваги.

**15.3.5** Зусилля в елементах проїзної частини від спільної роботи з головними фермами треба визначати в припущенні, що в горизонтальній площині мають місце такі закріплення: поздовжні балки до поперечних прикріплено шарнірно; пояс поперечної балки, розташований у рівні в'язей, прикріплений до поясів головних ферм жорстко, а інший її пояс – шарнірно.

Розрахунок міцності перерізів поперечних балок з урахуванням згинальних моментів  $M_y$  в горизонтальній площині, що виникають від спільної роботи елементів проїзної частини з поясами головних ферм, треба виконувати за формулами згину в двох площинах, приймаючи  $M_y$  зменшеними на 20%.

У розрахунках міцності елементів проїзної частини з плитним безбаластовим полотном необхідно враховувати зусилля в них від включення плит у спільну роботу з поздовжніми балками.

**15.3.6** Зусилля в поздовжніх балках з накладками («рибками») по верхньому або по обох поясах у з'єднанні з поперечними балками слід визначати з врахуванням нерозрізності балок і пружної податливості опор – поперечних балок. Розподіл осьового зусилля і згинального моменту між прикріпленнями поясів і стінки поздовжньої балки слід здійснювати з урахуванням їхньої піддатливості.

**15.3.7** Поздовжні балки решітчастих прогонових будов із проїзною частиною, що не включена в спільну роботу з головними фермами, припускається, незалежно від конструктивного оформлення прикріплення їхніх

поясів у примиканні до поперечних балок, розраховувати за міцністю як розрізні, при цьому деталі прикріплення поясів і стінки балок до поперечних треба розраховувати на 0.6 моменту по середині прогону розрізної балки з розподілом його згідно з п.15.3.6. При розрахунку зазначених поздовжніх балок на витривалість згинальні моменти необхідно визначати по лініях впливу нерозрізної балки на пружно-податливих опорах.

**15.3.8** Поперечні балки решітчастих прогонових будов треба розраховувати як елементи рам, утворених поперечною балкою і приєднаних до вузлових фасонки елементами головних ферм.

Опорні перерізи поперечних балок, підвісок, стійок (а при відсутності підвісок або стійок – і розкосів головних ферм) належить перевіряти на згинальні моменти, що виникають в елементах рам, утворених зазначеними елементами, внаслідок згину поперечних балок під впливом вертикальних навантажень.

Згинальні моменти в елементах замкнутих поперечних рам для одноколієних прогонових будов залізничних мостів припускається визначати за формулами:

опорний згинальний момент у поперечній балці:

$$M_{st} = \frac{F \cdot a \cdot (B - a)}{B} \cdot \frac{1}{1 + \frac{H}{2 \cdot B} \cdot \frac{I_{bal}}{I_c + I_t \cdot \frac{G}{E} \cdot \frac{H}{2l_m}}}, \quad (15.3)$$

згинальний момент у підвісці або стійці:

– біля краю прикріплення поперечної балки:

$$M_c = M_{st} \cdot \frac{I_c}{I_c + I_t \cdot \frac{G}{E} \cdot \frac{H}{2l_m}}, \quad (15.4)$$

– у рівні центра найближчого до поперечної балки вузла поперечних в'язей між стійками, а при їхній відсутності у рівні центра протилежного поясу головної ферми:

$$M_{c1} = -0,5 \cdot M_c, \quad (15.5)$$

У формулах (15.3) і (15.4):

$F$  – опорна реакція поперечної балки;

$\alpha$  – відстань між віссю перерізу поясу головної ферми і віссю перерізу поздовжньої балки;

$B$  – відстань між осями поясів головних ферм;

$l_m$  – довжина панелі головної ферми (відстань між поперечними балками);

$H$  – розрахункова довжина підвіски або стійки з площини ферми;

$I_{bal}$  – момент інерції перерізу бруто поперечної балки по середині її довжини;

$I_c$  – момент інерції перерізу бруто підвіски чи стійки відносно осі, паралельної до площини головної ферми;

$I_t$  – момент інерції вільного кручення поясу ферми, що примикає до поперечної балки.

## 15.4 Розрахунки з'єднань

**15.4.1** Розрахунки фрикційних з'єднань, з'єднань на звичайних болтах, заклепках і пальцях слід виконувати відповідно до додатку К.

**15.4.2** Розрахунки зварних з'єднань слід виконувати відповідно до додатку Н.

## 16 КОНСТРУЮВАННЯ

### 16.1 Загальні вимоги

**16.1.1** При проектуванні сталевих конструкцій мосту необхідно:

– враховувати можливості заводського виготовлення конструкцій, їх транспортування і збирання;

– розділяти конструкції на окремі монтажні заводські елементи (марки); в обґрунтованих випадках, визначати необхідність заводського контрольованого збирання марок в кресленнях КМ;

– здійснювати уніфікацію монтажних елементів, вузлів і з'єднань; здійснювати уніфікацію застосовуваного прокату по міцності, товщинах і профілях;

– забезпечувати зручність складання і виконання заводських і монтажних з'єднань;

**16.1.2** При проєктуванні конструкцій слід виключати незручне розташування зварюваних деталей, різкі зміни перерізу елементів, утворення конструктивних «надрізів» у вигляді обривів фасонки і ребер жорсткості або вирізів у них, що примикають до поверхні напружених частин перерізу (поясів і стінки балок, листів складених елементів тощо).

**16.1.3** Для підвищення витривалості і холодостійкості конструкцій і зниження негативного впливу залишкових деформацій і напружень від зварювання треба передбачати заходи конструктивного і технологічного характеру (оптимальний порядок складання і зварювання елементів; розпуск швів; попередній вигин і місцевий підігрів; нагрівання окремих зон після зварювання; повне проплавлення і викружки на кінцях деталей; механічну обробку зон концентрації напружень тощо).

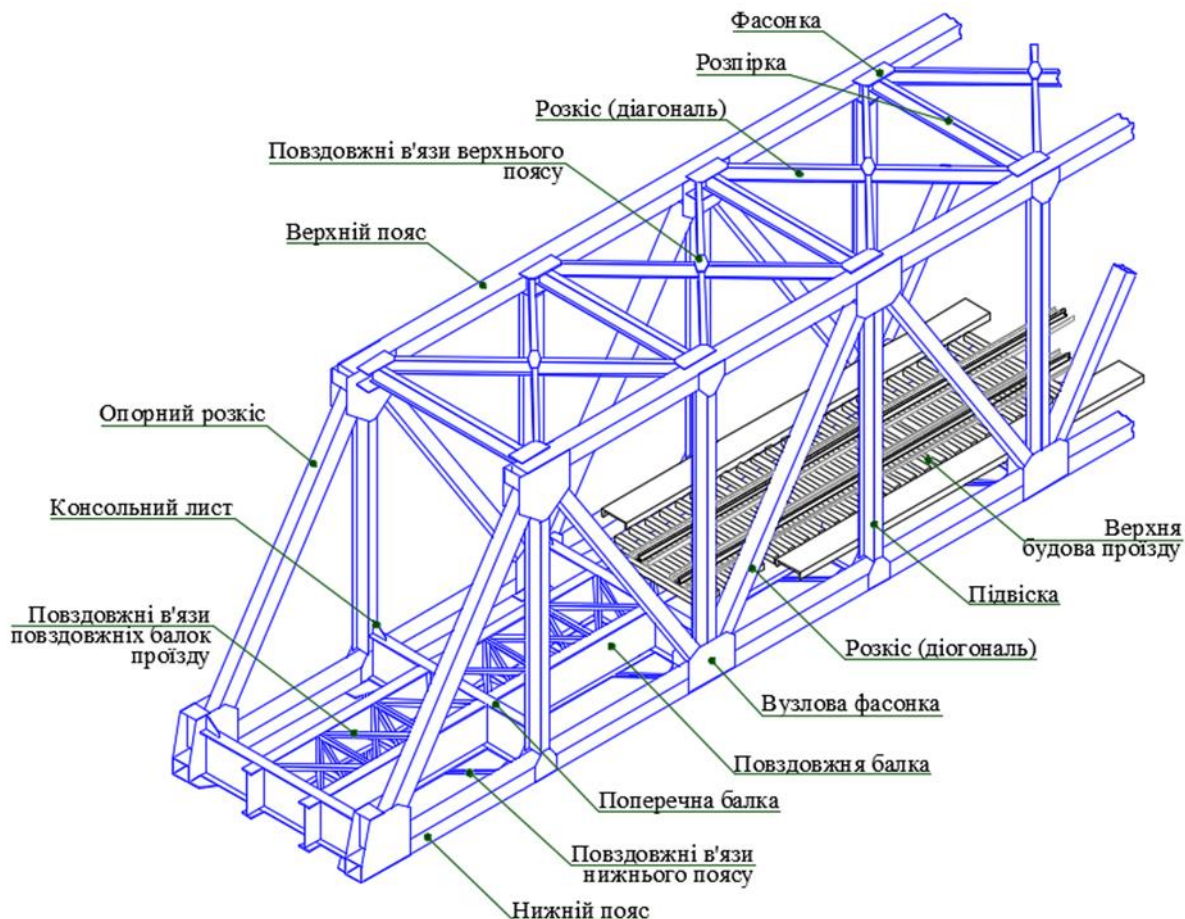
## **16.2 Конструювання залізничних мостів**

**16.2.1** У залізничних мостах прогонові будови з роздільними балками і поздовжні балки проїзної частини повинні мати поздовжні в'язі по верхніх і нижніх поясах. Прикріплення поздовжніх в'язей до стінок балок у залізничних мостах не припускається.

«Відкриті» прогонові будови (такі, що не мають поздовжніх в'язей по верхніх поясах ферм) і «відкрита» проїзна частина (така, що не має поздовжніх в'язей по поясах) в залізничних мостах припускаються тільки при наявності техніко-економічного обґрунтування і за умови закріплення вільних поясів жорсткими рамами в площинах поперечних балок, а в проїзній частині – поперечними в'язями.

При наявності елементів, таких, що жорстко з'єднують пояси балок або ферм (наприклад, залізобетонної або сталеві плити), припускається не влаштовувати поздовжні в'язі у відповідній площині, якщо вони не потрібні за умовами монтажу.

В аркових прогонових будовах поздовжні в'язі слід влаштовувати в площині одного з поясів арок і в площині проїзної частини, якщо вона не має плити; при решітчастих арках слід передбачати поперечні в'язі між ними і поздовжні в'язі по обох поясах.



**Рисунок 16.1** – Стандартна схема і назви елементів решітчастої ферми

**16.2.2** Поздовжні в'язі слід центрувати в плані з поясами головних ферм, при цьому ексцентриситети в прикріпленні з площини в'язей мають бути мінімальними.

**16.2.3** У залізничних мостах при мостовому полотні з поперечинами відстань між осями поздовжніх балок слід призначати 1,90 м, а між осями головних балок (ферм) за відсутності балкової клітини – 2,0 м. При більшій відстані між осями головних балок (ферм) треба передбачати влаштування залізобетонної або сталевий плити.

**16.2.4** У залізничних мостах прогонові будови з роздільними двотавровими балками і поздовжні балки проїзної частини повинні мати

поперечні зв'язки, що розташовані на відстанях, які не перевищують двох висот балок.

**16.2.5** Для зниження напружень у поперечних балках проїзної частини від деформації поясів головних ферм треба, як правило, включати проїзну частину в спільну роботу з головними фермами. У прогонових будовах із проїзною частиною, не включеною в спільну роботу з головними фермами, слід передбачати гальмівні в'язі.

**16.2.6** Прикріплення балок проїзної частини за допомогою торцевих листів, приварених до стінки і поясів балки, не припускається.

У прогонових будовах залізничних мостів прикріплення стінок поздовжніх і поперечних балок слід здійснювати, як правило, за допомогою вертикальних кутиків і фрикційних з'єднань.

У прогонових будовах усіх мостів, як правило, забезпечують нерозрізність поздовжніх балок на всій протяжності, а при наявності розривів у проїзній частині – на ділянках між ними.

**16.2.7** При конструюванні вузлів ферм треба забезпечувати місцеву стійкість стиснутих зон вузлових фасонки відповідною товщиною, або підкріплюючи вільні кромки кутиками або ребрами.

**16.2.8** Для зменшення числа з'єднувальних зварних швів перерізи складених елементів решітчастих ферм слід проектувати з мінімального числа деталей.

**16.2.9** У решітчастих головних фермах матеріал елементів коробчастого і Н-подібного перерізів має бути сконцентрований в листах, розташованих у площині ферми. Пояси, стиснуті елементи ферм і опор треба, як правило, проектувати коробчастого перерізу.

**16.2.10** При мостовому полотні з дерев'яними поперечинами слід забезпечувати центровану передачу тиску поперечин на стінки головних або поздовжніх балок, при цьому під навантаженням має бути виключено дотик поперечин до елементів поздовжніх і поперечних в'язей.



### 16.3 Перерізи елементів

**16.3.1** Найменша товщина деталей елементів прогонових будов і опор приймається на основі розрахунку міцності, стійкості, витривалості, жорсткості і коливань, але не менше зазначеної в таблиці 16.1.

**Таблиця 16.1** – Визначення найменшої товщини деталей елементів прогонових будов і опор

Деталі конструкції	Найменша товщина або переріз елементів конструкції в мостах і трубах, мм	
	під залізницю	автомобільних, міських і пішохідних
1. Листові хвилясті профілі для металевих гофрованих труб	2	1,5
2. Листові деталі (за винятком деталей, зазначених у поз. 3–9)	10	10
3. Вузлові фасонки головних ферм і вертикальні стінки зварних зігнутих головних балок	12	10
4. Вузлові фасонки в'язей	10	8
5. Накладки в стиках ребер ортотропної плити і планки	8	8
6. Прокладки	4	4
7. Горизонтальні опорні листи	20	20
8. Листи настилу ортотропних плит проїзду	12	14 (10)*
9. Штабові ребра ортотропних плит	12	12
Замкнені ребра ортотропних плит	6	6
10. Кутики в основних елементах головних ферм і проїзної частини	100×100×10	100×100×10
11. Кутики фланцевих прикріплень поздовжніх і поперечних балок	100×100×12	100×100×12
12. Кутики в елементах в'язей	80×80×8	80×80×7
* для пішохідних мостів		

Дозволяється така найбільша товщина прокату:

- у пакетах деталей, що стягуються звичайними болтами – 20 мм;
- у зварних елементах з вуглецевої і низьколегованої сталей – 60 мм;
- у стикових накладках і вузлових фасонних листах при застосуванні фрикційних з'єднань – 15 мм.

**16.3.2** У складених елементах решітчастих ферм відношення розрахункової ширини  $b$  до товщини  $t$  листів не повинно перевищувати таких величин:

- у вертикальних і горизонтальних листів коробчастих елементів – 60;

ДБН В.2.3-26:202Х

- у горизонтальних листів Н-подібних елементів – 45;
- в листах з вільними (необлямованими) звисами – 20;
- в листах зі звисами, облямованими кутиками або ребрами – 30.

За розрахункову ширину  $b$  для пластинок обпертих двома кромками слід приймати відстань між закріпленими кромками, або між вільною кромкою і закріпленням. За вісь закріплення приймають вісь болтів або вісь зварного шва.

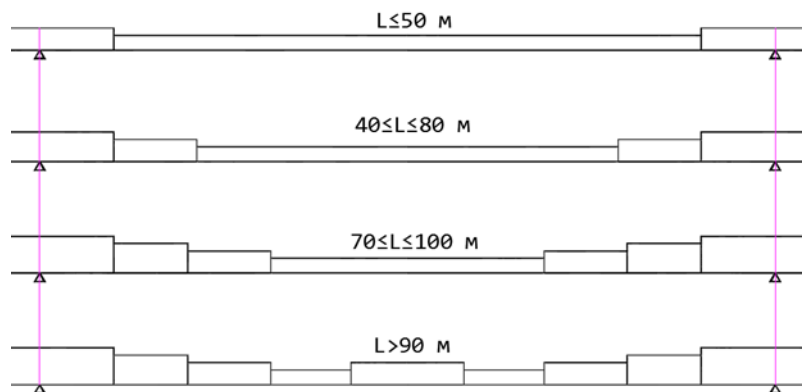
**16.3.3** У стиснутих елементах Н – подібного перерізу товщина горизонтального листа має становити від товщини  $t_f$  листів, що з'єднуються не менше від:

$0,4 \cdot t_f$  – в елементах з болтовими з'єднаннями;

$0,6 \cdot t_f$  – у зварних і прокатних елементах при  $t_f \leq 24\text{мм}$  і  $0,5t_f$  при  $t_f > 24\text{мм}$ .

#### 16.4 Заміна товщини поясних листів. Пакети з двох і більше листів

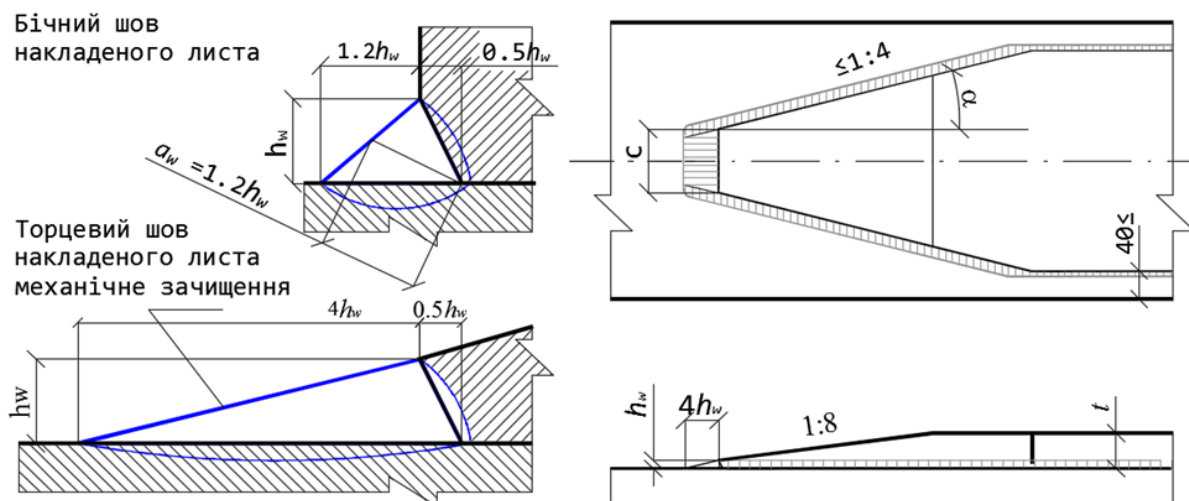
**16.4.1** У нерозрізних балкових мостах зміну товщини поясів рекомендується виконувати в місцях монтажних стиків балок. Кількість зміни товщини поясів рекомендується виконувати не частіше, ніж показано на рисунку 16.2.



**Рисунок 16.2** – Зміни товщин поясів балок по довжині погону  $L$

**16.4.2** Фактичну зміну товщини поясу слід продовжити за місце теоретичного обриву на довжину ширини поясу або на половину ширини поясу коробки.

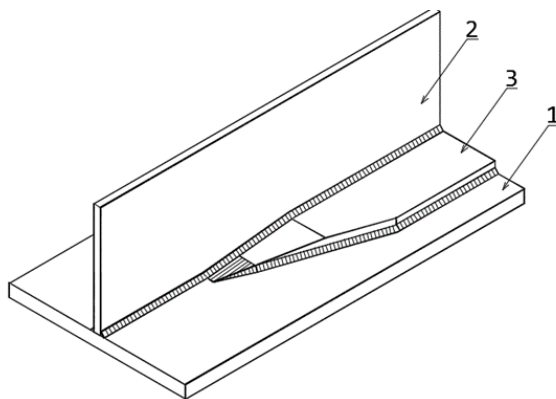
**16.4.3** Пакети з двох і більше поясних листів можуть бути утворені з розміщенням додаткового листа поясу, як з боку стінки балки, так і з зовнішнього боку. Схема обриву додаткового листа показана на рисунку 16.3.



**Рисунок 16.3** – Схема обриву додаткового листа

Допускається розрахунки швів не виконувати, якщо розмір шва прийнятий рівним  $h_w \geq 0,5t$ , де  $t$  – товщина накладеного листа.

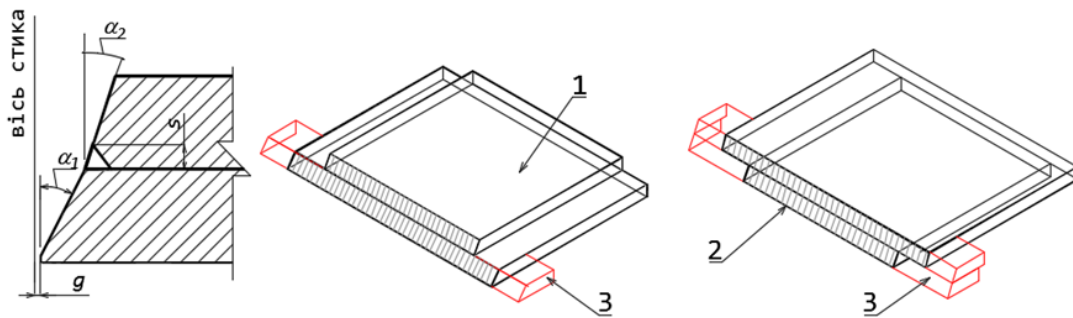
**16.4.4** Розмір  $C$ , притуплення кінця додаткового листа, слід приймати не менше 50 мм, у випадку приварки стінки до листа, як показано на рисунку 16.4.



**Рисунок 16.4** – Схема приварки стінки по місцю обрива додаткового листа: 1 – пояс балки; 2 – стінка балки; 3 – накладений лист поясу

Виріз в стінці балки, що окреслює кінець накладеного на пояс ребра, має забезпечити зазори менше 2 мм на довжині скошеної частини. При цьому стінка має притул (під щуп 0.5 мм) підходити до поверхні основного і додаткового поясів перед зварюванням.

**16.4.5** Стик пакету з двох листів має виконуватися з розділкою кромки і на вивідних планках, як показано на рисунку 16.5.

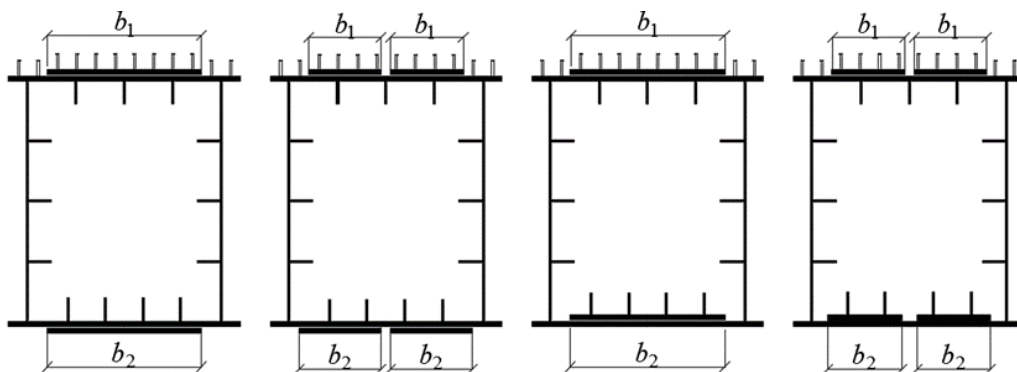


**Рисунок 16.5** – Схема розділки кромки в пакеті листів і розміщення вивідних планок: 1 – додатковий лист поясу зверху; 2 – додатковий лист поясу знизу; 3 – вивідні планки

Розроблення технології монтажного зварювання пакету листів слід виконувати відповідно до спеціально розробленої специфікації WPS. Кути розділки листів  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , зварювальний зазор  $g$  і розмір шва  $s$ , мають бути надані в кресленнях КМ і, при необхідності, скориговані в WPS.

**16.4.6** При посиленні поясів коробки накладними листами, відношення ширини до товщини листів мають бути обмежені, як для стиснутих пластинок обпертих двома сторонами відповідно до п.11.2. У цьому випадку широкі листи мають бути розділені на окремі смуги, як показано на рисунку 16.6. Посилення додатковими листами верхнього поясу виконується тільки для сталезалізобетонних прогонових будов.

Переріз швів приварки додаткових листів мають бути визначені розрахунком. При визначенні статичного моменту, в площу листів слід включати площу ребер, що приварені до них.



**Рисунок 16.6** Схеми посилення поясів коробок накладними листами зовні і в середині коробок

## 16.5 Ребра жорсткості відкритих балок і коробок

**16.5.1** Стінки відкритих і коробчастих балок слід укріплювати системою поздовжніх і поперечних ребер. Конфігурація поперечних ребер, як правило штабова або таврова. Поздовжні ребра можуть бути штабовими, кутиковими, тавровими або замкненими.

**16.5.2** Вимоги до жорсткості і стійкості поздовжніх і поперечних ребер надані в додатку Е.2.

**16.5.3** Поздовжні ребра, як правило, слід пропускати у вирізах в стінках поперечних ребер. Розмір вирізу для пропускання ребра обмежений значенням  $2/3 \cdot b_{w,c}$ , де  $b_{w,c}$  – ширина стінки поперечного ребра. У стиснених ситуаціях, допускаються конструкції в яких поперечні ребра перериваються і приварюються до поздовжніх. Переривати поздовжні ребра в місцях поперечних не слід, крім місць примикання до опорних ребер.

**16.5.4** Поперечне ребро слід приварювати до поясу головної балки кутовими швами по контуру з відношенням катетів 1:1, якщо не має інших вимог. Якщо ребро таврове, то пояс ребра слід обривати на відстані 60–100 мм від поясу.

**16.5.5** У разі обривання поздовжнього ребра, останні 100 мм шва виконується з повним проваром, а ребро має бути скошене під кутом 30 до ширини 20 мм і далі, механічно оброблене радіусом 50 мм врівень з основним металом. Допускається інша конструкція обриву ребра, якщо вона підтверджена розрахунком витривалості.

**16.5.6** Всі поперечні ребра повинні мати вирізи в кутах примикання поясів і стінок з розмірами вздовж стінки 60 – 120 мм і по ширині поясу 40 – 50 мм. Кутові шви приварки ребра мають бути замкнені по контуру. У місцях передачі зосереджених сил вирізи можуть бути зменшені або зовсім відсутніми, а шви можуть виконуватися з повним проплавленням.

**16.5.7** У балках під рух потягів, при відповідному обґрунтуванні розрахунком витривалості, припускається постановка на кінцях ребер

спеціальних перехідних деталей приварених до ребра і щільно обпертих на пояс.

**16.5.8** Шви приварки поздовжніх і поперечних ребер мають бути віддалені від паралельним до них стиковим швам стінки на 10 товщин стінки. Віддалення від стикового шва пера або обушка кутика, який прикріплюється до стінки болтами має становити 5 товщин стінки. Шви приварки поздовжніх і поперечних ребер не повинні перериватися на перпендикулярним до них стикових швів стінки.

## **16.6 Попередньо напружені прогонові будови**

**16.6.1** Зусилля і деформації, які створюються в конструкції мосту без прикладання зовнішніх зусиль, в тому числі і від власної ваги, слід вважати попереднім напруженням. У нерозрізних балках попереднє напруження створюється за рахунок підняття–опускання балки на опорах. У мостах підвісних систем – за рахунок подовження–укорочення канатних елементів.

**16.6.2** Попереднє напруження, що створюється канатними елементами, для зменшення розтягуючих зусиль в елементах мосту, може виконуватися у фермах, в нерозрізних балках, в прогонах і в опорних зонах. Місця прикріплення канатних елементів до балки і місця для зміни їх напрямку слід проєктувати на основі розрахунків міцності, стійкості і витривалості, з урахуванням вимог додатку Л.

## **16.7 Деталі конструкцій**

**16.7.1** Конструкція не повинна мати близько розташованих не з'єднаних елементів, а також щілин, вузьких зазорів, пазух і корит. У місцях можливого скупчення вологи слід влаштовувати дренажні отвори діаметром 25–30 мм.

**16.7.2** Конструкція повинна мати захист від корозії, який з плановими ремонтами забезпечить проєктний строк експлуатації споруди. Особливу увагу слід звернути на доступ до болтових і фрикційних з'єднань, з'єднань на пальцях, місць тісного контакту канатних елементів, тощо.

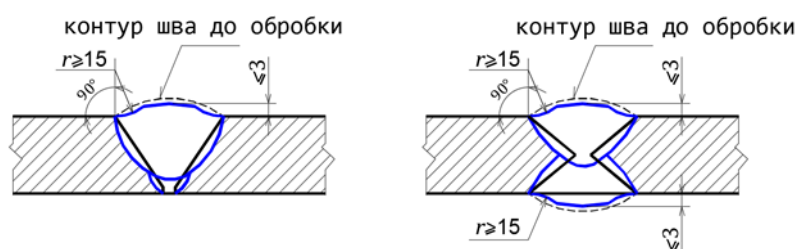
**16.7.3** Гілки стиснутих складених стержнів з болтовими з'єднаннями, а також стиснуто-зігнуті зварні елементи в місцях впливу зосереджених сил повинні бути підкріплені поперечними діафрагмами. У зварних коробчастих і Н-подібних елементах ферм діафрагми рекомендується приварювати або прикріплювати на болтах тільки до вертикальних листів із зазором між діафрагмами і горизонтальними листами не менше ніж 50 мм.

**16.7.4** Приварювання допоміжних деталей (кронштейнів, елементів перил і тротуарів, навігаційних знаків, сигналів тощо) до елементів несних конструкцій бажано виконувати через проміжні елементи, які є можливість обварити по контуру. Матеріал прокату і зварювальних матеріалів має відповідати наданим в додатку Г.

**16.7.5** Проектування зварних з'єднань несних елементів прогонових будов слід виконувати шляхом оцінки витривалості, на основі порівняння категорій втомленості відповідно до додатку Ж.

**16.7.6** Поперечні стикові шви поясів і стінок балок, в тому числі шви будь якого напрямку листів настилу ортотропних плит проїзду мають відповідати вимогам, наданим на рисунку 16.7.

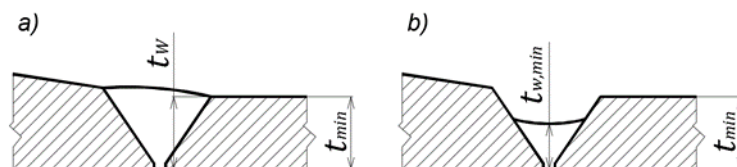
Для залізничних мостів в розтягнутих та стиснуто-розтягнутих зонах має бути передбачена механічна обробка швів зварювання від металу шва до основного металу радіусом не менше 15 мм; ці вимоги поширюються зони поперечних стикових швів стінки балок на довжині 40% висоти розтягнутої зони, але не менше ніж 200 мм від розтягнутого поясу (дивись рисунок 16.7).



**Рисунок 16.7** – Схема механічної обробки стикових двобічних швів і швів виконаних з одного боку

**16.7.7** Зварні стикові шви ортотропних плит, які не зазнають впливу тимчасового навантаження можуть не мати механічного зачищення швів у

випадку плавних переходів до основного металу, посилення шва менше 10% товщини листів і відсутності місць старт/зупинка. Допускається, за відсутності місцевого навантаження, для поздовжніх швів листів нижніх плит коробчастих балок виконувати зварювання не на повну товщину листів, як показано на рисунку 16.8.



**Рисунок 16.8** – Стикові шви листів на повну товщину (ліворуч) і не на повну товщину (праворуч)

**16.7.8** Місця постановки поздовжніх і поперечних в'язей слід розраховувати за міцністю, стійкістю і витривалістю. При цьому:

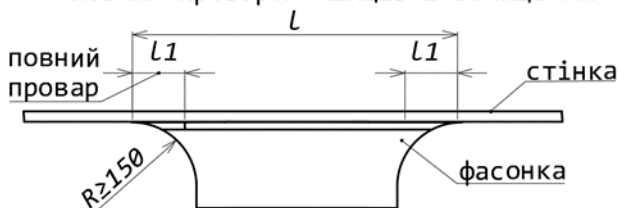
- не припускається приварювати в'язі безпосередньо до поясів балок прогонових будов усіх призначень;

- приєднання поздовжніх в'язей слід виконувати за допомогою горизонтальних фасонки, що приєднуються до поясів і стінок; форми фасонки, правила зварення і механічної обробки показані на рисунку 16.9. Для випадку, коли розмах розрахункових змінних навантажень в стінці балки вздовж фасонки не перевищує 50 МПа, допускається приварювати фасонку по контуру кутовими швами без зачищення. В усіх інших випадках кінці фасонки повинні мати повний провар і бути механічно зачищені з рисками вздовж зусиль.

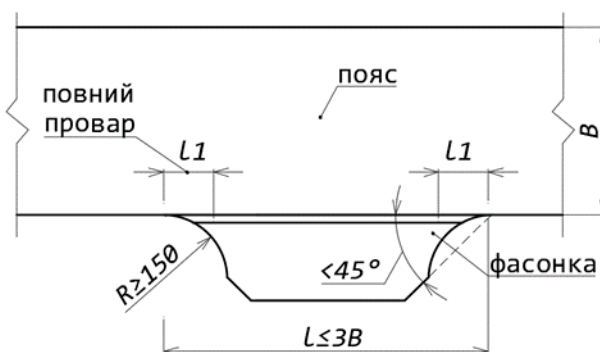
- місця постановки фасонки на стінку слід підкріплювати поперечними ребрами; у випадку, якщо зазначені фасонки перетинаються з поперечними ребрами жорсткості, фасонку слід виконувати без розривів, поперечне ребро переривати, а шви фасонки до ребра виконувати з відношенням катетів 1:2 (більший катет вздовж фасонки).



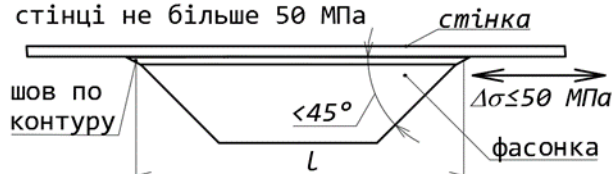
Приварка фасонки до стінки кутовими швами з повним проваром кінців і зачищенням



Приварка фасонки до поясу балки з повним проваром кінців і зачищенням



Приварка фасонки до стінки кутовими швами по контуру без зачищення кінців шва при розмаху напружень в стінці не більше 50 МПа

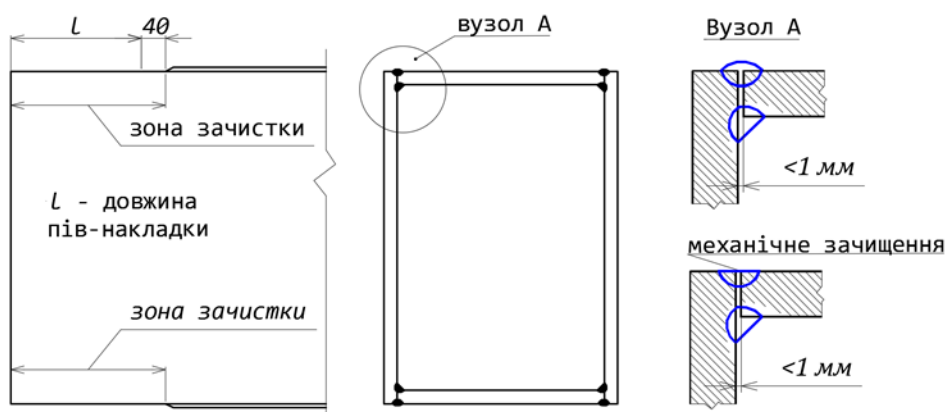


**Рисунок 16.9** – Фасонки поздовжніх в'язей: приварені до стінки (ліворуч); до поясу (праворуч)

– у залізничних прогонових будовах не припускається приварювати елементи поздовжніх і поперечних в'язей до ребер жорсткості і фасонки в'язей до поясів, прокладок – до основних елементів.

– для автодорожніх, міських і пішохідних прогонових будов необхідність застосування механічної обробки слід передбачати в проєкті з урахуванням результатів розрахунку на витривалість.

– при утворенні коробчастих перерізів елементів залізничних ферм накладання і обробку швів виконувати відповідно до рисунку 16.10.



**Рисунок 16.10** – Схема обробки посилення шва зварювання коробчастого перерізу

**16.7.9** У суцільнозварних автодорожніх, міських і пішохідних прогонових будовах елементи в'язей, що зварюються внапуск до фасонки, слід

прикріплювати двома фланговими і двома лобовими швами; елементи в'язей з парних кутиків, симетрично розташованих відносно фасонки, припускається прикріплювати двома фланговими й одним лобовим (торцевим) швами.

Відстані між швами прикріплення елементів в'язей і швами, що прикріплюють фасонки до стінки балки, а також до поперечних ребер жорсткості, повинні бути не меншими ніж 60 мм.

**16.7.10** Протиугони припускається приварювати до верхнього поясу зварних балок поздовжніми і поперечними кутовими швами. При цьому для поперечних швів необхідно передбачати заходи до зниження концентрації напружень, а також механічну обробку для отримання плавних переходів (радіусом не меншим від 5 мм) до основного металу.

**16.7.11** Вимоги до проектування канатних елементів надані в додатку П.

## **16.8 Конструкція планок і перфорованих листів**

**16.8.1** У зварних коробчастих і Н-подібних елементах головних ферм залізничних мостів припускається застосування тільки суцільних або перфорованих горизонтальних листів. З'єднувальні планки допускаються тільки в елементах в'язей залізничних мостів і в тих елементах автодорожніх, міських і пішохідних мостів, для яких при розрахунку витривалості з'єднання планок з основними частинами перерізу можливо здійснити без спеціальних заходів для зниження концентрації напружень.

**16.8.2** Довжина вздовж елементу проміжних планок  $L_s$  має бути не меншою від  $0,75 \cdot a$ , де  $a$  – відстань між рядами болтів (або зварними швами) прикріплення планки. Кінцеві планки в стиснутих і стиснуто-розтягнутих елементах треба виконувати в 1,7 рази довшими від проміжних, а в розтягнутих – у 1,3 рази. Кінцеві планки повинні ставитися якомога ближче до вузла.

У зварних коробчастих і Н-подібних елементах припускається вихід перфорації на торець елемента.

**16.8.3** Число болтів для прикріплення однієї сторони планки має бути не меншим:

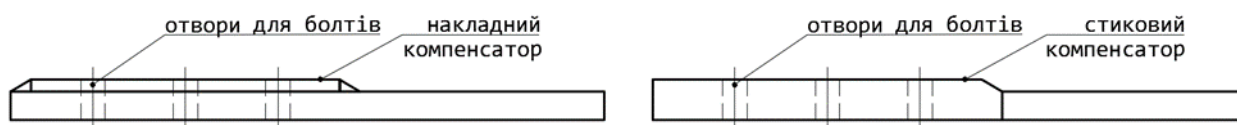
для елементів, що працюють на тимчасове навантаження – 4 шт;

для елементів, що працюють тільки на постійне навантаження – 3 шт;

для неробочих елементів – 2 шт.

## 16.9 Особливості конструкції болто-зварних прогонових будов

**16.9.1** У болтозварних прогонових будовах допускається застосування стикових і накладних компенсаторів послаблення перерізу елементів болтовими отворами. Посилення може бути виконане в один бік від листа (рисунок 16.11) або з обидва боки.



**Рисунок 16.11** – Компенсатори: накладний ліворуч; стиковий праворуч

На кінцях стикових компенсаторів біля стиків слід передбачати скоси по товщині 1:4 і механічну обробку. У накладних компенсаторах послаблення слід передбачати скоси по ширині з ухилом 1:1. Для косих швів треба приймати відношення катетів 1:2. Для забезпечення плавних (радіусом не менше 5 мм) переходів від шва до основного металу необхідно передбачати обробку косих швів на кінці компенсатора. Косі шви і ділянки поздовжніх швів до першого ряду отворів повинні забезпечувати повне прикріплення площі компенсатора. Ширина накладного компенсатора зі сталі класу міцності С245, С345 і С 390, має бути відповідно не більше 44, 38 і 36 його товщин. При більшій необхідній ширині треба застосовувати два роздільних компенсатори, відстань між їхніми швами повинна бути не менше 60 мм. Відстань від центра болта до краю компенсатора має бути не менше подвоєного діаметра отвору під болт.

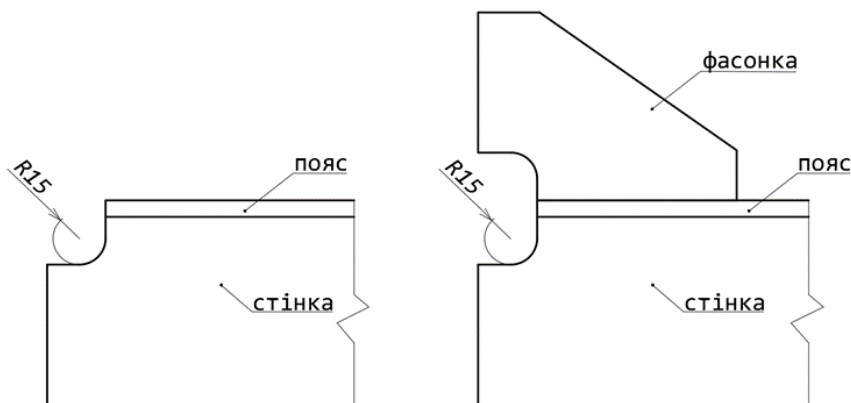
**16.9.2** Для решітчастих болтозварних ферм автодорожніх, міських і пішохідних прогонових будов допускається застосування вузлових фасонк-вставок і фасонк-приставок, що з'єднуються з поясами за допомогою зварювання.

Вузлові фасонки-вставки і фасонки-приставки повинні мати плавні переходи (радіусом не менше 250 мм) до поясу. Відстань від стику поясу і

фасонки-вставки до початку викружки в ній повинна прийматися не менше 70 мм. Для стикових швів фасонки-вставок розтягнутого і стиснуто-розтягнутого поясів належить передбачати механічну обробку. У фасонки-приставок слід передбачати повне проплавлення всієї товщини і можливість його неруйнівного контролю, а також механічну обробку кінців фасонки.



**Рисунок 16.12** – Фасонки поясу



**Рисунок 16.13** – Примикання поясу до стінки

### 16.9.3

Поясні листи поздовжніх і поперечних балок можуть мати довжину меншу, ніж довжина стінки, за умови влаштування на кутах стінки прямокутних округлених (радіусом 15 мм) вирізів, вертикальна крайка яких збігається з торцем поясного листа, що обривається. Подібні вирізи повинні мати також фасонки, що приварюються до верхнього поясу поперечної балки для збільшення висоти її стінки в зоні прикріплення до головних ферм.

Для двотаврових балок, в яких пояс не доведений до кінця стінки, виконується з виконанням наступних вимог:

– пояс до місця обриву має бути скошеним по товщині до 6 мм з ухилом 1:8 і по ширині до 32 мм з ухилом 1:4;

– прикріплення до стінки балки на довжині скошеної частини поясу повинне мати повне проплавлення.

– необхідно передбачати механічну обробку кінця поясу для одержання плавних переходів (радіусом, не меншим від 60 мм) до стінки (в обох площинах).

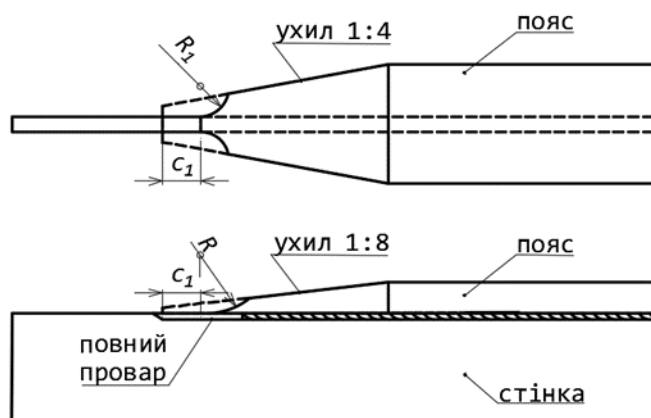


Рисунок 16.14 – Схема обриву поясу двотаврової балки

## 16.10 Ортотропні плити

**16.10.1** Вимоги до проектування ортотропних плит слід приймати відповідно до вимог додатку М.

## 16.11 Конструкція опорних частин і деформаційних швів

**16.11.1** Вимоги, щодо конструювання, розрахунків і установки опорних частин надані в додатку Р.

**16.11.2** Вимоги, щодо застосування і установки деформаційних швів надані в додатку П.

## 17 ЗМІСТ КОМПЛЕКТУ КРЕСЛЕНЬ КМ

Якщо не має інших вимог, які передбачені технічним завданням на проектування, то склад комплекту креслень КМ має відповідати змісту, наданому в таблиці 17.1.

Таблиця 17.1 – Склад комплекту креслень КМ

Розділи комплекту креслень КМ	Зміст розділів
Загальні вимоги	Загальний вигляд мосту з основними показниками споруди; вимоги до матеріалів, виготовлення і збирання; вимоги до захисту від корозії.

Будівельний підйом (невагома схема)	Схема конструкції без врахування власної ваги, складеної з окремих монтажних марок, з наданням координат (або відміток) всіх монтажних стиків.
Додаткові вимоги для балкових мостів	Оцінка зварювальних деформацій балки жорсткості при розрахунках будівельного підйому <sup>1</sup> .
Конструктивні креслення	Креслення, які потрібні для складання креслень КМД (відомість матеріалів, монтажна схема, креслення монтажних елементів із специфікаціями, креслення стиків і швів зварювання, тощо).
Розрахункові креслення.	Інформація, що до контролю основних монтажних операцій; інформація про напружено-деформований стан елементів мосту на стадії (стадіях) експлуатації. Інформація для контролю за деформованим станом конструкції в часі.
<sup>1</sup> - в кресленнях можуть бути надані вимоги, що до визначення деформацій по факту після зварювання перших стиків.	

## 18 ДОДАТКИ

Додатки, які надані нижче, мають позначення (Д) – довідкові і (О) – обов’язкові. Довідкові додатки несуть інформативну і роз’яснювальну інформацію. Обов’язкові додатки несуть інформацію, обов’язкову для виконання при проектуванні мостів, а також інформативні данні, які допомагають конструюванню. Додатки є невід’ємною частиною цих норм.

1. Додаток А (О) Характеристика класів перерізів.
4. Додаток Б (О) Матеріали та напівфабрикати.
5. Додаток В (Д) Розрахунки ефективної ширини плит.
6. Додаток Г (Д) Кручення.
7. Додаток Д (О) Розрахунки стійкості стержнів і споруд в цілому.
8. Додаток Е (О) Розрахунки місцевої стійкості пластинок стінок і плит, стійкості ребер жорсткості і стійкості ортотропних плит в цілому.
9. Додаток Ж (О) Розрахунки витривалості.
10. Додаток И (О) Коефіцієнти для розрахунків витривалості.
11. Додаток К (О) З’єднання на болтах, заклепках і пальцях.
12. Додаток Л (О) Сталеві канатні елементи.
13. Додаток М (О) Ортотропні плити.
14. Додаток Н (О) Зварні з’єднання.
15. Додаток П (Д) Деформаційні шви.
16. Додаток Р (О) Опорні частини.

17. Додаток С (Д) Символи і позначення.
18. Додаток Т (Д) Бібліографія

**Додаток А**  
**(обов'язковий)**

**ХАРАКТЕРИСТИКА КЛАСІВ ПЕРЕРІЗІВ**

**А.1 ГРАНИЧНІ СТАНИ**

При розрахунках граничних станів елементів конструкцій розглядають 3 класи перерізів:

клас 1 – пружна робота перерізу (обмежень до застосування немає);

клас 2 – пружно-пластична робота перерізу (існують обмеження до застосування);

клас 3 – пластична робота перерізу (існують обмеження до застосування).

**Таблиця А.1** – Специфікація елемента

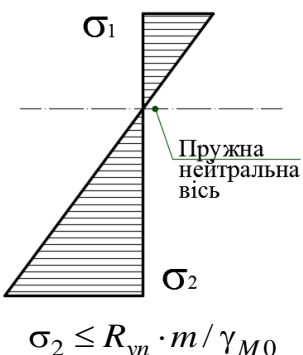
Умовна діаграма напруження-деформації	Клас перерізу	Характеристика граничного стану
	1	деформації проходять тільки в межах пружності; після зняття навантаження відсутні залишкові деформації;
	2	після зняття навантаження присутні обмежені залишкові деформації.
	3	після зняття навантаження присутні майже необмежені залишкові деформації.

**А.2 КЛАС 1. ПРУЖНА РОБОТА ПЕРЕРІЗУ**

**А.2.1** Пружна робота перерізу характеризується трикутною епурою, з досягненням розрахункових напружень текучості тільки в крайній фібрі поперечного перерізу. Граничний момент балки при утворенні пластичного шарніру оцінюється за формулами таблиці А.2.



Таблиця А.2 – Пружна робота

Характерна еюра	Характеристика	
 <p><math>\sigma_2 \leq R_{yt} \cdot m / \gamma_{M0}</math></p>	Граничний момент, який може бути сприйнятий перерізом при пружній роботі оцінюється за формулою:	
	$M_{Rd} = W_{el} \cdot R_{yt} \cdot m / \gamma_{M0}$	(А.1)
	$W_{el}$ – пружний момент опору. $R_{yt}$ – опір сталі текучості; характеристичне значення; $\gamma_{M0}$ – коефіцієнт надійності (таблиця 7.3); $m$ – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1).	

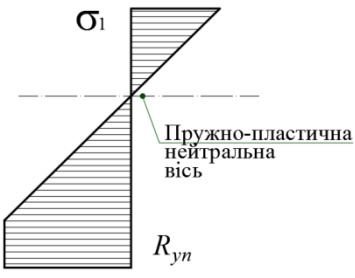
**А.2.2** При пружних розрахунках, для будь якої точки елемента, напруження не можуть перевищити розрахункового опору текучості  $R_{yt} \cdot m / \gamma_{M0}$ .

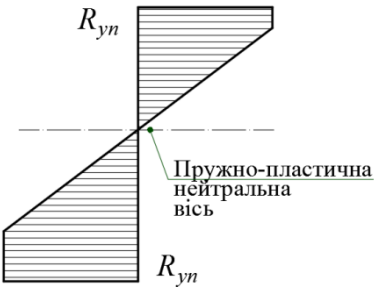
**А.2.3** Обмежень до застосування не існує. Поперечні перерізи класу 1 мають можуть застосовуватися при всіх розрахунках несних конструкцій мостів.

## А.3 КЛАС 2. ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНА РОБОТА ПЕРЕРІЗУ

**А.3.1** Пружно-пластична робота перерізу характеризується досягненням напружень текучості не тільки в поясах, але і на певній висоті стінки з одного, або з обох боків перерізу. Граничний момент балки при утворенні пластичного шарніру оцінюється за формулами таблиці А.3.

Таблиця А.3 – Пружно-пластична робота

Характерна еюра	Характеристики	
Однобічна текучість	Граничний момент знаходиться за формулою:	
 <p><math>R_{yt}</math></p>	$M_{pl,Rd} = \kappa \cdot W_{el} \cdot R_{yt} \cdot m / \gamma_{M0}$	(А.2)
	$\kappa \geq 1,0$ – коефіцієнт обмежених залишкових деформацій; при розрахунках основних несних конструкцій, крім ребер ортотропних плит,	
Двобічна текучість		

	<p>залишкові деформації приймають слід приймати рівними <math>\varepsilon_{pl} = 0,0006</math>; для ребер ортотропних плит при згині <math>\varepsilon_{pl} = 0,0025</math>.</p> <p><math>W_{el}</math> – пружний момент опору;</p> <p><math>R_{yn}</math> – опір текучості; характеристичне значення;</p> <p><math>\gamma_{M0}</math> – коефіцієнт надійності (таблиця 7.3);</p> <p><math>m</math> – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1).</p>
---	--

**A.3.2** Обмеження, що до застосування пружно-пластичної роботи перерізу:

- 1) якщо можлива місцева втрата стійкості стінки;
- 2) якщо відсутня можливість з достатньою точністю оцінити геометричні характеристики або зусилля в перерізі елементу, тоді розрахунки слід виконувати як для перерізу класу 1;
- 3) якщо розмах напружень, в перерізах елементів, які сприймають змінні зусилля різних знаків, перевищує  $1,8 \cdot m \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}$

## A.4 КЛАС 3. ПЛАСТИНЧАТИЙ ШАРНІР

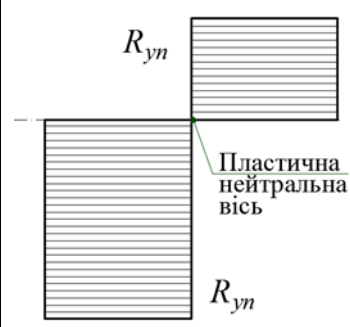
**A.4.1** Робота поперечного перерізу характеризується досягненням напружень текучості по всій висоті перерізу. Граничний момент балки при утворенні пластичного шарніру оцінюється за формулами таблиці **A.4**.

**A.4.3** Пластичний шарнір при гнутті балки може бути утворений, за наступних умов:

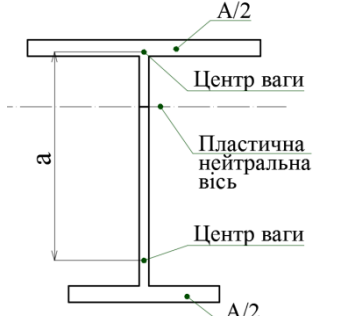
- 1) якщо забезпечена локальна стійкість полиць та стінок перерізу;
- 2) якщо забезпечена достатня обертова здатність, тобто, достатній кут повороту для утворення пластичних напружень по всій висоті перерізу може бути реалізований.

**A.4.4** Обмеження щодо застосування пластичного шарніру, як граничного стану перерізів, пов'язані із втратою стійкістю елементів перерізу і із зменшенням опору перерізу поперечній силі.

Таблиця А.4 – Пластичний шарнір

Характерна еюра	Характеристика	
 <p>Пластична нейтральна вісь</p>	Граничний момент	
	$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot R_{yn} \cdot m / \gamma_{M0}$	(А.3)
	$W_{pl}$ $W_{el}$ – пластичний момент опору (за таблицею А.3.) з обмеженнями за таблицею Таблиця А.4 формулою (А.1) $R_{yn}$ – опір сталі текучості; характеристичне значення; $\gamma_{M0}$ – коефіцієнт надійності (таблиця 7.3); $m$ – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1).	

Таблиця А.5 – Пластичний шарнір

Характерна еюра	Характеристика	
 <p>А/2</p> <p>Центр ваги</p> <p>Пластична нейтральна вісь</p> <p>Центр ваги</p> <p>А/2</p> <p>а</p>	$W_{pl} = a \cdot A / 2$	(А.4)
	П.Н.В. – пластична нейтральна вісь, ділить площу перерізу навпіл. $A$ – площа перерізу; $a$ – відстань між центрами ваги половинних площ.	

(1) Обмеження, що пов'язані з локальною стійкістю елементів перерізу, характеризуються співвідношенням ширини і товщини полиць та стінок і надаються в таблиці А.6.

Таблиця А.6 – Обмеження до стінок та поясів для утворення пластичного шарніру

№	Вимоги до елементів перерізу	Формула
1	Звиси поясів $b_f$ і $t_f$ – ширина і товщина звису поясу	$b_f / t_f \leq 10 \cdot \varepsilon$
2	Стінки $b_w$ і $t_w$ – ширина і товщина стінки	$b_w / t_w \leq 72 \cdot \varepsilon$

$\varepsilon = \sqrt{235 / R_{yn}}$	$R_{yn}$ , МПа	235	250	300	345	390	440
	$\varepsilon$		1,00	0,97	0,89	0,83	0,78

(2) Обмеження, що пов'язані з величиною поперечної сили. При пластичному шарнірі при одночасній дії в перерізі згинального моменту та поперечної сили (що перевищує 50% від опору перерізу на зріз) величина

ДБН В.2.3-26:202X

пластичного згинального моменту має бути зменшена, в залежності від величини поперечної сили за формулою:

$$W_{pl,y} = \rho \cdot t_w \cdot h_w^2 / 4 , \quad (A.5)$$

де  $\rho = (2\alpha - 1)^2$  – зменшувальний коефіцієнт;

$\alpha = Q_{Ed} / Q_{Rd} \geq 0,5$  – коефіцієнт;

$Q_{Ed}$  – діюча поперечна сила;

$Q_{Ed} = m \cdot \frac{R_{yn}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} h_w \cdot t_w$  – розрахунковий опір перерізу зрізу;

$h_w$  і  $t_w$  – висота і товщина стінки.

**Додаток Б**  
**(обов'язковий)**

**МАТЕРІАЛИ ТА НАПІВФАБРИКАТИ**

**Б.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАТУ І ВИРОБІВ**

**Б.1.1** Прокат і вироби з прокату, що використовуються для виготовлення несних і допоміжних сталевих конструкцій мостів розділений за формою, розмірами та допусками. У таблиці Б.1 зроблені відповідні посилання на стандарти.

**Таблиця Б.1** - Обмеження до стінок та поясів для утворення пластичного шарніру

Вироби	Технічні умови	Розміри і допуски
Товстолистовий прокат, штаба та широка штаба	ДСТУ 5521	ДСТУ EN 10029 ДСТУ EN 10051 ДСТУ 8540 ДСТУ EN 10058
Двотаври з паралельними гранями полиць	ДСТУ 2651 ДСТУ 8541	ДСТУ EN 10034
Двотаври гарячекатані з нахилом полиць	ДСТУ 8817	ДСТУ EN 10024
Швелери	ДСТУ EN 10025-1 ДСТУ EN 10025-2	ДСТУ EN 10279
Кутики рівнополичні та нерівнополичні	ДСТУ EN 10025-3 ДСТУ EN 10025-4	ДСТУ EN 10056-2
Таври	ДСТУ EN 10025-5	ДСТУ EN 10055
Круг	ДСТУ EN 10025-6	ДСТУ EN 10060
Квадрат	ТУ У 322-16-127-97	ДСТУ EN 10059
Шестигранник	ТУ У 0541-6923-085	ДСТУ EN 10061
Штабобульб гарячекатаний несиметричний для суднобудування		ГОСТ 21937-76 ДСТУ EN 10067
Профілі порожнисті гарячого формування	ДСТУ EN 10210-1	ДСТУ EN 10210-2
Профілі порожнисті холодного формування	ДСТУ EN 10219-1	ДСТУ EN 10219-2
Шпильки і керамічні втулки для дугового приварення шпильок <sup>1</sup>	ДСТУ ISO 13918	ДСТУ ISO 13918
Холодно-катані сталеві профілі <sup>2</sup> (трапецієподібні ребра ортотропних плит)	ДСТУ EN 10162	ДСТУ EN 10162
Болти (звичайні)	ДСТУ ISO 898-1	ДСТУ ISO 4014

<sup>1</sup> Шпильки і керамічні втулки для дугового приварення шпильок застосовуються для приєднання плит сталезалізобетонних мостів. Допускається використовувати шпильки (різьбові) для кріплення допоміжних конструкцій до основних конструкцій.

<sup>2</sup> Холодно-катані сталеві профілі застосовуються для трапецієподібних, V та U – ребер ортотропних плит.

Гайки (звичайні)	ДСТУ ISO 898-2	ДСТУ ISO 8673
Болти високоміцні	ДСТУ EN 14399 (Частини 3, 4, 7, 8)	ДСТУ EN 14399 (Частини 3, 4, 7, 8)
Гайки високоміцні	ДСТУ EN 14399 (Частини 3, 4, 7, 8)	ДСТУ EN 14399 (Частини 3, 4, 7, 8)
Шайби	ДСТУ EN 14399 (Частини 5, 6)	ДСТУ EN 14399 (Частини 5, 6)

**Б.1.2** Перелік виробів, який наданий в таблиці Б.1, в разі необхідності може бути доповнений іншими виробами.

## **Б.2 СТАЛЕВИЙ ЛИСТОВИЙ, СОРТОВИЙ ТА ФАСОННИЙ ПРОКАТ**

### **Б.2.1 Сталевий прокат для мостових конструкцій**

Б.2.1.1 Сталевий прокат (листовий, сортовий, фасонний) для основних (несних) конструкцій мостів слід приймати з переліку марок сталей, що наведені у таблиці **Б.2**, за виключеннями, які надані в примітках до таблиці.

**Таблиця Б.2** – Сталевий прокат відповідно до марки сталі

Позначення сталевого прокату	Товщина, мм	Характеристичні значення опорів, МПа		Вуглецевий коефіцієнт $CEV$	Видовження після розриву, %
		опір текучості, $R_{yH}$	тимчасовий опір, $R_{m}$		
ДСТУ EN 10025-2 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей.					
S235.12*	≤ 16	235	360	0,35	24
	16 – 40	225			
	41 – 63	215		0,38	23
	64 – 80	215			
	81 – 100	215			
	100 – 150	195			
S275.12*	≤ 16	275	410	0,40	21
	16 – 40	265			
	41 – 63	255			
	64 – 80	245	400	0,42	19
	81 – 100	235			
	100 – 150	225			
S355.12* S355 K2*	≤ 16	355	470	0,45	20
	16 – 40	345			
	41 – 63	335		0,47	19
	64 – 80	325			
	81 – 100	315			
	100 – 150	295			
ДСТУ EN 10025-3 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 3. Технічні умови постачання зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей, підданих нормалізації або нормалізованому прокатуванню					

S275N* S275NL	≤ 16	275	370	0,4	24
	16 – 40	265			
	41 – 63	255			
	64 – 80	245			
	81 – 100	235			23
S355N* S355NL	≤ 16	355	470	0,43	22
	16 – 40	345			
	41 – 63	335			
	64 – 80	325			
	81 – 100	315			21
S420N* S420NL	≤ 16	420	520	0,48	19
	16 – 40	400			
	41 – 63	390			
	64 – 80	370			
	81 – 100	360			18
ДСТУ EN 10025-4 – Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 4. Технічні умови постачання термомеханічно оброблених зварюваних дрібнозернистих сталей					
S275M* S275ML	≤ 16	275	370	0,34	24
	16 – 40	265		0,34	
	41 – 63	255	360	0,35	
	64 – 80	245	350	0,36	
	81 – 100	245		0,36	
S355M* S355ML	≤ 16	355	470	0,39	22
	16 – 40	345		0,39	
	41 – 63	335	450	0,4	
	64 – 80	325	440	0,45	
	81 – 100	325		0,45	
S420M* S420ML	≤ 16	420	520	0,43	19
	16 – 40	400		0,45	
	41 – 63	390	500	0,46	
	64 – 80	380	480	0,47	
	81 – 100	370	470	0,47	
ДСТУ 8817 Прокат конструкційний з нелегованої та легованої сталі для мостобудування. Технічні умови					
15ХСНД	≤ 32	345	490	0,47	21
	33 – 50	335	470		19
10ХСНД	≤ 15	390	530	0,49	19
	16 – 32	390	530		19
	33 – 40	390	510		19
09ГСЮЧ-2	8-50	355	490		21
09ГСЮЧ-3	8-50	390	530		19
ГОСТ 5521 Прокат сталевий для суднобудування. Технічні вимоги / Rolled steel for shipbuilding. Specifications.					
E36	≤ 32	355	490	0,5	22
E40	≤ 15	390	510	0,5	21
ТУУ 27.1-05-416923-085:2006					
06ГБД-355	8-50	355	450		
06ГБД-390		390	490		
06ГБД-440		440	540		
06ГБД-490		490	590		
ТУУ 27.1-05-416923-085:2006					

09Г2СЮЧ-2-325	8-50	325	450		
09Г2СЮЧ-2-355		355	490		
09Г2СЮЧ-2-390		390	530		
<p><math>R_{yn}</math> – опір текучості (характеристичне значення), напруження при якому залишкові деформації становлять 0,2% із забезпеченістю 95%.</p> <p><math>R_{tm}</math> – тимчасовий опір (характеристичне значення), напруження, яке дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передреує руйнації, до початкової площі зразка</p>					
<p><b>Примітки:</b></p> <p>1. Прокат, позначений *, не допускається для виготовлення головних балок (ферм) прогонових будов.</p> <p>2. Для елементів прогонових будов (крім головних балок або ферм) прокат, позначений *, має обмежене застосування для основних несних конструкцій мосту у зв'язку з не виконанням вимоги по забезпеченню ударною в'язкістю при температурі <math>-40^{\circ}\text{C}</math> (дивись п. Б.4.2.). Прокат, позначений *, може бути застосований для конструкцій без зварювання, для холоднокатаних поздовжніх ребер ортотропних плит, для поперечних ребер і поздовжніх ребер на стінках головних балок, для елементів в'язей, тощо, тільки за спеціальним погодженням розробника проекту. Інакше прокат, наданий в дужках, має бути використаний тільки для допоміжних конструкцій.</p> <p>3. Допускається застосовувати прокат, не охоплений переліком таблиці Б.2, в разі якщо він задовольняє вимогам, наданим в додатку Б.4.</p> <p>4. Використання атмосферостійкого прокату відповідно до ДСТУ EN 10025-5 і високоміцного прокату відповідно до ДСТУ EN 10025-6 може здійснюватися в обґрунтованих випадках, в разі якщо в проекті доведена доцільність застосування, і якщо він задовольняє вимогам, наданим в додатку Б.4.</p> <p>5. Значення <math>CEV</math> надане для середніх значень вмісту хімічних елементів. Для марок E36 та E40 має бути виконана умова з обмеження вуглецевого еквіваленту порохованого на вмісті тільки вуглецю та марганцю : <math>C + Mn/6 \leq 0,4 \%</math></p>					

## Б.2.2 Сталевий прокат допоміжних конструкцій

Б.2.2.1 У таблиці Б.3 надається сталевий прокат (листовий, сортовий і фасонний) для допоміжних конструкцій мостів; прокат допускається приварювати до основних несних конструкцій без обмежень, з виконанням вимог що до зварювання і механічного зачищення.

**Таблиця Б.3** – Сталевий прокат для допоміжних конструкцій мостів

Позначення сталі	Товщина, мм	Характеристичні значення опорів, МПа		Вуглецевий коефіцієнт $CEV$	Видовження після розриву, %
		опір текучості, $R_{yn}$	тимчасовий опір, $R_{tm}$		
ДСТУ 8803 Прокат товстолистовий з вуглецевої сталі звичайної якості Технічні умови. ДСТУ 2651. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки (хімічний склад).					
Ст3пс; Ст3сп; СТ3Гпс; СТ3Гсп	$\leq 20$ 21 – 40 41 – 100 > 100	245 235 225 205	370	$\leq 0,35$ для Ст3(пс, сп) $\leq 0,42$ для Ст3Г(пс, сп)	$\geq 23$
ДСТУ 8541 Прокат сталевий підвищеної міцності. Технічні умови. / High strength rolled steel, Specifications.					
09Г2;	$\leq 10$	345	490	$\leq 0,49$	$\geq 23$



09Г2С; 09Г2Д; 09Г2СД.	11 – 20	325	430		
	21 – 32	295			
	33 – 100	265			
	> 100	265			

**Примітки.**

1. Прокат згідно ДСТУ 8541, наданий в таблиці, категорій 12–16 (ударна в'язкість при  $KCU^{-40} \geq 29 \text{ Дж/см}^2$ ) допускається використовувати для елементів основних конструкцій мостів в разі якщо він задовольняє вимогам, наданим п. Б.4. Для підкладних елементів опорних частин без зварювання допускається 3-тя категорія; для зварних елементів, які не зазнають динамічних навантажень допускається 6-та категорія.

2. Для конструкцій які зазнають динамічні навантаження має бути прийнята 12–16 категорія і (ударна в'язкість при  $KCU^{-40} = 29 \text{ Дж/см}^2$ ). Такий прокат допускається використовувати для основних конструкцій, але не головних балок мостів. Для елементів без зварювання допускається 3-тя категорія; для зварних елементів, які не зазнають динамічних навантажень допускається 6-та категорія.

**Б.2.3 Сталевий прокат порожнистих профілів**

Б.2.3.1 Прокат розповсюджується на круглі, квадратні і прямокутні труби холодного формування і обробленого в гарячому стані відповідно до стандартів ДСТУ EN 10219 і ДСТУ EN 10210.

Б.2.3.2 Механічні властивості прокату мають відповідати наданим в таблиці **Б.4**

**Таблиця Б.4 – Механічні властивості прокату порожнистих профілів**

Позначення сталевого прокату	Товщина, мм	Характеристичні значення опорів, МПа		Вуглецевий коефіцієнт $CEV$	Видовження після розриву, %
		опір текучості, $R_{yL}$	тимчасовий опір, $R_{mL}$		
ДСТУ EN 10219 Профілі порожнисті зварні холодного формування, з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови постачання. Частина 2. Допуски, розміри і характеристики профілів.					
S275 NH*	≤ 16	275	370	≤ 0,4	24
S275 NLH	17 – 40	265			
S275 MH*	≤ 16	275	360	≤ 0,34	24
S275 MLH	17 – 40	265			
S355 NH*	≤ 16	355	470	≤ 0,43	22
S355 NLH	17 – 40	345			
S355 MH*	≤ 16	355	450	≤ 0,39	22
S355 MLH	17 – 40	345			
S420 MH*	≤ 16	420	500	≤ 0,43	19
S420 MLH	17 – 40	400			
S460 NH*	≤ 16	460	540	≤ 0,53	17
S460 NLH	17 – 40	440			
S460 MH*	≤ 16	460	530	≤ 0,46	17
S460 MLH	17 – 40	440			
ДСТУ EN 10210 Профілі порожнисті, кінцево оброблені в гарячому стані, з нелегованих і дрібнозернистих сталей для конструкцій. Частина 1. Технічні умови					

постачання. Частина 2. Допуски, розміри і характеристики профілів.					
S275 NH* S275NLH	$\leq 16$	275	370	$\leq 0,4$	24
	17 – 40	265			
	41 – 65	255			
S355 NH* S355NLH	$\leq 16$	355	470	$\leq 0,43^{**}$ $\leq 0,45$	22
	17 – 40	345			
	41 – 65	335			
S420 NH* S420 NLH	$\leq 16$	420	520	$\leq 0,50^{**}$ $\leq 0,52$	19
	17 – 40	400			
	41 – 65	390			
S460 NH* S460 NLH	$\leq 16$	460	540	$\leq 0,53^{**}$ $\leq 0,55$	17
	17 – 40	440			
	41 – 65	430			
<b>Примітки:</b>					
1. Прокат, позначений *, може бути застосований для основних несних конструкцій на умовах, наведених в примітках до таблиці <b>Б.2</b> .					
2. Вуглецевий еквівалент позначений ** має бути використаний для товщин прокату $\leq 16$ мм.					
3. Для сталей виготовлення <i>N</i> або <i>M</i> , значення роботи удару $KV^{20}=40$ Дж, $KV^{30}=27$ Дж. Для сталей виготовлення <i>NL</i> або <i>ML</i> значення роботи удару $KV^{50}=27$ Дж.					
4. Для профілів холодного формування із співвідношенням розмірів $D/t < 15$ (круглого перерізу) і $(B+H)/2 \cdot t < 12,5$ мінімальне відносне подовження має бути зменшене двічі.					

### Б.3 ВІДЛИВКИ

**Б.3.1** Для основних несних конструкцій мостів мають бути застосовані вилівки групи 3 відповідно до таблиці 5 ДСТУ 8781. Мають контролюватися: розміри, хімічний склад, механічні властивості, ударна в'язкість і вуглецевий еквівалент. При цьому, вимоги що до застосування виливок з вуглецевої і легованої сталі мають відповідати наданим в п. 6.

**Б.3.2** Використання виливок в конструкціях мостів може виконуватися для елементів опорних частин, анкеріння, з'єднань прокатних елементів, тощо. Прикріплення прокатних елементів до виливок може виконуватися за рахунок зварювання, при умові розробки технології в WPS, з наданням технологій температурних режимів підігріву перед і після зварювання.

**Б.3.3** У разі відсутності потрібних даних про характеристику виливки, в проєктній документації має бути надане креслення виливки з бажаними механічними властивостями (якщо потрібно з можливостями зварювання), без надання інформації про конкретну марку сталі. Подальше уточнення

механічних властивостей і хімічного складу має бути виконане на стадії замовлення виливки у виробника.

**Б.3.4** Попередню оцінку хімічного складу і механічних властивостей виливок допускається виконувати на основі стандартів:

ДСТУ EN 10213-1 Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes. Part 1: Виливки сталеві для роботи під тиском Частина 1: Технічні умови постачання.

ДСТУ EN 10213-3 Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes. Part 3: Steel grades for use at low temperatures / Технічні умови постачання сталевих виливок для роботи під тиском. Частина 3: Марки сталі для використання при низьких температурах.

ДСТУ EN 10213-4 Technical delivery conditions for steel castings for pressure purposes. Part 4: Austenitic and austenitic-ferritic steel grades / Технічні умови постачання сталевих виливок для роботи під тиском. Частина 4: Аустенітні і аустенітно-феритні марки сталей.

## **Б.4 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ПРОКАТУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ОСНОВНИХ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЯХ МОСТІВ**

### **Б.4.1** Вимоги до суцільності і поверхні прокату

Якість прокату за суцільністю має відповідати класам *S2* або *S3* для поверхні прокату і *E3* або *E4* – для бічних зон, відповідно до ДСТУ EN 10160-2.

Якість поверхні листового і сортового прокату має відповідати класу *A* підкласу 1 або 2, відповідно до ДСТУ EN 10163-2. Якість поверхні профілів має відповідати класу *D* підкласу 1 або 2, відповідно до ДСТУ EN 10163-3.

Допуски на відхилення в товщині прокату мають відповідати класу *A*, а за площинністю класам *ПО* (особливо висока), або *ПВ* (високої площинністю), відповідно до ДСТУ 8540.

### **Б.4.2** Мінімальне значення роботи удару

Мінімальне значення роботи удару має становити:

– для основних несних конструкцій  $KV^{40} = 27$  Дж;

ДБН В.2.3-26:202Х

– для допоміжних конструкцій  $KV^{20} = 27$  Дж.

У разі, якщо нормоване в стандартах значення надано меншим, сталь допускається використовувати на основі значень ударної в'язкості, наданих в заводських сертифікатах.

#### **Б.4.3** Максимальне значення вуглецевого еквіваленту

Б.4.3.1 Для елементів без зварювання значення вуглецевого еквіваленту не нормується.

Б.4.3.2 Значення вуглецевого еквіваленту слід визначати за формулою:

$$CEV = C + \frac{M_n}{6} + \frac{C_r + M_0 + V}{S} + \frac{N_i + C_u}{15}, \quad (\text{Б.1})$$

де  $C$ ,  $M_n$ ,  $C_r$ ,  $M_0$ ,  $V$ ,  $N_i$ ,  $C_u$  — масові частки вуглецю, марганцю, хрому, молібдену, ванадію, нікелю і міді.

Б.4.3.3 Для сталей із значним вмістом кремнію  $S_i$  для підрахунку вуглецевого еквіваленту може бути використана формула з ДСТУ 8541.

$$CEV = C + \frac{M_n}{6} + \frac{S_i}{24} + \frac{C_r}{5} + \frac{N_i}{40} + \frac{C_u}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (\text{Б.2})$$

де  $C$ ,  $M_n$ ,  $S_i$ ,  $C_r$ ,  $N_i$ ,  $C_u$ ,  $V$ ,  $P$  — масові частки вуглецю, марганцю, кремнію, хрому, нікелю, міді, ванадію і фосфору.

Б.4.3.4 Значення  $CEV$  не має перевищувати значень наданих в стандартах, або визначених за середнім вмістом хімічних складових, які надані в стандартах.

Б.4.3.5 У разі, якщо значення  $CEV$ , отримані за сертифікатами виробника, перевищують нормовані значення, застосування прокату можливе тільки за умови погодження спеціалізованою організацією, яка розробляє технологію зварювання.

Б.4.3.6 У разі, якщо  $CEV > 0,5$ , прокат може бути застосований тільки за умови розробки WPS на основі зварювання і випробування зразків.

#### **Б.4.4** Мінімальні значення пластичності

Б.4.4.1 Пластичність матеріалу оцінюється відношенням мінімального тимчасового опору до характеристичного значення опору текучості  $R_{un} / R_{yn}$  і відносним подовженням перед розривом.

Б.4.4.2 Значення відношень  $R_{un} / R_{yn}$  не повинно бути менше значень, наданих в таблиці **Б.5**.

**Таблиця Б.5** – Найменші значення відношень  $R_{un} / R_{yn}$

Група	Сталевий прокат	Найменше значення $R_{un}/R_{yn}$
1	Конструктивні сталі	1,3
2	Конструктивні нормалізовані сталі з дрібним зерном	1,2
3	Конструктивні термооброблені сталі з дрібним зерном	1,2
4	Атмосферостійкі сталі	1,3
5	Сталі з високою границею текучості	1,1

Б.4.4.3 Мінімальні значення мінімальне видовження після розриву циліндричного або плоского зразка діаметром або товщиною не менше 3 мм з початковою розрахунковою довжиною не менше  $l_i = 5,65\sqrt{A_0}$  ( $A_0$  – площа поперечного перерізу зразка) для прокату товщиною до 100 мм надані в таблиці **Б.6**.

**Таблиця Б.6** –Значення мінімальних видовжень після розриву

Група	Сталевий прокат	Мінімальне видовження після розриву, %					
		Класи міцності					
		C235	C275	C355	C420	C460	>C460
1	Конструктивні сталі	24	20	20	–	–	–
2	Конструктивні нормалізовані сталі з дрібним зерном	–	23	21	18	17	–
3	Конструктивні термооброблені сталі з дрібним зерном	–	24	22	19	17	–
4	Атмосферостійкі сталі	24	–	20	–	–	–
5	Сталі з високою границею текучості	–	–	–	–	–	15

## Б.5 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

Цей додаток надає інформацію, необхідну для визначення перерізів швів зварювання, а саме:

розрахункові опори;

характеристичні значення опорів текучості і тимчасових опорів;

робота удару.

Остаточний вибір зварювальних матеріалів має бути виконаний фахівцями спеціалізованої організації, яка забезпечує науково-технічний супровід зварювальних робіт. Для кожної партії зварювальних матеріалів мають бути виготовлені і випробувані зразки (дивись додаток Н). У результаті випробування мають бути отримані дані стосовно механічних властивостей і ударної в'язкості наплавленого металу.

### Б.5.1 Стандарти на зварювання

Настанови та стандарти на зварювання надані в розділі 2.

### Б.5.2 Розрахункові опори зварних з'єднань

При розрахунках опорів зварних з'єднань слід користуватися формулами, наданими в таблиці **Б.7**.

**Таблиця Б.7** – Розрахункові опори зварних з'єднань

Зварні з'єднання	Напружений стан		Розрахункові опори зварних з'єднань
Стикові	Стиск-розтяг, зріз і згин (приймається як для основного металу)	за границею текучості	$R_{w,n} = R_{yn} / \gamma_{M0}$
		за тимчасовим опором	$R_{w,u} = R_{un} / \gamma_{M0}$
		зріз	$R_{w,s} = 0,58 \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}$
Кутові шви	Зріз (умовний) по металу шва		$R_{w,f} = 0,55 \cdot R_{w,un} / \gamma_{M2}$
	Зріз (умовний) по металу границі сплавлення		$R_{w,z} = 0,45 \cdot R_{un}$
$R_{w,un}$ – тимчасовий опір розриву металу шва, приймається за сертифікатами виробника зварювальних матеріалів (для поширених матеріалів надається в таблицях Б.8 – Б.13. $\gamma_{M0} = 1,0$ – коефіцієнт надійності для стикових швів приймається як для основного металу; $\gamma_{M2} = 1,25$ – коефіцієнт надійності для зварного з'єднання.			

### Б.5.3 Класифікація електродів і дротів

Відповідно до діючих стандартів, зварювальні матеріали, характеристики яких надані нижче, класифіковані за опором текучості і роботою удару 47 Дж.

За характеристичне значення опору текучості металу шва зварювання  $R_{w,yn}$ , приймається напруження, при якому залишкові деформації складають 0,2 % із забезпеченістю 95 %.

Всі матеріали для зварювання основних несних конструкцій мостів повинні мати (безпосередньо після зварювання, або після термообробки)

роботу удару, яка забезпечує  $KV^{40} = 27$  Дж, як по металу шва, так і в зоні сплавлення з основним металом.

#### Б.5.4 Механічні характеристики наплавленого металу

Значення опору текучості, тимчасового опору і енергія удару для наплавленого металу має бути більше ніж для основного металу.

Пластичні характеристики наплавленого металу мають бути не гірше ніж у основного металу. Контролюються: відносне подовження перед розривом і відношення тимчасового опору до опору текучості.

Твердість металу швів обмежена 350 одиницями за шкалою Віккерсу ( $HV$ ). Для кутових швів з катетом 5 – 7 мм твердість допускається 400 одиниць.

##### Б.5.4.1 Покриті електроди

ДСТУ EN ISO 2560 Електроди покриті для ручного дугового зварювання. Для електродів, класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж механічні характеристики металу шва наплавленого покритими електродами надані в таблиці Б.8, а для ручного дугового зварювання високоміцних сталей в таблиці Б.9.

**Таблиця Б.8** – Механічні характеристики металу шва наплавленого покритими електродами

Електроди класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 2560	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальне значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$
E35	355	440	22	1,25
E38	380	470	20	1,25
E42	420	500	20	1,20
E46	460	530	20	1,15
E50	500	560	18	1,10

ДСТУ EN ISO 18275 Покриті електроди для ручного дугового зварювання високоміцних сталей.

**Таблиця Б.9** – Механічні характеристики металу шва для ручного дугового зварювання високоміцних сталей

Електроди класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 18275	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальне значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$

E55	550	610	18	1,1
E62	620	690	18	1,1
E69	690	760	17	1,1
E79	790	880	16	1,1
E89	890	980	15	1,1

**Б.5.4.2** Дріт порошковий для дугового зварювання у захисному газі та без нього

ДСТУ EN ISO 17632 Дріт порошковий для дугового зварювання у захисному газі та без нього. Для зварювальних Т (трубчастих) дротів, класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж, механічні характеристики металу шва надані в таблиці Б.10.

**Таблиця Б.10** – Механічні характеристики металу шва зварювальних Т (трубчастих) дротів, класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж

Дроти класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 17632	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальне значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$
T35	355	440	22	1,25
T38	380	470	20	1,25
T42	420	500	20	1,20
T46	460	530	20	1,15
T50	500	560	18	1,10

**Б.5.4.3** Дріт суцільний для дугового зварювання в захисному газі

ДСТУ EN ISO 14341 Матеріали зварювальні. Електродні та наплавлений метал для дугового зварювання у захисному газі нелегованих і дрібнозернистих сталей. Для зварювальних G (суцільних) дротів, класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж, механічні характеристики металу шва надані в таблиці Б.11.

**Таблиця Б.11** – Механічні характеристики наплавленого металу шва зварювальних G (суцільних) дротів, виконаних в захисному газі, класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж

Дроти класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 14341	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальні значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	Відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$
G35	355	440	22	1,25
G38	380	470	20	1,25
G42	420	500	20	1,20



G46	460	530	20	1,15
G50	500	560	18	1,10

#### Б.5.4.4 Дроти для зварювання під флюсом

ДСТУ EN ISO 14171 Матеріали для зварювання. Дроти суцільного перерізу, порошкові дроти і комбінації дрiт/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація. Для зварювальних дротів: *S* (суцільних) і *T* (трубчастих), класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж, механічні характеристики металу шва надані в таблиці Б.12.

**Таблиця Б.12** – Механічні характеристики металу шва для зварювальних дротів: *S* (суцільних) і *T* (трубчастих), класифікованих за опором текучості і енергією удару 47 Дж

Дроти класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 14171	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальне значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$
S55; T35	355	440	22	1,25
S38; T38	380	470	20	1,25
S42; T42	420	500	20	1,20
S46; T46	460	530	20	1,15
S50; T50	500	560	18	1,10

ДСТУ EN ISO 26304 Дроти електродні, дрiт, прутки і наплавлений метал для дугового зварювання під флюсом високоміцних сталей.

**Таблиця Б.13** – Механічні характеристики металу шва для дугового зварювання під флюсом високоміцних сталей

Дроти класифіковані за опором текучості згідно ДСТУ EN ISO 26304	Характеристичні значення наплавленого металу шва, МПа		Мінімальне значення	
	опору текучості, $R_{w,yn}$	тимчасового опору, $R_{w,un}$	видовження після розриву, %	відношення $R_{w,un} / R_{w,yn}$
S55; T55	550	640	18	1,15
S62; T62	620	700	18	1,15
S69; T69	690	770	17	1,10
S79; T79	790	880	16	1,10
S89; T89	890	940	15	1,05

ДБН В.2.3-26:202Х

## **Б.6 КРІПИЛЬНІ ВИРОБИ**

Механічні властивості і розрахунки кріпильних з'єднань надані в додатку

К.

**Додаток В**  
**(довідковий)**

**РОЗРАХУНКИ ЕФЕКТИВНОЇ ШИРИНИ ПЛИТ**

**В.1 ЕФЕКТИВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕРІЗІВ**

**В.1.1** При згині балок, верхні та нижні широкі пояси (ортотропні плити) мосту включаються в роботу разом зі стінками за рахунок передачі зрізних зусиль зі стінок на плити. Тому нормальні напруження в плиті біля стінок, як правило більше ніж на периферії.

**В.1.2** Нерівномірність розподілу нормальних напружень по ширині плити, за рахунок ефекту запізнення дотичних напружень, слід враховувати введенням *ефективних* (зменшених) геометричних характеристик перерізу замість фактичних.

**В.1.3** Ефективну ширину плит слід використовувати не лише при розрахунках перерізів на міцність, але й при *визначенні геометричних характеристик* елементів для розрахункових схем, що застосовуються у розрахунках по визначенню зусиль та деформацій.

**В.1.4** У місцях різкої зміни поперечного перерізу або наявності великих вирізів недостатньо підраховувати геометричні характеристики відповідно до зміни площі елементів поперечного перерізу, а слід також враховувати нерівномірність розподілу напружень. Нерівномірність має бути врахована як при згині так і від зосереджених сил. При цьому, *ефективні* геометричні характеристики від дії зосередженої сили і дії згинальних моментів будуть різними і їх слід розраховувати окремо.

**В.2 КОЕФІЦІЄНТИ РЕДУКЦІЇ, ОТРИМАНІ НА ОСНОВІ ФОРМУЛ**

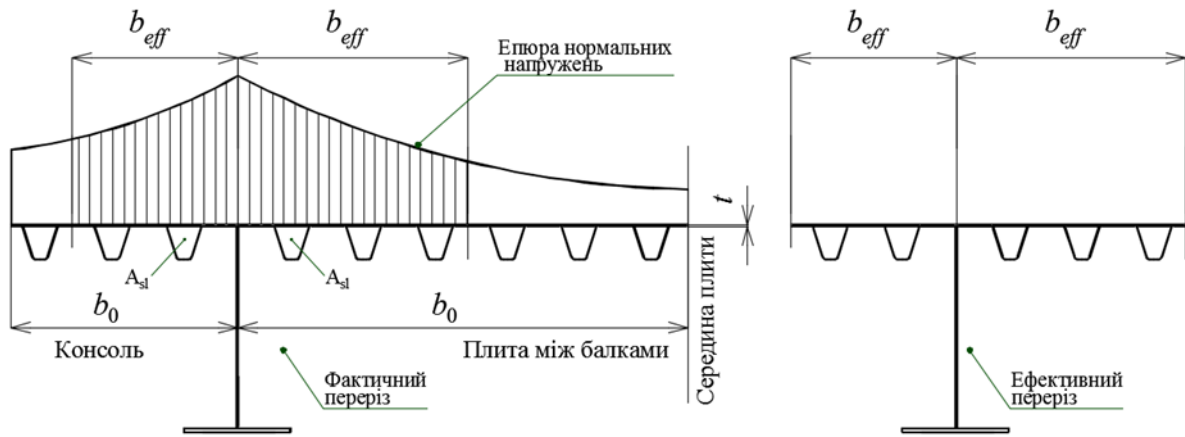
**В.2.1** Ефективну ширину плити слід знаходити за формулою:

$$b_{eff} = \beta \cdot b_0, \quad (B.1)$$

де  $b_0$  – фактична ширина плити;

$\beta$  – коефіцієнт редукації;

$b_{eff}$  – ефективна ширина плити (дивись рисунок В.1).



**Рисунок В.1** Фактичний і ефективний перерізи

**В.2.2** Коефіцієнт редукції  $\beta$  може бути оцінений за формулами таблиці

В.1 та параметром:

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e, \tag{B.2}$$

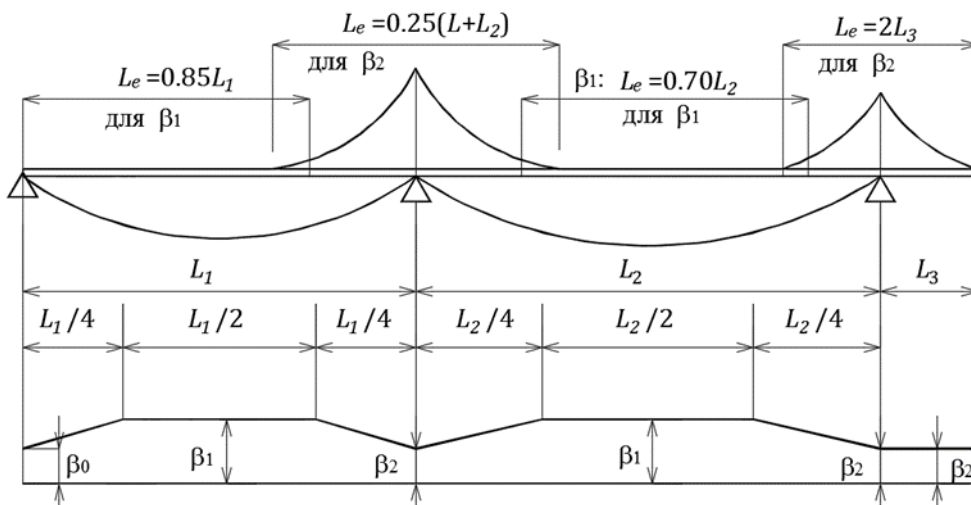
$$\alpha_0 = \sqrt{1 + A_{st} / (b_0 \cdot t)}, \tag{B.3}$$

де  $A_{st}$  – площа поздовжніх ребер плити;

$t$  – товщина листа настилу.

Позначення надані на рисунку В.1.

$L_e$  ефективна довжину прогону слід визначати, керуючись схемою, на рисунку Д.2, за умови, що нема прогонів довше за 1,5 довжини суміжного прогону, а консоль не довше половини суміжного прогону. В інших випадках довжина прогону визначається між нульовими точками епюри моментів.



**Рисунок В.2** – Схема для визначення ефективної довжини прогону  $L_e$

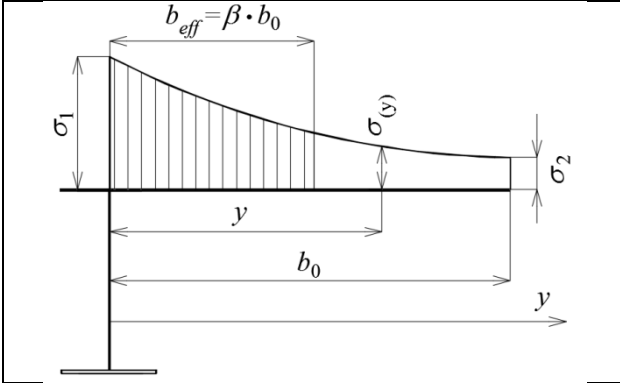
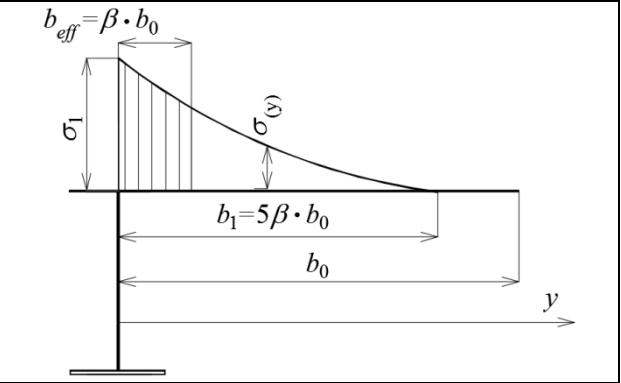
**В.2.3** Значення коефіцієнтів редукції  $\beta$ , в залежності від обрахованого коефіцієнта  $\kappa$  і форми ділянки епюри моментів по довжині балки слід визначити за формулами таблиці В.1

**Таблиця В.1** – Значення коефіцієнтів редукції  $\beta$

$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e$	Ділянка, що розглядається	Значення коефіцієнта $\beta$
$\leq 0,02$		$\beta = 1,0$
0,02 – 0,70	Опукла епюра	$\beta = \beta_1 = 1 / (1 + 6,4 \cdot \kappa^2)$
	Увігнута епюра	$\beta = \beta_2 = \frac{1}{1 + 6,0 \cdot (\kappa - 1/0,0004 \cdot \kappa) + 1,6 \cdot \kappa^2}$
$> 0,7$	Опукла епюра	$\beta = \beta_1 = 1 / (5,9 \cdot \kappa)$
	Увігнута епюра	$\beta = \beta_2 = 1 / (8,6 \cdot \kappa)$
всі значення $\kappa$	кінцеве обпирання	$\beta = \beta_0 = (0,55 + 0,025 / \kappa) \cdot \beta_1$ , але $\beta_0 < \beta_1$
всі значення $\kappa$	консоль	$\beta = \beta_2$ в обпиранні $\beta_0 = 1,0$ на кінці

**В.2.4** Для кількісного оцінювання характеру розподілу значень напружень по ширині плит можна скористатися формулами, що наведені в таблиці В.2.

**Таблиця В.2** – Кількісна оцінка нерівномірності розподілу напружень

	
$\beta > 0,2$	$\beta < 0,2$
$\sigma_2 = 1,25 \cdot (\beta - 0,2) \cdot \sigma_1$	$\sigma_2 < 0,2$
$\sigma_{(y)} = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \left(1 - \frac{y}{b_0}\right)^4$	$\sigma_{(y)} = \sigma_1 \cdot \left(1 - \frac{y}{b_1}\right)^4$

**В.2.5** Вищенаведена методика оцінки нерівномірності розподілу нормальних напружень по ширині поясів балки жорсткості передбачає пружну роботу плит.

### В.3 КОЕФІЦІЄНТИ РЕДУКЦІЇ, ОТРИМАНІ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВИХ РОЗРАХУНКІВ

**В.3.1** Ефективну ширину плити  $b_{eff}$  при розрахунках у пружно-пластичній стадії слід знаходити за формулою:

$$b_{eff} = \sum \beta_i \cdot b_i, \quad (B.4)$$

де  $\beta_i$  – коефіцієнт редукації  $i$ -того відрізка;

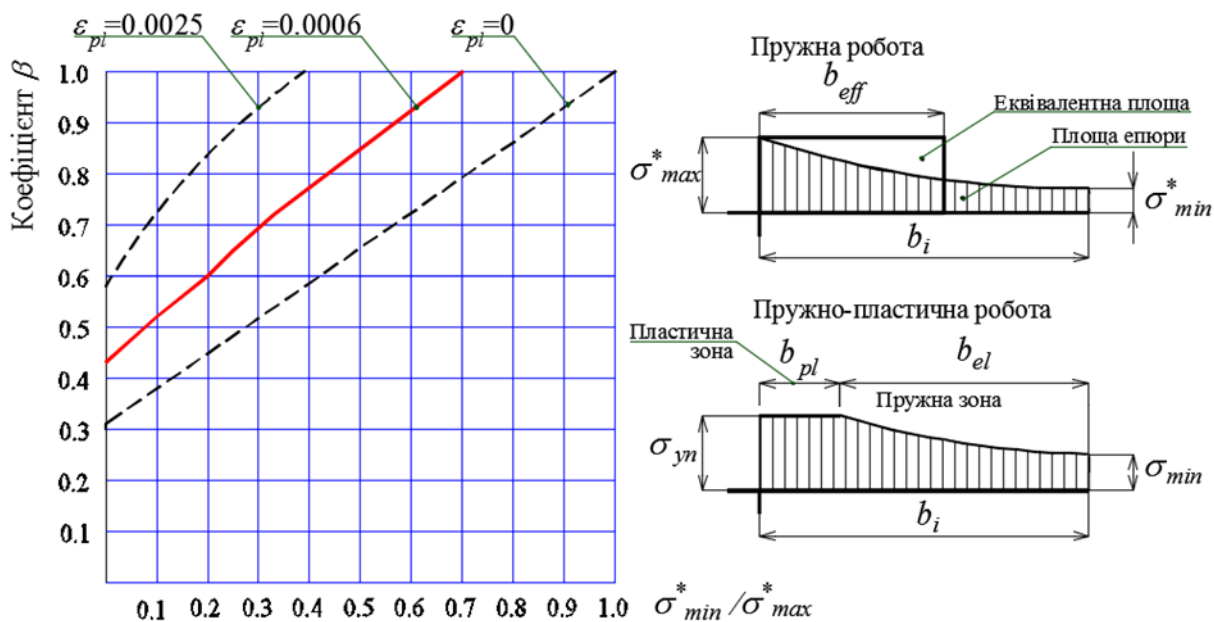
$b_i$  – ширина  $i$ -того відрізка.

**В.3.2** У розрахунках з обмеженою пластичною деформацією  $\varepsilon_{pl} = 0,0006$  для сталі класу міцності С390, коефіцієнт редукації (зменшення)  $\beta_i$  залежно від відношення  $\sigma_{min}^* / \sigma_{max}^*$  слід знаходити за таблицею В.3.

**Таблиця В.3** – Знаходження коефіцієнта редукації в розрахунках з обмеженою пластичною деформацією

$\sigma_{min}^* / \sigma_{max}^*$	1,0	0,7	0,5	0,33	0,25	0,20	0,10	0
$\beta$	1	1	0,85	0,72	0,65	0,60	0,52	0,43

$\sigma_{min}^*$  і  $\sigma_{max}^*$  – найменше і найбільше нормальне напруження по краях  $i$ -того відрізка плити шириною  $b_i$ , які знайдені з розрахунку просторової схеми в пружній стадії.



**Рисунок В.3** – Коефіцієнти редукації при пружно-пластичній роботі перерізу із сталі класу С390

**В.3.3** Для інших умов коефіцієнт редукції  $\beta$  при заданій величині пластичних деформацій  $\varepsilon_{pl}$  в залежності від класу міцності сталі  $\sigma_{yn}$  і мінімальних і максимальних напружень на ділянці полиці шириною  $b$  розраховується за формулами:

$$\beta = \omega \cdot c_{pl} \quad (B.5)$$

$$\omega = \frac{1}{3} \left( 1 - \frac{2 \cdot \sigma_{min}^*}{\sigma_{max}^*} \right), \quad (B.6)$$

$$\kappa = \sqrt{\frac{\sigma_{yn} - \sigma_{min}}{\sigma_{yn} - \sigma_{min} + \varepsilon_{pl} \cdot E}}, \quad (B.7)$$

$$c_{pl} = \frac{1 - \kappa \cdot \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\varepsilon_{min}}{\varepsilon_{yn}} \right)}{\omega}. \quad (B.8)$$

де  $\alpha = \frac{\sigma_{min}^*}{\sigma_{max}^*}$  – коефіцієнт;

$\sigma_{min} = \frac{\sigma_{yn} + \sigma_{yn} / E}{\alpha} \leq \sigma_{yn}$  – мінімальне напруження, отримане в пружно-

пластичній епюрі (дивись рисунок **В.3**);

$\sigma_{yn}$  – напруження опору текучості; характеристичне значення;

$E$  – модуль пружності;

$\varepsilon_{yn}$  – деформація при напруженні  $\sigma_{yn}$ , яка знаходиться за формулою

$$\varepsilon_{yn} = \sigma_{yn} / E;$$

$\varepsilon_{pl}$  – пластична деформація; для розрахунків головних несних конструкцій приймається рівною  $\varepsilon_{pl} = 0,0006$ ; для ребер ортотропних плит і елементів підданих локальним навантаженням –  $\varepsilon_{pl} = 0,0025$ .

$c_{pl}$  – коефіцієнт умовного зміцнення, за рахунок появи обмежених пластичних деформацій.

**В.3.4** При пружних розрахунках, ефективну ширину полиць  $b_{ef}$  слід визначити як ширину сторони прямокутника з площею, рівною площі епюри нормальних напружень  $A_{\sigma}$  за формулою:

$$b_{eff} = A_{\sigma} / \sigma_{\max}^* \cdot \quad (B.9)$$



**Додаток Г**  
**(довідковий)**  
**КРУЧЕННЯ**

**Г.1 ВІЛЬНЕ КРУЧЕННЯ**

Формули для розрахунків дотичних напружень в стержнях різних перерізів при вільному крученні (Сен-Венана) надані в таблиці Г.1.

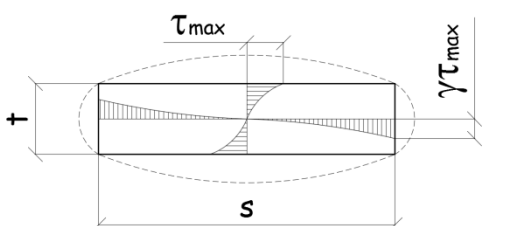
**Таблиця Г.1**– Формули для розрахунків дотичних напружень

Тип перерізу	Моменту інерції, $I_t$	Моменту опору, $W_t$	Дотичні напруження, $\tau$
Замкнений тонкостінний	$I_t = 4 \cdot A^2 \cdot \sum_i \frac{s_i \cdot t_i^3}{3}$	$W_t = 2 \cdot A \cdot t_i$	$\tau = M_t / W_t$
Відкритий тонкостінний	$I_t = \delta \cdot \sum_i \frac{s_i \cdot t_i^3}{3}$	$W_t = I_t / t_i$	
Суцільний прямокутний перерізом $s$ на $t$	$I_t = \beta \cdot s \cdot t^3$	$W_t = \alpha \cdot s \cdot t^2$	
Суцільний круглий діаметром $d$	$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$	$W_p = I_p / (d/2)$	
Труба діаметром $d$ і внутрішнім діаметром $d_1$	$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \cdot \left( 1 - \left( \frac{d_1}{d} \right)^4 \right)$		
Коефіцієнт $\delta$ в таблиці Г.1 знаходять за таблицею Г.2. Коефіцієнт $\alpha$ і $\beta$ в таблиці Г.1 знаходять за таблицею Г.3.			

**Таблиця Г.2** – Значення коефіцієнтів  $\delta$  для перерізів різних типів

Значення коефіцієнтів $\delta$ для перерізів різних типів для формули $I_t = \delta \cdot s \cdot t^3 / 3$				
Кутік	Двотавр несиметричний	Двотавр симетричний	Швелер	Тавр
1,0	1,15–1,25	1,15–1,3	1,1–1,15	1,15–1,2

**Таблиця Г.3**– Значення коефіцієнтів  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$

$s/t$								
	1	1,5	2	3	4	5	8	10
$\alpha$	0,208	0,231	0,246	0,264	0,282	0,291	0,307	0,333
$\beta$	0,141	0,196	0,229	0,263	0,281	0,291	0,307	0,333

$\gamma$	1,0	0,86	0,79	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74
----------	-----	------	------	------	------	------	------	------

де  $M_t$  – момент при вільному крученні;

$I_t$  і  $W_t$  – момент інерції і момент опору перерізу при вільному крученні;

$s_i$  і  $t_i$  – довжина і товщина  $i$ -тої ділянки контуру;

$s$  – довжина середньої лінії тонкостінного перерізу постійної товщини, або більший розмір перерізу прямокутного бруса;

$t$  – товщина стінки тонкостінного перерізу, або менший розмір перерізу прямокутного бруса;

$A$  – площа, що утворена середньою лінією замкнутого контуру тонкостінного перерізу;

$I_p$ ,  $I_x$ ,  $I_y$  та  $r$  – моменти інерції полярний, відносно осі  $x$ , відносно осі  $y$  і радіус круглого перерізу.

## Г.2 СТИСНЕНЕ КРУЧЕННЯ

При стисненому крученні, напруження слід знаходити для відкритих перерізів. Для розрахунків напружень в перерізі слід знайти момент при стисненому крученні  $M_\omega$  і бімомент  $B_\omega$ . Їх значення залежать від статичної схеми стержня, від типу і положення навантаження, від положення перерізу і від відношення жорсткості при вільному і стисненому крученні  $k = \sqrt{G \cdot I / E \cdot I_\omega}$ .

Нормальні напруження знаходять за формулою:

$$\sigma_\omega = \frac{B_\omega \cdot \omega}{I_\omega} = \frac{B_\omega}{W_\omega} . \quad (\text{Г.1})$$

У перерізах стержня, крім нормальних можуть виникнути і дотичні по формулі:

$$\tau_\omega = \frac{M_\omega \cdot S_\omega}{I_\omega \cdot t} . \quad (\text{Г.2})$$

де  $G$  і  $E$  – модуль зсуву і модуль пружності;

$M_\omega$  – момент при стисненому крученні;

$B_\omega$  – бімомент;

$I_{\omega}$  – секторіальний момент інерції;

$S_{\omega}$  – секторіальний статичний момент;

$\omega$  – секторіальна площа (координата);

$W_{\omega} = I_{\omega} / \omega$  – секторіальний момент опору;

$t$  – товщина стінки профілю.

Для розрахунків секторіальних характеристик слід використовувати спеціальні програми.

**Додаток Д**  
**(обов'язковий)**

**РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ СТЕРЖНІВ І СПОРУД В ЦІЛОМУ**

**Д.1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Плоска форма втрати стійкості пов'язана з вигином елементу у площині найменшої жорсткості. Розрахунки стійкості виконуються при центральному стисканні і позацентровому стисканні в площині найменшої жорсткості.

Крутна форма втрати стійкості пов'язана з деформаціями у вигляді закручування стержня навколо поздовжньої осі.

Згинально-крутна форма втрати стійкості проходить по формі, яка пов'язана з вигином і скручуванням елементу. Критична сила при згинально-крутній формі, як правило менше крутильної критичної сили і менше критичних сил відносно окремих осей. Розрахунки стійкості виконуються при центральному і позацентровому стисканні в одній або в двох площинах, а також при згині. Для стисло вигнутих елементів застосовують термін *крутно-зігнута (torsional-flexural)*, для вигнутих елементів *поперечно-крутна (lateral-torsional)*.

Втрата стійкості вільних поясів балок або ферм пов'язана із вигином стиснутих поясів з площини.

Втрата стійкості арок пов'язана з вигином арок в площині. Поперечна стійкість оцінюється аналогічно розрахунку вільних поясів. Більш уточнені розрахунки виконуються по згинально-крутним формам.

Втрата стійкості пластинок, стиснутих в напрямку поздовжніх елементів. Перевірка виконується для пластинок, що закріплені по одній і по двох кромкам.

Втрата стійкості відсіків стінок головних балок перевіряються на дію нормальних напружень відносно двох осей і зрізних напружень.

Втрата стійкості ортотропних плит пов'язана із втратою стійкості плити з поздовжніми ребрами між поперечними балками.

Крім розрахунків окремих елементів споруди для окремих, наприклад аркових мостів, слід виконувати уточненні розрахунки споруди в цілому.

Втрата стійкості споруди в цілому виконуються за допомогою комп'ютерних розрахунків просторових схем, в яких визначаються можливі форми втрати стійкості і «слабкі» елементи.

Гнучкість – є базовим параметром для розрахунків стійкості, який дозволяє знайти зменшувальний коефіцієнт опору стержня, плитних елементів і споруди в цілому. Для різних типів елементів і різних типів розрахунків гнучкість знаходиться по різному;

*Критична сила, критичний згинальний момент або крутний момент* – найменші сила стиску, або згинальний або крутний момент при якій наступає втрата стійкості стержня.

Стійкість першого роду пов'язують з появою нових форм рівноваги. Втрата стійкості характеризує навантаження, яке викликає перехід з одної форми на іншу. Це навантаження називають критичним. Розрахунки стійкості першого роду виконуються в припущенні лінійної залежності між навантаженнями і деформаціями при пружній роботі матеріалу.

Стійкість другого роду або «стійка міцність» визначається ростом деформацій в площині вигину. Розрахунки слід вести з врахуванням поточних деформацій і контролем напружень в найбільш навантаженому перерізі. Втрата стійкості характеризується станом, при якому починається різке зростання деформацій і при цьому контролюються напруження в найбільш навантаженій фібрі. Навантаження, що викликає такий стан називають критичним. Розрахунки стійкості другого роду виконуються в припущенні нелінійної залежності в таблиці між навантаженнями і деформаціями при пружній роботі матеріалу.

Нижче наведені позначення, які використовуються в таблицях Д.1, Д.2 і Д.3:

$\lambda, \lambda_x, \lambda_y, \lambda_{ef}$  – гнучкості відносно осей та приведена гнучкість;

$\varphi, \varphi_c, \varphi_b$  – коефіцієнти поздовжнього згину.

## Д.2 КОЕФІЦІЄНТИ ПОЗДОВЖНЬОГО ЗГИНУ У РОЗРАХУНКАХ СТІЙКОСТІ СТЕРЖНІВ І БАЛОК

**Таблиця Д.1** – Коефіцієнти поздовжнього згину для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності до С250

Гнучкість $\lambda, \lambda_x$ $\lambda_y, \lambda_{ef}$	Коефіцієнти $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$ для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності до С250 при приведеному відносному ексцентриситеті $e_{ef}$												
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00
0	0,93	0,85	0,79	0,68	0,60(0,58)	0,52(0,50)	0,43(0,41)	0,35	0,30	0,27	0,24	0,21	0,17
10	0,92	0,84	0,78	0,68(0,67)	0,60(0,57)	0,52(0,50)	0,42(0,40)	0,35	0,30	0,26	0,23	0,21	0,17
20	0,90	0,83	0,77(0,76)	0,67(0,66)	0,58(0,56)	0,50(0,49)	0,41(0,40)	0,34	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17
30	0,88	0,81	0,76(0,73)	0,65(0,63)	0,56(0,54)	0,49(0,47)	0,40(0,39)	0,33	0,29	0,25	0,22	0,21	0,17
40	0,85	0,79(0,77)	0,73(0,70)	0,63(0,61)	0,54(0,52)	0,47(0,45)	0,39(0,38)	0,32	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
50	0,82(0,80)	0,76(0,73)	0,70(0,65)	0,60(0,57)	0,51(0,49)	0,45(0,43)	0,37(0,36)	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,16
60	0,78(0,73)	0,72(0,66)	0,66(0,60)	0,57(0,53)	0,49(0,46)	0,43(0,41)	0,35(0,34)	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16
70	0,74(0,66)	0,67(0,60)	0,62(0,54)	0,54(0,48)	0,46(0,42)	0,41(0,38)	0,34(0,32)	0,29	0,25	0,22	0,20	0,19	0,16
80	0,69(0,60)	0,62(0,54)	0,57(0,49)	0,50(0,43)	0,43(0,39)	0,38(0,36)	0,32(0,31)	0,28	0,24	0,22	0,20	0,19	0,15
90	0,63(0,54)	0,56(0,49)	0,51(0,44)	0,45(0,40)	0,40(0,36)	0,36(0,33)	0,30(0,28)	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,15
100	0,56(0,49)	0,49(0,44)	0,45(0,40)	0,41(0,37)	0,37(0,33)	0,33(0,30)	0,29(0,26)	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,14
110	0,49(0,44)	0,43(0,40)	0,41(0,37)	0,37(0,34)	0,34(0,31)	0,31(0,29)	0,27(0,25)	0,24	0,21	0,19	0,18	0,17	0,14
120	0,43(0,41)	0,39(0,37)	0,37(0,34)	0,34(0,31)	0,31(0,28)	0,29(0,27)	0,25(0,23)	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,13
130	0,38(0,37)	0,35(0,34)	0,33(0,31)	0,31(0,29)	0,29(0,27)	0,26(0,25)	0,23(0,22)	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13
140	0,34	0,31	0,30(0,29)	0,28(0,27)	0,26(0,25)	0,24(0,23)	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12
150	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,12
160	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,13	0,11
170	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
180	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
190	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10
200	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10

**Примітка.** Значення коефіцієнтів  $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$  в дужках стосуються прокатних двотаврів з паралельними гранями полиць та зварних елементів двотаврового та Н- подібного перерізів, при розрахунку стійкості в площині полиць, якщо рівень залишкових напружень стиску в полицях більше ніж 50 МПа.

**Таблиця Д.2** – Коефіцієнти поздовжнього згину для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності від С250 до С345

Гнучкість $\lambda, \lambda_x$ $\lambda_y, \lambda_{ef}$	Коефіцієнти $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$ для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності від С250 до С345 при приведеному відносному ексцентриситеті $e_{ef}$												
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00
0	0,93	0,86	0,78	0,69	0,62	0,54	0,44	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
10	0,92	0,84	0,77	0,68	0,60	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
20	0,90	0,83	0,76	0,66	0,58	0,51	0,41	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
30	0,88	0,81	0,73	0,63	0,56(0,55)	0,49(0,48)	0,40(0,39)	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16
40	0,85(0,84)	0,77(0,76)	0,69(0,68)	0,59(0,58)	0,52(0,51)	0,46(0,45)	0,38(0,37)	0,31	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16
50	0,80(0,78)	0,72(0,70)	0,64(0,62)	0,54(0,52)	0,48(0,46)	0,43(0,42)	0,36(0,35)	0,30	0,25	0,22	0,21	0,19	0,16
60	0,74(0,71)	0,66(0,63)	0,58(0,56)	0,48(0,46)	0,43(0,41)	0,39(0,38)	0,33(0,32)	0,28	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15
70	0,67(0,63)	0,58(0,55)	0,51(0,49)	0,43(0,41)	0,39(0,37)	0,35(0,34)	0,30(0,29)	0,27	0,23	0,21	0,20	0,18	0,15
80	0,58(0,53)	0,50(0,46)	0,45(0,42)	0,38(0,35)	0,35(0,33)	0,32(0,31)	0,27(0,26)	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17	0,14
90	0,48(0,43)	0,43(0,39)	0,40(0,37)	0,34(0,31)	0,31(0,29)	0,29(0,28)	0,25(0,24)	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14
100	0,40(0,36)	0,38(0,34)	0,35(0,32)	0,30(0,27)	0,28(0,26)	0,26(0,25)	0,23(0,22)	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,13
110	0,35(0,32)	0,33(0,30)	0,31(0,29)	0,27(0,25)	0,25(0,24)	0,23(0,22)	0,21(0,20)	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13
120	0,30(0,28)	0,29(0,27)	0,27(0,26)	0,24(0,23)	0,23(0,22)	0,22(0,21)	0,19(0,18)	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12
130	0,27(0,25)	0,25(0,24)	0,24(0,23)	0,22(0,21)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,18(0,17)	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
140	0,24(0,23)	0,23(0,22)	0,22(0,21)	0,20(0,19)	0,19(0,18)	0,18(0,17)	0,17(0,16)	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,11
150	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10
160	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10
170	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09
180	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09
190	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08
200	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08

**Таблиця Д.3** – Коефіцієнти поздовжнього згину для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності більше С345

Гнуч- кість $\lambda, \lambda_x$ $\lambda_y, \lambda_{ef}$	Коефіцієнти $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$ для розрахунку стійкості стержнів та балок із сталі класу міцності більше С345 при приведеному відносному ексцентриситеті $e_{ef}$												
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00
0	0,93	0,86	0,78	0,70	0,63	0,55	0,45	0,35	0,29	0,25	0,23	0,21	0,18
10	0,92	0,84	0,77	0,68	0,60	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
20	0,90	0,83	0,76	0,66	0,58	0,51	0,41	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
30	0,88	0,81	0,73	0,63	0,55	0,48	0,39	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16
40	0,84(0,83)	0,76(0,75)	0,68(0,67)	0,58(0,57)	0,51(0,50)	0,45(0,44)	0,37(0,36)	0,31(0,30)	0,26(0,25)	0,23(0,22)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,16(0,15)
50	0,79(0,77)	0,71(0,69)	0,63(0,61)	0,53(0,51)	0,47(0,45)	0,43(0,41)	0,36(0,34)	0,31(0,29)	0,26(0,24)	0,23(0,21)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,16(0,15)
60	0,73(0,70)	0,65(0,62)	0,58(0,55)	0,48(0,45)	0,43(0,40)	0,40(0,37)	0,34(0,31)	0,30(0,27)	0,26(0,24)	0,23(0,21)	0,21(0,19)	0,19(0,17)	0,16(0,14)
70	0,63(0,59)	0,55(0,51)	0,49(0,45)	0,41(0,37)	0,39(0,33)	0,36(0,30)	0,31(0,25)	0,29(0,23)	0,25(0,19)	0,23(0,17)	0,21(0,16)	0,19(0,14)	0,16(0,11)
80	0,53(0,49)	0,46(0,42)	0,42(0,38)	0,35(0,31)	0,33(0,29)	0,31(0,27)	0,26(0,22)	0,25(0,21)	0,22(0,18)	0,20(0,16)	0,18(0,14)	0,17(0,13)	0,14(0,10)
90	0,43(0,38)	0,39(0,34)	0,37(0,32)	0,31(0,26)	0,29(0,24)	0,28(0,23)	0,24(0,19)	0,23(0,18)	0,21(0,16)	0,19(0,14)	0,18(0,13)	0,17(0,11)	0,14(0,09)
100	0,35(0,32)	0,33(0,30)	0,31(0,28)	0,26(0,23)	0,25(0,22)	0,24(0,21)	0,21(0,18)	0,20(0,17)	0,19(0,15)	0,19(0,14)	0,18(0,13)	0,17(0,11)	0,14(0,08)
110	0,30(0,27)	0,28(0,25)	0,27(0,24)	0,23(0,20)	0,22(0,19)	0,20(0,17)	0,18(0,15)	0,18(0,15)	0,17(0,14)	0,15(0,12)	0,15(0,11)	0,15(0,10)	0,13(0,08)
120	0,26(0,24)	0,25(0,23)	0,24(0,22)	0,21(0,19)	0,20(0,18)	0,19(0,17)	0,16(0,14)	0,16(0,14)	0,15(0,13)	0,14(0,12)	0,13(0,11)	0,12(0,10)	0,10(0,08)
130	0,23(0,21)	0,22(0,20)	0,21(0,19)	0,19(0,17)	0,18(0,16)	0,17(0,15)	0,15(0,13)	0,15(0,13)	0,14(0,12)	0,13(0,11)	0,12(0,10)	0,11(0,09)	0,10(0,08)
140	0,21(0,20)	0,20(0,19)	0,19(0,18)	0,17(0,16)	0,16(0,15)	0,16(0,15)	0,14(0,13)	0,14(0,13)	0,13(0,12)	0,12(0,11)	0,11(0,10)	0,11(0,09)	0,09(0,08)
150	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07
160	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07
170	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06
180	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
190	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
200	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05

**Примітка.** Значення коефіцієнтів  $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$  дужках стосуються прокатних двотаврів з паралельними гранями полиць та зварних елементів двотаврового та Н- подібного перерізів, при розрахунку стійкості в площині полиць, якщо рівень залишкових напружень стиску в полицях більше ніж 50 МПа



### Д.3 РОЗРАХУНКИ ПРИВЕДЕНИХ ВІДНОСНИХ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТІВ

Значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$  слід знаходити на основі відносних ексцентриситетів  $e_{rel}$ , з врахуванням коефіцієнта форми перерізу  $\eta$  і форми епюри моментів по довжині стержня.

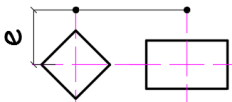
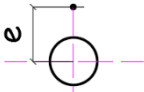
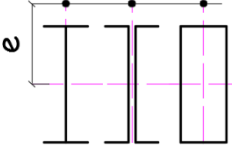
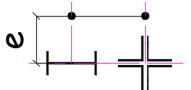
#### Д.3.1 Коефіцієнти форми перерізу

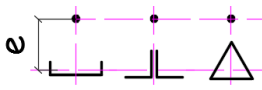
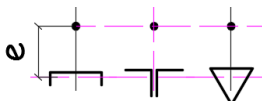
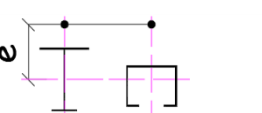
Д.3.1.1 Для стиснутих стержнів, що мають одну чи дві осі симетрії, значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$ , слід знаходити, з врахуванням коефіцієнта форми перерізу  $\eta$ , за формулою:

$$e_{ef} = \eta \cdot e_{rel} \cdot \quad (Д.1)$$

Д.3.1.2 Коефіцієнти форми  $\eta$  для поширених типів перерізів, наведені в таблиці Д.4

**Таблиця Д.4** – Коефіцієнти форми  $\eta$  для поширених типів перерізів

Схеми типів перерізів	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення коефіцієнта $\eta$			
		$0,1 \leq \bar{\lambda} \leq 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
		$0,1 \leq e_{rel} < 5$	$5 \leq e_{rel} < 20$	$0,1 \leq e_{rel} < 5$	$5 \leq e_{rel} < 20$
		1,0			
		$(1,3 - 0,05 \cdot e_{rel}) - 0,01 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,1		
	0,25	$(1,45 - 0,05 \cdot e_{rel}) - 0,01 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,2		
	0,5	$(1,75 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,25		
	$\geq 1,0$	$(1,9 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02 \cdot (6 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	$1,4 - 0,02 \cdot e_{rel}$	1,3	
	0,25	$(0,75 - 0,05 \cdot e_{rel}) - 0,01 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,0		
	0,5	$(0,5 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,0		
	$\geq 1,0$	$(0,25 - 0,15 \cdot e_{rel})$	1,0		

		$-0,03 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$			
	0,5	$(1,25 - 0,05 \cdot e_{rel})$ $-0,01 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,0		
	$\geq 1,0$	$(1,5 - 0,1 \cdot e_{rel})$ $-0,02 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$	1,0		
	0,5	$1,45 - 0,04 \cdot e_{rel}$	1,0	$1,45 + 0,04 \cdot e_{rel}$	1,65
	1,0	$1,8 - 0,12 \cdot e_{rel}$	1,0	$1,8 + 0,12 \cdot e_{rel}$	2,4
	1,5	$20 - 0,25 \cdot e_{rel} - 0,1 \cdot \bar{\lambda}$	–		
	2,0	$30 - 0,25 \cdot e_{rel} - 0,1 \cdot \bar{\lambda}$	–		
	0,5	1,4			
	1,0	$1,6 - 0,01 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$		$1,35 + 0,05 \cdot e_{rel}$	1,6
	2,0	$1,8 - 0,02 \cdot (5 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}$		$1,3 + 0,1 \cdot e_{rel}$	1,8
<p>У таблиці позначено:</p> <p><math>A_f</math> – площа полиць (горизонтальних елементів); <math>A_w</math> – площа стінок (вертикальних елементів).</p> <p>Ексцентриситет <math>e_{rel} = \rho \cdot \frac{A}{W_c} = \frac{M}{N} \cdot \frac{A}{W_c}</math>, де <math>M</math> – найбільше значення згинального моменту по довжині стержня.</p> <p>Умовна гнучкість <math>\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{R_{yn} / E}</math> гнучкість <math>\lambda = l_{ef} / i</math></p>					

**Д.3.2** Врахування форми епюри моментів для стержнів з двома осями симетрії

Д.3.2.1 Для стиснутих стержнів з двома осями симетрії значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$ , знайдених з врахуванням дійсної епюри моментів в залежності від ефективного ексцентриситету  $e_{ef.M1}$

Д.3.2.2 Ексцентриситет  $e_{ef.M1}$  визначається за формулою:

$$e_{ef.M1} = \eta \cdot \frac{M_1}{N} = \frac{A}{W_c}, \quad (\text{Д.2})$$

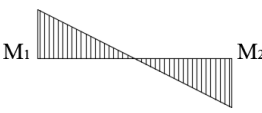



де  $M_1$  – найбільший момент в перерізі стержня;

$\eta$  – коефіцієнт форми (знаходиться за таблицею Д.4).

Д.3.2.3 Значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$ , в залежності від епюри моментів, ексцентриситетів  $e_{ef.M1}$  і умовної гнучкості

$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_{yn} / E}$ , надані в таблиці Д.5.

**Таблиця Д.5** – Значення приведених відносних ексцентриситетів  $e_{ef}$

$\delta = M_2 / M_1$	$\bar{\lambda}$	Приведені відносні ексцентриситети $e_{ef}$										
		при $e_{ef.M1} e_{efM1}$ , що дорівнюють:										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
 $M_2 = -M_1$ $\delta = -1,0$	1	0,10	0,30	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,4
	2	0,10	0,17	0,39	0,68	1,03	1,80	2,75	3,72	5,65	8,60	18,5
	3	0,10	0,10	0,22	0,36	0,55	1,17	1,95	2,77	4,60	7,40	17,2
	4	0,10	0,10	0,10	0,18	0,30	0,57	1,03	1,78	3,35	5,90	15,4
	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,23	0,48	0,95	2,18	4,40	13,4
	6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,18	0,40	1,25	3,00	11,4
	7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	1,70	9,50
 $M_2 = -0,5 \cdot M_1$ $\delta = -0,5$	1	0,10	0,31	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,4
	2	0,10	0,22	0,46	0,73	1,05	1,88	2,75	3,72	5,65	8,60	18,5
	3	0,10	0,17	0,38	0,58	0,80	1,33	2,00	2,77	4,60	7,40	17,2
	4	0,10	0,14	0,32	0,49	0,66	1,05	1,52	2,22	3,50	5,90	15,4
	5	0,10	0,10	0,26	0,41	0,57	0,95	1,38	1,80	2,95	4,70	13,4
	6	0,10	0,16	0,28	0,40	0,52	0,95	1,25	1,60	2,50	4,00	11,5
	7	0,10	0,22	0,32	0,42	0,55	0,95	1,10	1,35	2,20	3,50	10,8
 $M_2 = 0$ $\delta = 0$	1	0,10	0,32	0,70	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,4
	2	0,10	0,28	0,60	0,90	1,28	1,96	2,75	3,72	5,65	8,40	18,5
	3	0,10	0,27	0,55	0,84	1,15	1,75	2,43	3,17	4,80	7,40	17,2
	4	0,10	0,26	0,52	0,78	1,10	1,60	2,20	2,83	4,00	6,30	15,4
	5	0,10	0,25	0,52	0,78	1,10	1,55	2,10	2,78	3,85	5,90	14,5
	6	0,10	0,28	0,52	0,78	1,10	1,55	2,00	2,70	3,80	5,60	13,8
	7	0,10	0,32	0,52	0,78	1,10	1,55	1,90	2,60	3,75	5,50	13,0
 $M_2 = 0,5 \cdot M_1$ $\delta = 0,5$	1	0,10	0,40	0,80	1,23	1,68	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,4
	2	0,10	0,40	0,78	1,20	1,60	2,30	3,15	4,10	5,85	8,60	18,5
	3	0,10	0,40	0,77	1,17	1,55	2,30	3,10	3,90	5,55	8,13	18,0
	4	0,10	0,40	0,75	1,13	1,55	2,30	3,10	3,80	5,30	7,60	17,5
	5	0,10	0,40	0,75	1,10	1,55	2,30	3,05	3,80	5,30	7,60	17,0
	6	0,10	0,40	0,75	1,10	1,50	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,5
	7	0,10	0,40	0,75	1,10	1,40	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,0

### Д.3.3 Врахування форми епюри моментів для з одною віссю симетрії

Д.3.3.1 Розрахункові значення моменту в перерізах стержня з одною віссю симетрії, що співпадає з площиною згину слід знаходити за таблицю Д.6.

**Таблиця Д.6** – Розрахункові значення моменту в перерізах стержня з одною віссю симетрії, що співпадає з площиною згину

Відносний ексцентриситет, який відповідає	Розрахункові значення $M$ при умовній гнучкості стержня	
	$\bar{\lambda} \leq 4$	$\bar{\lambda} \geq 4$

$M_{\max}$		
$e_{rel} \leq 3$	$M = M_2 = M_{\max} - \frac{\bar{\lambda}}{4}(M_{\max} - M_1)$ $M = M_2 = M_{\max} - \frac{\bar{\lambda}}{4}(M_{\max} - M_1)$	$M = M_1$
$3 < e_{rel} \leq 20$	$M = M_2 + \frac{e_{rel} - 3}{17}(M_{\max} - M_2)$ $M = M_2 + \frac{e_{rel} - 3}{17}(M_{\max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{e_{rel} - 3}{17}(M_{\max} - M_1)$
<p><math>M_{\max}</math> – найбільший згинальний момент у межах довжини стержня;</p> <p><math>M_1</math> – найбільший згинальний момент у межах середньої третини довжини стержня, але не менше, ніж <math>0,5 \cdot M_{\max}</math>;</p> <p><math>e_{rel}</math> – відносний ексцентриситет, визначається за формулою: <math>e_{rel} = \frac{M_{\max}}{N} \cdot \frac{A}{W_c}</math></p> <p><math>\bar{\lambda}</math> – умовна гнучкість, що визначається за формулою: <math>\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{R_{yn} / E}</math></p>		
<p><b>Примітка.</b> У всіх випадках належить приймати <math>M \geq 0,5 \cdot M_{\max}</math></p>		

#### Д.4 РОЗРАХУНКИ КРИТИЧНИХ ЗУСИЛЬ $N_{CR}$ ТА $M_{CR}$

##### Д.4.1 Загальне

Д.4.1.1 Для стержнів, в яких центр ваги не співпадає з центром згину втрата стійкості втрата стійкості виникає за згинально-крутною формою.

Д.4.1.2 Гнучкість елементів при розрахунках стійкості визначається з використанням критичних зусиль  $N_{cr}$  і  $M_{cr}$ .

##### Д.4.2 Формули для розрахунків критичних зусиль

Д.4.2.1 Критична сила  $N_{cr}$  при згинально-крутній втраті стійкості для центрально стиснутого стержня з площиною симетрії у–у при  $I_x > I_y$  з вигином в площині найменшої жорсткості, знаходиться за формулою:

$$N_{cr} = \frac{r^2 \cdot (N_y + N_{\omega}) \pm \sqrt{r^4 \cdot (N_y + N_{\omega})^2 - 4 \cdot r^2 \cdot N_y \cdot N_{\omega} (r^2 - y_s^2)}}{2 \cdot (r^2 - y_s^2)}, \quad (Д.3)$$

Д.4.2.2 Критична сила  $N = N_{cr}$  при згинально-крутній втраті стійкості для стержня, підданого стиску із згином і позацентровому стиску в площині симетрії у–у при  $I_x > I_y$ , знаходиться як менший корінь кубічного рівняння:

$$a \cdot N^3 + b \cdot N^2 + c \cdot N + d = 0, \quad (\text{Д.4})$$

де

$$\begin{aligned} a &= (-r^2 - \delta_y + \kappa_1 \cdot y_q^2); \\ b &= N_x \cdot (r^2 + \delta_y - \kappa_1 \cdot y_q^2) + N_y \cdot (r^2 + \delta_y) + r^2 \cdot N_\omega; \\ c &= N_x \cdot N_y (-r^2 - \delta_y) - r^2 \cdot (N_\omega \cdot N_x + N_\omega \cdot N_y); \\ d &= r^2 \cdot N_x \cdot N_y \cdot N_\omega. \end{aligned} \quad (\text{Д.5})$$

Д.4.2.3 Критична сила  $N = N_{cr}$  при згинально-крутній втраті стійкості для стержня, підданого стиску із згином і позацентровому стиску в обох площинах, знаходиться як менший корінь кубічного рівняння:

$$a \cdot N^3 + b \cdot N^2 + c \cdot N + d = 0, \quad (\text{Д.6})$$

де

$$\begin{aligned} a &= (-r^2 - \delta_x - \delta_y + \kappa_1 \cdot x_q^2 + \kappa_1 \cdot y_q^2), \\ b &= N_x \cdot (r^2 + \delta_x + \delta_y - \kappa_1 \cdot y_q^2) + N_y \cdot (r^2 + \delta_x + \delta_y - \kappa_1 \cdot x_q^2) + r^2 \cdot N_\omega, \\ c &= N_x \cdot N_y \cdot (-r^2 - \delta_x - \delta_y) - r^2 \cdot (N_\omega \cdot N_x + N_\omega \cdot N_y), \\ d &= r^2 \cdot N_x \cdot N_y \cdot N_\omega. \end{aligned} \quad (\text{Д.7})$$

Д.4.2.4 Критичний момент  $M_{cr}$  при згинально-крутній втраті стійкості від рівномірного навантаження балки інтенсивністю  $q$  при згині в площині симетрії  $y$ - $y$  при  $I_x > I_y$  знаходиться за формулою:

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} \cdot c_y \pm \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} \cdot \left( \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} \cdot c_y + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} + G \cdot I_T \right)}, \quad (\text{Д.8})$$

Д.4.3.5 Критичний момент  $M = M_{cr}$  при згинально-крутній втраті стійкості від рівномірного навантаження балки інтенсивністю  $q$  при згині в площині симетрії  $y$ - $y$  при  $I_x > I_y$  знаходиться як корінь з квадратного рівняння:

$$a \cdot M^2 + b \cdot M + c = 0, \quad (\text{Д.9})$$

де

$$a = \frac{64 \cdot l}{E \cdot I_y \cdot G \cdot I_T}$$

$$b = \left( 656,6 \cdot \frac{y_d}{G \cdot I_T} - 751,8 \cdot \frac{c_y}{G \cdot I_T} \right); c = - \left( 7995 \cdot \frac{E \cdot I_\omega}{l^2 \cdot G \cdot I_T} + 810,1 \right),$$

Те саме, можна знайти за формулою:

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot G \cdot I_T}{79 \cdot L^2} \cdot \left| B \pm \sqrt{B^2 + (8000 \cdot a + 810 \cdot L^2) \cdot E \cdot I_y / G \cdot I_T} \right|, \quad (\text{Д.10})$$

де

$$a = E \cdot I_\omega / G \cdot I_T;$$

$$B = 23,5 \cdot b_1 - 41 \cdot b_2, \text{ де } b_1 = 2 \cdot c_y \cdot c_1; b_2 = (y_a - y_s) \cdot c_1.$$

Д.4.2.6 Для інших типів навантаження критичний момент  $M_{cr}$  при згині в площині симетрії  $y$ - $y$  при  $I_x > I_y$  допускається знаходити згідно ENV 1993-1-1:1992 Annex F.

У формулах позначено:

$$a = E \cdot I_\omega / G \cdot I_T,$$

$$c_1 = E \cdot I_y / G \cdot I_T,$$

$$b_1 = 2 \cdot c_y \cdot c_1; b_2 = (y_a - y_s) \cdot c_1,$$

$$B = 23,5 \cdot b_1 - 41 \cdot b_2.$$

$$N_x = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_y^2} - \text{критична сила при вигині вздовж осі } y;$$

$$N_y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_x^2} - \text{критична сила при вигині вздовж осі } x;$$

$N_\omega$  – критична сила при крученні;

$k_2$  – коефіцієнт закріплення кінців:  $k_2 = 1$  і  $k_2 = 4$  – при вільній депланації кінців і при їх закріпленні;

$E$  і  $G$  – модуль деформації і модуль зсуву;

$L_x, L_y$  – ефективні довжини елементів при вигині вздовж осей  $x$  та  $y$ ;

$A$ ,  $I_x$ ,  $I_y$  і  $I_T$  – площа, моменти інерції відносно осей  $x$  та  $y$ , і момент інерції при вільному крученні;

$I_0$  – секторіальний момент інерції;

$x_s$  і  $y_s$  – координати центру згину;

$$c_x \text{ і } c_y \text{ – характеристики: } c_x = x_s - \frac{\int x^3 dA + \int y^2 x dA}{2 \cdot I_y} \text{ і}$$

$$c_y = y_s - \frac{\int y^3 dA + \int x^2 y dA}{2 \cdot I_x};$$

$$r^2 = i_x^2 + i_y^2 + x_s^2 + y_s^2 \text{ або } r^2 = \frac{I_x + I_y}{A} + x_s^2 + y_s^2 \text{ – характеристика кола}$$

інерції.

## Д.5 РОЗРАХУНКИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ

### Д.5.1 Загальне

Д.5.1.1 Розрізняють 2 типи розрахунків стійкості.

Д.5.1.2 Розрахунки стійкості другого роду слід виконувати для систем (рамних високих мостів, пілонів вантових мостів без горизонтальних закріплень балки та інш.), у яких перші отримані поперечні деформації від горизонтальних навантажень, зростають від дії власної ваги та інших вертикальних навантажень.

Д.5.1.3 Розрахунки стійкості другого роду не виключають необхідність виконувати розрахунки стійкості першого роду.

### Д.5.2 Порядок комп'ютерних розрахунків стійкості першого роду

У тому випадку, коли алгоритм комп'ютерної програми побудований на допущенні, що зусилля  $F_0$  в елементах конструкції вже відомі і потрібно знайти чисельний параметр  $a_{cr}$ , при якому конструкція втрачає стійкість при зусиллях рівних  $a_{cr} \cdot F_0$ , то допускається виконувати розрахунки стійкості згідно з вимогами Д.5.2.1 і Д.5.2.2.

При розрахунках стійкості схеми в цілому, допускається виконувати розрахунки стійкості тільки для основних вибраних елементів. При цьому, виключені з розрахунку елементи при втраті стійкості, не мають змінити результати розрахунків для вибраних основних елементів.

#### Д.5.2.1 Розрахунки відповідно до розділу 10.

(1) У результаті комп'ютерного розрахунку є можливість отримати не тільки коефіцієнт  $a_{cr}$ , але виділити елемент, який втрачає стійкість і визначити форму втрати стійкості.

(2) Визначаються критичні сили  $N_{cr}$  і  $M_{cr}$  за формулами:

$$N_{cr} = a_{cr} \cdot N_0, \quad (Д.11)$$

$$M_{cr} = a_{cr} \cdot M_0, \quad (Д.12)$$

де,  $N_0$  і  $M_0$  – сила і момент в перерізі елемента, опір стійкості якого перевіряється, при початковому навантаженні, при  $a_{cr} = 1,0$ .

(3) Визначаються гнучкості  $\lambda$  за формулами таблиці 10.2.

(4) Виконується розрахунки стійкості за формулами таблиці 10.2.

#### Д.5.2.2 Альтернативні розрахунки

(1) Якщо, не передбачено інакше, то розрахунок стійкості конструкції слід виконувати за формулою:

$$\chi_{op} \cdot \frac{\alpha_{ult,к}}{\gamma_{M1}} \geq m, \quad (Д.13)$$

де  $m$  – коефіцієнт умов робіт за таблицею 7.2;

$\alpha_{ult,к}$  – мінімальне значення коефіцієнта збільшення розрахункового навантаження для досягнення граничного стану за міцністю для найбільш навантаженого елемента;

$\gamma_{M1}$  – коефіцієнт надійності для розрахунків стійкості;

$\chi$  – знижувальний коефіцієнт для безрозмірної гнучкості  $\bar{\lambda}$  знаходиться за формулою:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\alpha_{ult,к} / \alpha_{cr}}, \quad (Д.14)$$



$a_{cr}$  мінімальне значення коефіцієнта зростання навантаження для досягнення граничного стану за стійкістю; цей коефіцієнт має бути отриманий в результаті комп'ютерного розрахунку.

(2) Розрахунок знижувального коефіцієнта  $\chi$  виконується за наступною процедурою:

(2.1) Знаходиться коефіцієнт  $\phi$ , як функція гнучкості  $\bar{\lambda}$  і коефіцієнта недосконалості  $\alpha$ , за формулою:

$$\phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right], \quad (\text{Д.15})$$

**Таблиця Д.7** – Коефіцієнт недосконалості  $\alpha$

Криві втрати стійкості	$\alpha_0$	$\alpha$	$b$	$c$	$d$
Коефіцієнт недосконалості $\alpha$	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Коефіцієнт  $\alpha$  за таблицею Д.7 рекомендується приймати для категорії  $c$ , крім перерізів з відношенням висоти  $h$  до товщини поясу  $t_f$  рівним  $h/t_f \leq 40$ , для котрих слід приймати категорію  $d$ .

(2.2) Редукційний (зменшувальний) коефіцієнт  $\chi$  знаходиться за формулою:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}, \quad (\text{Д.16})$$

(3) Якщо, стійкість спорудження не виконується за формулою (Д.13), слід перевірку стійкості виконати в залежності від форми втрати стійкості за формулою:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot AR_{yn} / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi \cdot W_y AR_{yn} / \gamma_{M1}}, \quad (\text{Д.17})$$

### Д.5.3 Порядок комп'ютерних розрахунків стійкості другого роду

Втрата стійкості другого роду характеризується тільки згинальною формою рівноваги і нелінійною залежністю між навантаженням, перпендикулярним до площини втрати стійкості і деформаціями.

Навантаження, при якому починається різке зростання деформацій називають критичним.

У тому випадку, коли алгоритм комп'ютерної програми побудований на покрокових прикладання розрахункових навантажень з врахуванням деформацій схеми, що розрахована на кожному попередньому кроці, то результатом розрахунків є визначення кінцевого стану, коли деформації затухають в межах пружної роботи матеріалу.

У кінцевому стані, після затухання деформацій, слід знайти зусилля в елементах конструкції і базуючись на цих зусиллях виконати розрахунки міцності і розрахунки стійкості першого роду.

## Д.6 ГРАНИЧНІ ВІДСТАНІ МІЖ В'ЯЗЯМИ ДЛЯ СТИСНУТОГО ПОЯСУ

Вільна довжина стиснутого поясу  $l_{ef}$  суцільної зігнутої балки має бути прийнята відстані між поперечними в'язями, які утримують пояс від бокових зміщень. В'язі мають бути розраховані на умовну поперечну силу за формулою:

$$Q_{fjc} = 7,15 \cdot 10^{-6} \cdot (2330 - E / R_{yn}) \cdot \frac{N}{\varphi}, \quad (\text{Д.18})$$

$N$  – граничне поздовжнє зусилля в стиснутому поясі з ділянкою в чверть висоти стінки.

$$N = (A_f + 0,25A_w) \cdot R_{yn}, \quad (\text{Д.19})$$

$A_f$ ,  $A_w$  – площа стиснутого поясу і ділянки стінки;

$\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього згину стиснутого поясу при гнучкості, що дорівнює  $\lambda = l_{ef} / i$  – гнучкість ( $i$  – радіус інерції стиснутого поясу в горизонтальній товщині);

$E$  і  $R_{yn}$  – модуль пружності і характеристичний опір текучості сталі.

Лімітовані відстані між в'язями  $l_{ef}$  стиснутого поясу зварних та прокатних балок (при відношенні  $1 \leq h/b_f \leq 6$  і  $15 \leq b_f/t_f \leq 35$ ), для яких допускається не виконувати перевірку згинально-крутній стійкості, слід знаходити з таблиці Д.8.

**Таблиця Д.8** – Граничні значення відношення  $l_{ef} / t_f$ 

Прикладання навантаження	Найбільше значення відношення $l_{ef} / t_f$
До верхнього поясу	$l_{ef} / b_f \leq \left[ 0,35 + 0,0032 \cdot b_f / t_f + (0,76 - 0,02b_f / t_f) b_f / h \right] \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$
До нижнього поясу	$l_{ef} / b_f \leq \left[ 0,57 + 0,0032 \cdot b_f / t_f + (0,92 - 0,02b_f / t_f) b_f / h \right] \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$
Незалежно від рівня прикладання навантаження	при чистому згині ділянки балки між в'язями при чистому згині $l_{ef} / b_f \leq \left[ 0,41 + 0,0032 \cdot b_f / t_f + (0,73 - 0,01b_f / t_f) b_f / h \right] \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$
<p>Позначення в таблиці <b>Д.8</b>:</p> <p><math>b_f</math> і <math>t_f</math> – ширина и товщина стиснутого поясу; <math>h</math> – відстань в осях поясів;</p> <p>Для балок з закріпленням поясу на високоміцних болтах граничні значення <math>l_{ef} / b_f</math> можуть бути збільшені в 1,2 рази;</p> <p>Для балок з відношенням <math>b_f / t_f &lt; 15</math>, в формулах слід приймати <math>b_f / t_f = 15</math>.</p>	

## Додаток Е

(обов'язковий)

РОЗРАХУНКИ МІСЦЕВОЇ СТІЙКОСТІ ПЛАСТИНОК, РЕБЕР  
ЖОРСТКОСТІ І ОРТОТРОПНИХ ПЛИТЕ.1 РОЗРАХУНКИ МІСЦЕВОЇ СТІЙКОСТІ СТІНОК БАЛОК,  
ПІДКРІПЛЕНИХ РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ

## Е.1.1 Визначення діючих зусиль у відсіках стінки

(1) Конструкція, що розраховується, це стінка балки, яка укріплена поперечними ребрами жорсткості, або поперечними і поздовжніми. Ребра розділяють стінки на окремі відсіки, стійкість яких і перевіряється в цьому додатку. Вимоги до жорсткості ребер надаються в Е.2. Схема до розрахунку стінки на стійкість відсіків надана на рисунку Е.1.

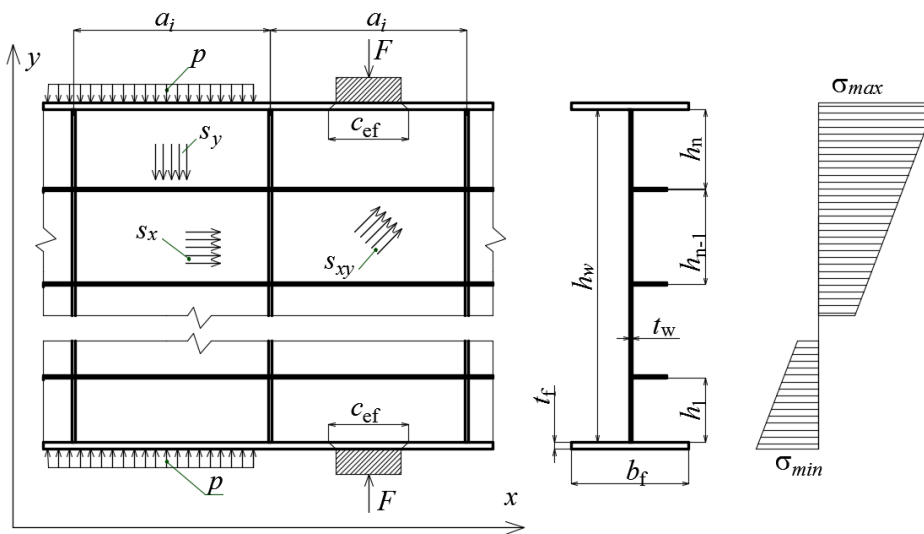


Рисунок Е.1 – Схема до розрахунку стінки на стійкість відсіків

(2) Розрахунки стійкості відсіку розділені на наступні етапи:

Визначення діючих розрахункових напружень  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$



Визначення приведених критичних напружень  $\sigma_{x,cr,ef}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$   
в залежності від розрахункового випадку за таблицею Е.1



На основі приведених критичних напружень  $\sigma_{x,cr,ef}, \sigma_{y,cr,ef}$  і  $\tau_{xy,cr,ef}$  знаходяться критичні напруження  $\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}$  і  $\tau_{xy,cr}$  за формулами, що наведені в таблиці Е.11



Виконання перевірок стійкості – співставлення діючих напружень  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  з критичними напруженнями  $\sigma_{x,cr}$ ,  $\sigma_{y,cr}$  і  $\tau_{xy,cr}$  за формулами (Е.10), (Е.14), (Е.16) і (Е.20), що наведені в таблицях **Е.2 – Е.10**

### Рисунок Е.2 – Етапи розрахунку відсіків стінки

(2) Основні позначення:

$N$  – нормальна сила (позитивна при стисканні), що діє на переріз мосту;

$M$  – згинальний момент (найбільший) в розрахунковому перерізі мосту;

$Q$  – поперечна сила (найбільша) в розрахунковому перерізі мосту;

$p$  – розподілена сила (по  $y$ ), прикладена до поясу;

$F$  – зосереджена сила (по  $y$ ), прикладена до поясу;

$S_x$  – потік нормальних зусиль по  $x$  від локальних дій;

$S_y$  – потік нормальних зусиль по  $y$  від локальних дій;

$S_{xy}$  – потік дотичних напружень від локальних дій;

$I$  – момент інерції перерізу мосту;

$S_i$  – статичний момент по крайках  $i$ -го відсіку;

$n$  – кількість відсіків по висоті;

$i$  – відсік, що розглядається;

$h_w$  – висота стінки;

$h_i$  – висота  $i$ -го відсіку;

$a_i$  – ширина  $i$ -го відсіку;

$t_i$  – товщина  $i$ -го відсіку;

$c_{ef}$  – довжина розподілення прикладеної до поясу сили на рівні кромки стінки;

$y_i$  – ордината рівня розрахунку напружень в  $i$ -тому відсіку від навантаженого поясу.

$\sigma_{x,i,\max}$ ,  $\tau_{xy,i,\max}$  – максимальні напруження в  $i$ -тому відсіку; нормальні (позитивні при стисканні) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{x,i,\min}$ ,  $\tau_{xy,i,\min}$  – мінімальні напруження в  $i$ -тому відсіку; нормальні (позитивні при стисканні) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{y,i,\max}$  – максимальні поперечні напруження в  $i$ -тому відсіку (позитивні при стисканні);

$d_i$  – менша із сторін  $i$ -го відсіку  $a_i$  або  $h_i$ ;

$\xi_i = 1 - \sigma_{x,i,\min} / \sigma_{x,i,\max}$  – коефіцієнт перекосу епюри напружень в межах  $i$ -го відсіку;

$\mu_i = a_i / h_i$  – коефіцієнт форми  $i$ -го відсіку;

$\mu_1 = \mu$  при  $a_i \geq h_i$ , інакше  $\mu_1 = 1/\mu$ ;

$\chi$  – коефіцієнт пружного утримання стінки поясом балки. Визначається для крайніх відсіків за таблицями **Е.14** – **Е.19**, та відповідно до вказівок до формул. Для проміжних відсіків  $\chi = 1,0$ ;

$\zeta$  – коефіцієнт, що враховує локальний характер дії сили  $F$  і приймається відповідно до таблиці **Е.21**. При розподіленому навантаженні  $\zeta = 1,0$ ;

$\rho = 1,04 \cdot a_i / h_i$  – коефіцієнт відповідно до таблиці **Е.21**, що враховує локальний характер сили  $F$  на  $i$ -й відсік;

$z$  – коефіцієнт, що враховує форму відсіку і знаходиться за таблицею **Е.22**;

$i$  – коефіцієнт, що враховує форму відсіку, і дорівнює:  $i = 1,0$  при  $\mu_i \geq 0,7$ ;  $i = 2,0$  при  $0,4 < \mu_i < 0,7$ ;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує форму відсіку, і знаходиться за таблицею **Е.23**.

(3) Потокі зусиль  $s_x$ ,  $s_y$  і  $s_{xy}$  в листі стінки – це зусилля віднесені до одиничної ширини. Розмірність – сила/ширина. Потік зусиль поділений на товщину це напруження. Потокими зусиль легше оперувати, коли товщина стінки невідома.

(4) Розподіл зусиль від поперечного навантаження на кромку стінки визначається за формулами (Е.1) і (Е.2).

– від розподіленого вздовж поясу навантаження  $p$

$$\sigma_y = p / t, \quad (\text{Е.1})$$

– від зосередженої сили  $F$

$$\sigma_y = F / (t \cdot c_{ef}), \quad (\text{Е.2})$$

(5) Довжина розподілу навантаження вздовж верхньої кромки стінки  $c_{ef}$  визначається за формулами (Е.3) і (Е.4)

– при передачі навантаження безпосередньо через пояс балки, або через рейку і пояс

$$c_{ef} = c^3 \cdot \sqrt{I_f / t}, \quad (\text{Е.3})$$

$I_f$  – момент інерції поясу, або сума моментів інерції поясу і рейки

$c = 3,25$  – при зварних та прокатних балок;

$c = 3,75$  – при з'єднанні поясу на високоміцних болтах;

$c = 4,50$  – при з'єднанні поясу звичайних болтах;

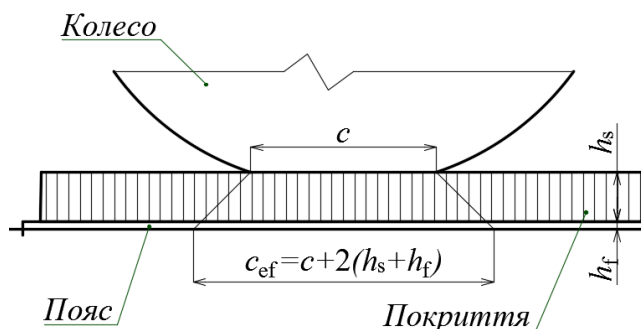
– при передачі навантаження від котку через рейку, дерев'яний лежень і пояс балки розподіл приймається під кутом  $45^\circ$  від сили за формулою (Е.4), але не більше відстані між котками.

$$c_{ef} = 2 \cdot h, \quad (\text{Е.4})$$

$h$  – відстань від поверхні рейки до кромки стінки балки;

– при передачі тиску від колеса автомобіля за формулою (Е.5), відповідно до рисунку **Е.3**.

$$c_{ef} = c + 2 \cdot (h_s - h_f) \quad (\text{Е.5})$$



**Рисунок Е.3** – Схема передачі тиску від колеса автомобіля

На рисунку **Е.3** позначено:

$c$  – відбиток колеса на покритті;

$h_s$  – товщина покриття;

$h_f$  – товщина поясу;

$c_{ef}$  – довжина розподілу зусилля на кромку стінки.

(6) Розподіл напружень по висоті стінки від навантажень прикладених до поясу слід оцінювати на основі розрахунку скінченно-елементної моделі.

Допускається приймати розподіл від розподіленої вздовж поясу сили за формулою (Е.6), від зосередженої сили за формулою (Е.7).

Напруження на  $i$ -тому рівні стінки на відстані  $y_i$  від зосередженої сили  $F$  прикладеної до покриття або поясу знаходиться за формулою:

$$\sigma_{y,f,i} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot c_{ef} \cdot t} \cdot \left( \arctg \frac{\alpha}{v} - 3 \cdot v^2 \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot v \right) \cdot \arctg \alpha \right), \quad (\text{Е.6})$$

$\alpha = 0,5 \cdot c_{ef} / h_w$  – відношення  $1/2$  штампу розподілу зосередженої сили до висоти стінки;

$v = y_i / h_w$ , де  $y_i$  – відстань від навантаженого поясу до  $i$ -того рівня підрахунку напружень.

Напруження на  $i$ -тому рівні стінки від дії розподіленої сили  $p$ , прикладеної до кромки стінки через пояс знаходиться за формулою:

$$\sigma_{y,f,i} = \frac{p}{t} \cdot (1 - 3 \cdot v^2 + 2 \cdot v^3), \quad (\text{Е.7})$$

(7) Напруги  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  мають бути знайдені для верхньої та нижньої кромки відсіку, враховуючі і локальні напруження. На рисунку Е.1 показаний фрагмент стінки, який поділений поперечними та поздовжніми ребрами на відсіки і показана еюра нормальних напружень  $\sigma_x$  від дії в перерізі сил  $M$  і  $N$ . Напруження по границям  $i$  –того відсіку від дії глобальних і локальних дій



мають бути знайдені по формулам: (Е.8) для нормальних напружень, (Е.9) – для дотичних.

$$\sigma_{x,i} = \frac{N}{A} + \frac{M \cdot z_i}{I} + \frac{S_x}{t_i}; \quad \sigma_{y,i} = \sigma_{y,f,i} + \frac{S_y}{t_i}, \quad (\text{Е.8})$$

$$\tau_{xy,i} = \frac{Q \cdot S_i}{I \cdot t_i} + \frac{S_{xy}}{t_i}. \quad (\text{Е.9})$$

### Е.1.2 Вибір розрахункового випадку

(1) Розрахункові випадки для оцінки стійкості відсіків стінки можна звести до дев'яти, в залежності від чотирьох критеріїв: напруженого стану стінки, числа поздовжніх ребер, положення відсіку по висоті стінки і напруженого стану відсіку. Вибір розрахункового випадку для розрахунку критичних напружень у відсіках та формул для перевірки стійкості може бути здійснений, користуючись таблицею Е.1.

**Таблиця Е.1** – Розрахункові випадки для оцінки стійкості відсіків стінки

Критерії віднесення до розрахункового випадку				№ № розрахункових випадків
Напружений стан стінки	Число поздовжніх ребер на стінці	Положення відсіку по висоті стінці	Напружений стан відсіку <sup>1</sup>	
Стиснуто-розтягнута стінка по напрямку вздовж балки	Без ребер	Крайній	Стиснуто-розтягнутий	РВ 1
	Одне ребро	Крайній	Пояс розтягнутий	РВ 2
		Крайній	Пояс стиснутий	РВ 3
	Два і більше ребер	Крайній	Розтягнутий	РВ 4
		Проміжний	Розтягнутий	РВ 5
		Проміжний	Стиснуто-розтягнутий	РВ 6
		Проміжний	Стиснутий	РВ 7
	Крайній	Стиснутий	РВ 8	
Стиснута стінка	–	–	–	РВ 9

<sup>1</sup> – Напружений стан стінки і відсіку оцінюється тільки за епюрами розрахункових діючих поздовжніх нормальних напружень  $\sigma_x$ .

### Е.1.3 Формули для розрахунків стійкості

(1) Розрахунки стійкості відсіків стінки виконуються за формулами таблиць **Е.2** – **Е.10**, в яких надані формули для розрахункових випадків РВ1...РВ.9, згідно перелічених в таблиці **Е.1**.

**Таблиця Е.2** – Розрахунковий випадок РВ1

$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}}\right)^2 + \left(\frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\omega_2 \cdot \tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq 1,0$		(Е.10)
$\omega_1 \rightarrow \text{таблиця Е.13 як функція від } \xi \quad \omega_2 = 1 + 0,5 \cdot \left(\frac{h_w}{200 \cdot t_i} - 0,5\right)$		
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{h_i}\right)^2 \cdot E$	(Е.11)
	$\chi = 1,4 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.14 } \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \zeta \cdot \chi^z \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$	(Е.12)
$\zeta = 1,0 \text{ або } \zeta \rightarrow \text{таблиця Е.21 } \chi \rightarrow \text{таблиця Е.15 } z \rightarrow \text{таблиця Е.22}$		
$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{d}\right)^2 \cdot E$		(Е.13)
$\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$		

**Таблиця Е.3** – Розрахунковий випадок РВ2

$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}}\right)^2 + \left(\frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\omega_2 \cdot \tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq 1,0$		(Е.10)
$\omega_1 \rightarrow \text{таблиця Е.13 як функція від } \xi \quad \omega_2 = 1$		
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$	(Е.11)
	$\chi = 1,0 \quad \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \zeta \cdot \chi^z \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$	(Е.12)
$\zeta = 1,0 \text{ або } \zeta \rightarrow \text{таблиця Е.21 при } \rho = 0,35 \quad \chi = 1,0 \quad z \rightarrow \text{таблиця Е.22}$		
$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{d}\right)^2 \cdot E$		(Е.13)
$\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$		

**Таблиця Е.4** – Розрахунковий випадок РВ3

	$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left( \frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq 1,0$	(E.14)
	$\omega_1 \rightarrow$ таблиця <b>Е.13</b> як функція від $\xi$	
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$	(E.11)
	$\chi \rightarrow$ таблиця <b>Е.17</b> як функція від $\gamma$ , або = 1,35, або 1,3 $\varepsilon \rightarrow$ таблиця <b>Е.20</b> як функція від $\mu$ і $\xi$	
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi \cdot \frac{(1 + \mu^2 \cdot i^2)^2}{\mu^2 \cdot i^2} \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$ <p><math>i = 1,0</math> або <math>\mu \leq 0,7</math> <math>i = 2,0</math> при <math>0,4 &lt; \mu_i &lt; 0,7</math></p> $\chi \rightarrow$ таблиця <b>Е.18</b> для СТЗБ, або $\rightarrow$ таблиця <b>Е.19</b> для зварних балок Якщо є зосереджена сила, то значення $\sigma_{z,cr,ef}$ слід помножити на 1,55 і якщо $a > 2 \cdot (h_1 + a_p)$ , то $\mu = \frac{2 \cdot (h_i + a_p)}{h_i}$	(E.15)
$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left( 1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{d} \right)^2 \cdot E$	(E.13)	
	$\chi_1 = \frac{1 + \chi}{2}$ або $\rightarrow$ таблиця <b>Е.16</b> $\mu_1 = \mu$ при $a > h_i$ і $\mu_1 = 1/\mu$ при $a \leq h_i$	

Таблиця Е.5 – Розрахунковий випадок РВ4

	$\sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left( \frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2} \leq 1,0$	(E.16)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{z,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \delta \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$	(E.17)
	$\delta \rightarrow$ таблиця <b>Е.23</b> як функція від $a/h$	
	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left( 1250 + \frac{950}{\mu_1^2} \right) \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{d} \right)^2 \cdot E$	(E.18)
	$\mu_1 = \mu$ при $a > h_i$ і $\mu_1 = 1/\mu$ при $a \leq h_i$	

Таблиця Е.6 – Розрахунковий випадок РВ5

	$\sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left( \frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2} \leq 1,0$	(E.16)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{z,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \delta \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$	(E.17)
	$\delta \rightarrow$ таблиця <b>Е.23</b> як функція від $a/h$	

	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left( 1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{d} \right)^2 \cdot E$ $\mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$	(E.19)
--	---	--------

Таблиця Е.7 – Розрахунковий випадок РВ6

$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}}\right)^2 + \left(\frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq 1,0 \quad \omega_1 = 1,0 \quad \omega_2 = 1,0$		(E.10)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \quad \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	(E.11)
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \zeta \cdot \chi^z \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$ $\zeta = 1,0 \text{ або } \zeta \rightarrow \text{таблиця Е.21 при } \rho = 0,35 \quad \chi = 1,0 \quad z \rightarrow \text{таблиця Е.22}$	(E.12)
	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{d}\right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$	(E.13)

Таблиця Е.8 – Розрахунковий випадок РВ7

$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}}\right)^2 \leq 1,0$ $\omega_1 \rightarrow \text{таблиця Таблиця Е.13 як функція від } \xi$		(E.14)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \quad \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	(E.11)
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi \cdot \frac{(1 + \mu^2 \cdot i^2)^2}{\mu^2 \cdot i^2} \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{a}\right)^2 \cdot E$ $i = 1,0 \text{ або } \mu \leq 0,7 \quad i = 2,0 \text{ при } 0,4 < \mu_i < 0,7$	(E.15)
	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2}\right) \cdot \left(\frac{100 \cdot t_i}{d}\right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$	(E.13)

**Таблиця Е.9** – Розрахунковий випадок РВ8

	$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left( \frac{0,9 \cdot \tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq 1,0$ $\omega_1 \rightarrow \text{таблиця Е.13 як функція від } \xi$	(Е.14)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$ $\chi \rightarrow \text{таблиця Е.14 } \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	(Е.11)
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi \cdot \frac{(1 + \mu^2 \cdot i^2)^2}{\mu^2 \cdot i^2} \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$ $i = 1,0 \text{ або } \mu \leq 0,7 \text{ } i = 2,0 \text{ при } 0,4 < \mu_i < 0,7 \chi \rightarrow \text{таблиця Е.18 або } \rightarrow \text{таблиця Е.19}$	(Е.15)
	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left( 1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{d} \right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$	(Е.13)

**Таблиця Е.10** – Розрахунковий випадок РВ9

	$\frac{1,1 \cdot \sigma_x}{\omega_1 \cdot \sigma_{x,cr}} + \frac{1,1 \cdot \sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left( \frac{\tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq 1,0$ $\omega_1 \rightarrow \text{таблиця Е.13 як функція від } \xi$	(Е.20)
Приведені критичні напруження	$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \chi^\varepsilon \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \varepsilon \rightarrow \text{таблиця Е.20 як функція від } \mu \text{ і } \xi$	(Е.11)
	$\sigma_{z,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \cdot \zeta \cdot \chi^z \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{a} \right)^2 \cdot E$ $\zeta = 1,0 \text{ або } \zeta \rightarrow \text{таблиця Е.21 } \chi \rightarrow \text{таблиця Е.15 } z \rightarrow \text{таблиця Е.22}$	(Е.12)
	$\tau_{xz,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \cdot \chi \cdot \left( 1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \cdot \left( \frac{100 \cdot t_i}{d} \right)^2 \cdot E$ $\chi = 1,0 \text{ або } \rightarrow \text{таблиця Е.16 } \mu_1 = \mu \text{ при } a > h_i \text{ і } \mu_1 = 1/\mu \text{ при } a \leq h_i$	(Е.13)

У таблицях **Е.2** – **Е.10** зроблені посилання на коефіцієнти  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega_1$ ,  $\chi$ ,  $\varepsilon$ ,  $\zeta$ ,  $z$ ,  $i$ ,  $\delta$ , які підраховуються за пунктом Е.1.5.

#### Е.1.4 Розрахунок критичних напружень

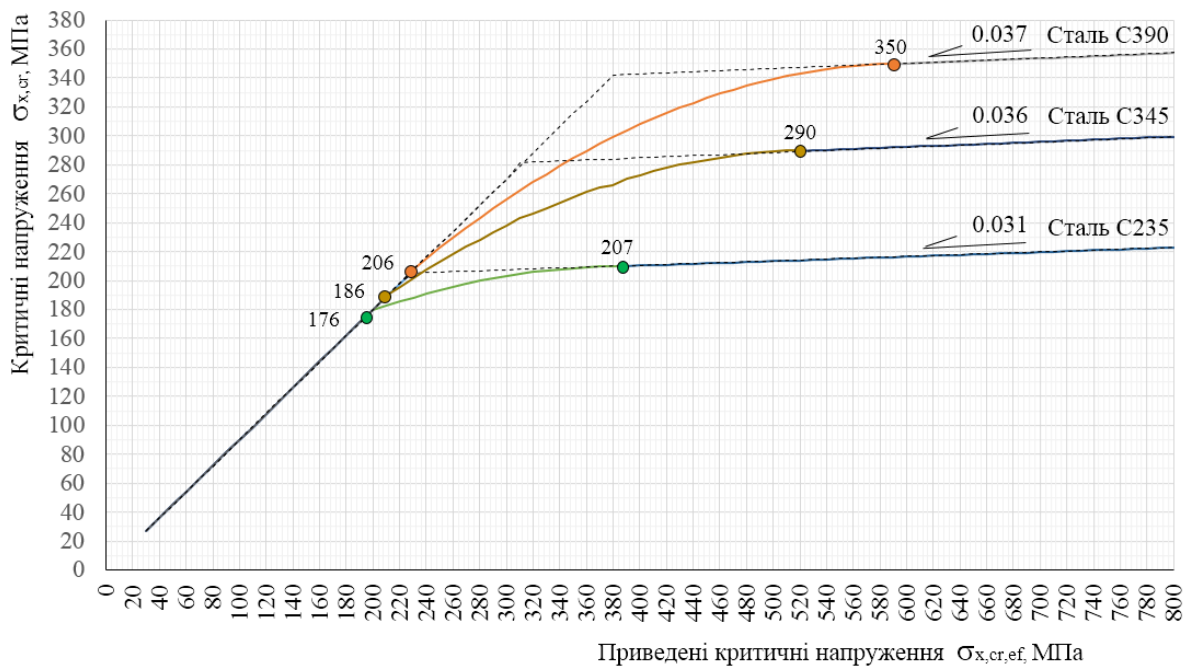
Приведені критичні напруження  $\sigma_{x,cr,ef}$ ,  $\sigma_{y,cr,ef}$ ,  $\tau_{xy,cr,ef}$ , що знайдені в припущенні необмеженої пружності за формулами таблиць **Е.2** – **Е.10**. Значення критичних напружень  $\sigma_{x,cr,ef}$ ,  $\sigma_{y,cr,ef}$ ,  $\tau_{xy,cr,ef}$  в формулах (Е.10),

(Е.14), (Е.16), (Е.20) обмежують напруження появою текучості, відповідно до формул за таблицею Е.11.

**Таблиця Е.11** – Критичні напруження  $\sigma_{x,cr}$

Клас сталі	Значення $\sigma_{x,cr,ef}$ , МПа	Формули для визначення критичних напружень $\sigma_{x,cr}$
С235	0–198	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \cdot \sigma_{x,cr,ef} \cdot m$
	196–385	$\sigma_{x,cr} = \left[ -170,7 \cdot \left( \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} \right)^2 + 0,6375 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 0,4048 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
	> 385	$\sigma_{x,cr} = \left[ 0,03114 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 0,9418 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
С345	0–207	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \cdot \sigma_{x,cr,ef} \cdot m$
	207–524	$\sigma_{x,cr} = \left[ -201,2 \cdot \left( \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} \right)^2 + 1,024 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 0,0795 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
	> 524	$\sigma_{x,cr} = \left[ 0,03572 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 1,290 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
С390	0–229	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \cdot \sigma_{x,cr,ef} \cdot m$
	229–591	$\sigma_{x,cr} = \left[ -215,8 \cdot \left( \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} \right)^2 + 1,238 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 0,1091 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
	> 591	$\sigma_{x,cr} = \left[ 0,03677 \cdot \frac{\sigma_{x,cr,ef}}{E} + 1,561 \cdot 10^{-3} \right] \cdot E \cdot m$
<b>Примітки:</b>		
1. У таблиці надані формули для визначення поздовжніх критичних напружень вздовж осі $x$ . При визначенні критичних поперечних напружень в формулах слід замінити $\sigma_{x,cr}$ на $\sigma_{y,cr}$ і $\sigma_{x,cr,ef}$ на $\sigma_{y,cr,ef}$ . При визначенні критичних дотичних напружень в формулах слід замінити $\sigma_{x,cr}$ на $\tau_{xy,cr} / 0,6$ і $\sigma_{x,cr,ef}$ на $\tau_{xy,c,ef} / 0,6$ .		
2. У формулах $m$ – коефіцієнт умов робіт, що визначається за таблицею 7.1.		

На рисунку Е.4 побудований графік на основі формул таблиці Е.11.



**Рисунок Е.4** – Графік для критичних напружень  $\sigma_{x,cr}$  при  $m = 1,0$

### Е.1.5 Таблиці для розрахунку параметрів $\beta$ , $\gamma$ , $\omega_1$ , $\chi$ , $\varepsilon$ , $\zeta$ , $z$ і $\delta$

1. Коефіцієнт  $\beta$  враховує ступінь защемлення поясу балки елементами плити проїзду.

**Таблиця Е.12** – Розрахунок коефіцієнта  $\beta$

№№	Характер закріплення стиснутого поясу балки звареного до стінки	Коефіцієнт $\beta$
1	До поясу за допомогою лапчастих болтів закріплені мостові бруси	0,3
2	До поясу шпильками прикріплена з/б плита на дерев'яних підкладках	0,5
3	Пояс вільний від закріплень	0,8
4	До поясу приєднана ортотропна плита	2,0
5	До поясу приєднана збірна з/б плита	1,5
6	До поясу приєднана монолітна з/б плита	20

2. Коефіцієнт  $\gamma = \beta \cdot \frac{b_f}{h_i} \cdot \left(\frac{t_f}{t_i}\right)^3$  враховує защемлення пластинки стінки

поясом балки;

$t_f$  і  $b_f$  – товщина і ширина поясу балки; для ортотропної плити обмежена значенням 15 товщин в кожний бік від стінки; для поясу з двох і більше листів, за  $t_f$  і  $b_f$  приймають товщину і розрахункову ширину першого листа, що примикає до стінки;



$t_i$  і  $h_i$  – товщина і висота відсіку стінки, що примикає до поясу.

3. Коефіцієнт  $\omega_1$  враховує форму епюри нормальних напружень.

**Таблиця Е.13** – Розрахунок коефіцієнта  $\omega_1$

$\xi$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$\omega_1$	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30	1,40

4. Коефіцієнт  $\chi$  враховує пружне защемлення відсіку стінки поясом.

**Таблиця Е.14** – Коефіцієнт  $\chi$  при розрахунку напружень  $\sigma_{x,cr,ef}$ .

$\gamma$	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	10	>10
$\chi$	1,21	1,33	1,46	1,55	1,60	1,63	1,65
Для болтового прикріплення поясу $\chi=1,4$ .							

**Таблиця Е.15** – Коефіцієнт  $\chi$  при розрахунку напружень  $\sigma_{z,cr,ef}$

$\gamma$	Значення коефіцієнта $\chi$ при $\mu$					
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	$\geq 2,0$
0,25	1,19	1,19	1,20	1,20	1,19	1,18
0,5	1,24	1,29	1,30	1,32	1,32	1,32
1,0	1,28	1,36	1,41	1,47	1,52	1,56
4,0	1,32	1,45	1,57	1,73	1,97	2,21
$\geq 10$	1,34	1,49	1,65	1,88	2,51	2,95

**Таблиця Е.16** – Коефіцієнт  $\chi$  при розрахунку напружень  $\tau_{xz,cr,ef}$

$\gamma$	Значення коефіцієнта $\chi$ при $\mu$				
	0,5	0,67	1,0	2,0	$\geq 2,5$
0,25	1,014	1,063	1,166	1,170	1,192
0,5	1,016	1,075	1,214	1,26	1,30
1,0	1,017	1,081	1,252	1,358	1,416
2,0	1,018	1,085	1,275	1,481	1,516
5,0	1,018	1,088	1,292	1,496	1,602
10,0	1,018	1,088	1,298	1,524	1,636
>10	1,018	1,089	1,303	1,552	1,680
Для болтового прикріплення поясу $\chi=1,0$					

**Таблиця Е.17** – Коефіцієнт  $\chi$  при розрахунку напружень  $\sigma_{x,cr,ef}$

$\gamma$	0,5	1,0	2,0	5,0	$\geq 10$
$\chi$	1,16	1,22	1,27	1,31	1,35
Для болтового прикріплення поясу $\chi=1,3$ ; для поясу з з/б плитою $\chi=1,35$					

**Таблиця Е.18** – Коефіцієнт  $\chi$  при розрахунку напружень  $\sigma_{z,cr,ef}$ . Для болтового прикріплення поясу або з/б плити.

$\mu$	0,5	0,8	1,0	1,5	$\geq 2,0$
$\chi$	1,07	1,18	1,31	1,52	1,62

**Таблиця Е.19** – Коефіцієнт  $\chi$  для зварного прикріплення поясу до стінки.

$\gamma$	Значення коефіцієнта $\chi$ при $\mu$							
	0,5	0,6	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
2	1,06	1,07	1,13	1,17	1,31	1,32	1,29	1,25
4	1,06	1,07	1,14	1,19	1,38	1,44	1,43	1,39

5. Коефіцієнт  $\varepsilon$ , враховує відношення сторін відсіка і ступінь перекосу епюри напружень по висоті стінки, в залежності від коефіцієнтів  $\xi$  і  $\mu$ .

**Таблиця Е.20** – Розрахунок коефіцієнта  $\varepsilon$ 

$\xi$	Значення коефіцієнта $\varepsilon$ при $\mu$									
	0,4	0,5	0,6	0,67	0,75	0,80	0,90	1,00	1,50	$\geq 2$
0	8,41	6,25	5,14	4,75	4,36	4,2	4,04	4,0	4,34	4,0
0,67	10,8	8,0	7,1	6,6	6,1	6,0	5,9	5,8	6,1	5,8
0,80	13,3	9,6	8,3	7,7	7,1	6,9	6,7	6,6	7,1	6,6
1,00	15,1	11,0	9,7	9,0	8,4	8,1	7,9	7,8	8,4	7,8
1,33	18,7	14,2	12,9	12,0	11,0	11,2	11,1	11,0	11,5	11,0
2,00	29,1	25,6	24,1	23,9	24,1	24,4	25,6	25,6	24,1	23,9
3,00	54,3	54,5	58,0	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8
4,00	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7

6. Коефіцієнт  $\zeta$  враховує локальний характер дії зосередженої сили.

**Таблиця Е.21** – Коефіцієнт  $\zeta$  при розрахунках напружень  $\sigma_{z,cr,ef}$ 

$\mu$	Значення коефіцієнта $\zeta$ при $\rho$											
	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35
0,5	1,70	1,67	1,65	1,63	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
0,6	1,98	1,93	1,89	1,85	1,82	1,80	1,79	1,78	1,76	1,72	1,71	1,69
0,7	2,23	2,17	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96	1,93	1,89	1,82	1,79	1,76
0,8	2,43	2,35	2,28	2,22	2,17	2,12	2,10	2,05	2,01	1,91	1,86	1,82
0,9	2,61	2,51	2,43	2,36	2,30	2,24	2,21	2,16	2,11	1,98	1,92	1,87
1,0	2,74	2,64	2,55	2,47	2,40	2,34	2,31	2,24	2,17	2,04	1,97	1,91
1,2	2,79	2,68	2,59	2,51	2,43	2,37	2,33	2,26	2,19	2,05	1,98	1,91
1,4	2,84	2,73	2,63	2,54	2,46	2,39	2,35	2,28	2,21	2,05	1,98	1,91
1,5	2,86	2,75	2,65	2,56	2,48	2,41	2,37	2,30	2,22	2,07	1,98	1,91
$\geq 2$	2,86	2,75	2,65	2,55	2,47	2,40	2,36	2,28	2,20	2,05	1,98	1,88

7. Коефіцієнт  $z$  залежить від геометрії відсіків.

**Таблиця Е.22** – Коефіцієнт  $z$  при розрахунках напружень  $\sigma_{z,cr,ef}$ 

$\mu$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2	$\geq 2,5$
$z$	4,88	5,12	5,37	5,59	5,80	6,26	6,87	7,69	8,69	9,86	11,2	15,3

8. Коефіцієнт  $\delta$  залежить від геометрії відсіків.

**Таблиця Е.23** – Коефіцієнт  $\delta$  при розрахунках напружень  $\sigma_{z,cr,ef}$

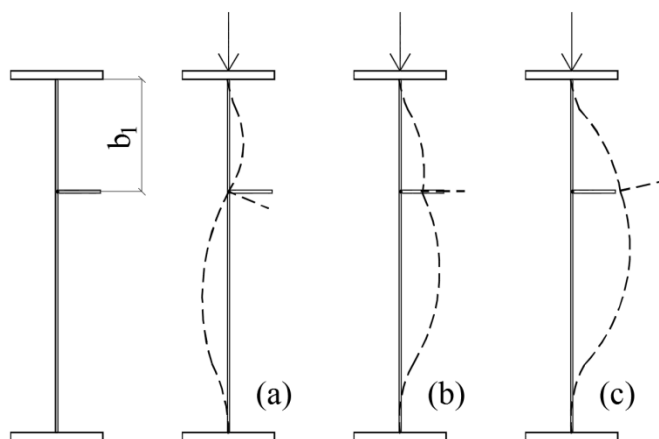
Положення пластинки	Значення коефіцієнта $\delta$ при $a/h_{ef}$							
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	2,0
що примикає до розтягнутого поясу	1240	1380	1520	1650	1820	2240	3860	6300
Проміжна	920	970	1020	1060	1100	1190	1530	2130

## Е.2 ВИМОГИ ДО РЕБЕР

Основні вимоги до поздовжніх ребер наступні:

- ребро має слугувати опорою для утримання відсіків стінки;
- ребро при стиску не має втратити стійкість за крутною формою;
- ребро при стиску не має втратити стійкість по згинальній формі.

**Е.2.1** Вимоги до жорсткості поздовжнього ребра з утримання відсіків стінки.



**Рисунок Е.5** – Моделі деформації стінки з ребрами.

Достатність жорсткості на згин поздовжніх ребер оцінюється в залежності від моделі деформації стінки з ребром (рисунок Е.5). При деформації по типу (а) стінка утримується ребром на місці від деформації з площини і для цього має виконуватися умова:

$$\gamma_s \geq \gamma_s^*, \quad (\text{E.21})$$

де

$$\gamma_s = 10,9 \cdot \frac{I_{sl,1}}{h_w t_w^3}, \quad (\text{E.22})$$

$$\gamma_s^* = \left( \frac{a}{h_w} \right)^3 + 210 \cdot \left( 0,3 - \frac{b_1}{a} \right) \quad \text{для} \quad \frac{b_1}{a} \leq 0,3, \quad (\text{E.23})$$

$I_{sl,1}$  – момент інерції ребра, що знаходиться найближче до навантаженого поясу, з ділянками стінки по  $15 \cdot t_w \cdot \varepsilon$ ; де  $\varepsilon = \sqrt{235 / R_{yn}}$ ;

$h_w$  і  $t_w$  – висота і товщина стінки;

$a$  – відстань між поперечними ребрами.

### Е.2.2 Перевірка крутної стійкості ребра

(1) Перевірку таврового ребра на крутну втрату стійкості відносно листа настилу (рисунок Е.6) слід виконувати за формулою:

$$\sigma_{x,c} \leq \varphi_0 \cdot m \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (\text{E.24})$$

де  $\varphi_0$  – зменшувальний коефіцієнт втрати стійкості; знаходиться згідно розділу Д.2, в залежності від гнучкості.

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1);

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$\gamma_{M0}$  – коефіцієнт надійності (таблиця 7.3).

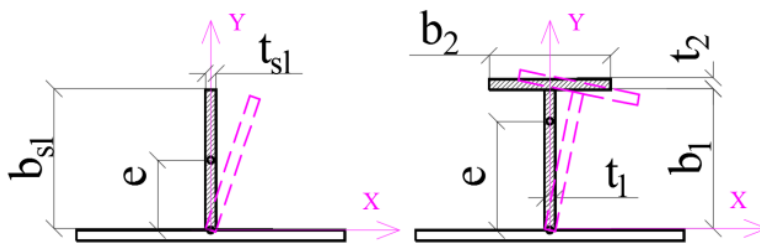


Рисунок Е.6 – Перерізи поздовжніх ребер

(2) Розрахункову гнучкість таврового ребра  $\lambda_0$  при крученні слід знаходити за формулою:

$$\lambda_0 = l \cdot \sqrt{\frac{I_p}{h_1^2 \cdot I_y + I_\omega + 0,04l^2 \cdot I_t}}, \quad (\text{E.25})$$

де  $l$  – прогін поздовжнього ребра між поперечними балками;

$I_p = I_x + I_y + A_{sl} \cdot e^2$  – полярний момент інерції відносно листа настилу;

$b_1$  і  $t_1$  – висота і товщина стінки ребра;

$b_2$  і  $t_2$  – ширина і товщина полки ребра;

$e$  – відстань від центру ваги тавра до листа настилу;

$I_x$  і  $I_y$  – моменти інерції відносно осей  $x$  и  $y$ ;

$I_{\omega} = \frac{b_2^3 \cdot t_2^3}{144} + \frac{b_1^3 \cdot t_1^3}{36}$  – секторіальний момент інерції при стисненому

крученні;

$I_t = \frac{1}{3} (b_2 \cdot t_2^3 + b_1 \cdot t_1^3)$  – момент інерції перерізу тавра при чистому

крученню;

$A = \sum b_i \cdot t_i$  – площа тавра.

(3) Допускається, перевірку крутної стійкості стисненого ребра виконувати за формулою:

$$\sigma_{cr} \geq \theta \cdot \sigma_{x,c} \quad (\text{E.26})$$

де  $\sigma_{cr}$  – пружні критичні напруження;

$\sigma_{x,c}$  – напруження стику; при конструюванні допускається приймати рівним опору текучості  $R_{yn}$ ;

$\theta$  – параметр = 2 для перерізів класу 3 (пружна робота).

$$\sigma_{cr} = G \cdot \frac{I_t}{I_{\rho}} = \frac{E}{2(1+\nu)} \cdot \frac{I_t}{I_{\rho}} \quad (\text{E.27})$$

Якщо прийняти

$$\sigma_{cr} = 2 \cdot \sigma_{x,c}, \text{ то: } \frac{I_t}{I_{\rho}} \geq 5,2 \cdot \frac{\sigma_{x,c}}{E}, \quad (\text{E.28})$$

$I_{\rho} = I_x + I_y + A_{sl} \cdot e^2$  – полярний момент інерції відносно листа настилу;

$I_t$  – момент інерції при вільному крученні.

Для штабового ребра обмеження відношення ширини ребра  $b_{sl}$  до товщини  $t_{sl}$  для запобігання скручування при втраті стійкості в залежності від напруження стиску  $\sigma_{x,c}$  оцінюється нерівністю:

$$b_{sl} / t_{sl} \leq \sqrt{E / (5,2 \cdot \sigma_{x,c})}.$$

**Таблиця Е.24** – Напруження стиску  $\sigma_{x,c}$  в залежності від відношення  $b_{sl}$  до  $t_{sl}$ 

$\sigma_{x,c}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420
$b_{sl}/t_{sl}$	14,2	13,5	13,0	12,5	12,0	11,6	11,2	10,9	10,6	10,3	10,0	9,8

**Е.2.3** Перевірка згинальної стійкості ребра

(1) Перевірку поздовжнього ребра на стійкість згину з площини стінки слід перевіряти як стержень відповідно до розділу 10.

(2) У склад перерізу ребра слід включати ділянки стінки шириною по  $15t_w \cdot \varepsilon$  товщин в кожний бік, де  $\varepsilon = \sqrt{235 / R_{yn}}$ ,  $t_w$  – товщина стінки. Розрахункову довжину стержня слід приймати рівною відстані між поперечними балками.

**Е.2.4** Вимоги до жорсткості поперечного ребра

(1) Згинальна жорсткість поперечного ребра має забезпечити утримання стінки головної балки від деформації з площини.

(2) У тому випадку, коли поперечні ребра утримують стиснутий відкритий пояс головних балок від втрати стійкості з площини стінки, жорсткість поперечних ребер визначається відповідно до розділу 10.

(3) Опорні поперечні ребра, які піддані дії осьової сили, слід перевіряти на стійкість з площини стінки, як стержні з розрахунковою висотою рівною висоті стінки, включаючи в склад перерізу ребра ділянки стінки шириною по  $15 \cdot t_w \cdot \varepsilon$  товщин в кожний бік, де  $\varepsilon = \sqrt{235 / R_{yn}}$ ,  $t_w$  – товщина стінки. Розрахунки слід вести відповідно до розділу 10.

(4) Згинальну мінімальну жорсткість  $I_{cr}$  рядового поперечного ребра для утримання стінки допускається приймати за формулами:

при ділянками стінки по  $15 \cdot t_w \cdot \varepsilon$ ;

$$\text{при } a/h < \sqrt{2} \quad I_{cr} \geq \frac{1,5 \cdot h^3}{a^2}, \quad (\text{Е.29})$$

$$\text{при } a/h \geq \sqrt{2} \quad I_{cr} \geq 0,75 \cdot h \cdot t^3, \quad (\text{Е.30})$$

де  $a$  – відстань між поперечними ребрами;

$h$  – висота ребра;

$t$  – товщина стінки.

### Е.3 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ ОРТОТРОПНИХ ПЛИТ

#### Е.3.1 Перевірка достатності поперечних балок стиснутих плит

Критерієм достатності жорсткості поперечної балки є така, коли розрахункова довжина поздовжніх ребер обмежена відстанями між поперечними балками. Оцінка виконується за формулою:

$$I_s \geq I_{\min}, \quad (\text{E.31})$$

де  $I_s$  – момент інерції повного перерізу поперечної балки, в склад якої включені частки настилу по  $b = 14 \cdot t \cdot \varepsilon$  в кожний бік від балки;  $t$  — товщина листа настилу;  $\varepsilon = \sqrt{235 / R_{yn}}$  (в МПа);

$I_{\min}$  – мінімально можливий момент інерції повного перерізу балки, що знаходиться за формулою:

$$I_{\min} = \alpha \cdot \psi \cdot (k + 1) \cdot (L / l)^3 \cdot I_{sl} \cdot \frac{\sigma_{xc}}{\sigma_{x,cr,tf}}, \quad (\text{E.32})$$

де  $\sigma_{xc}$  – розрахункові напруження стиску плити; можуть прийматися рівними опору текучості  $R_{yn}$ ;

$\sigma_{x,cr,tf}$  – ефективні критичні напруження; можуть прийматися рівними Ейлеревим за формулою:

$$\sigma_{ct,E} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{sl}}{A_{sl} \cdot l^2}, \quad (\text{E.33})$$

$L$  – прогін поперечної балки;

$l$  – відстань між поперечними балками;

$I_s$  – момент інерції поперечної балки;

$A_{sl}$  – площа повного перерізу поздовжнього ребра;

$I_{sl}$  – момент інерції повного перерізу поздовжнього ребра;

$k$  – число поздовжніх ребер;

ДБН В.2.3-26:202Х

$\psi$  – коефіцієнт: 0,055 при  $k = 1$ ; 0,15 при  $k = 2$ ; 0,2 при  $k \geq 3$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт, що знаходиться за таблицею **Е.25** як функція від  $\omega = \sigma_{xc} / R_{yn}$ ; при діючих напруженнях, рівних  $R_{yn}$ , коефіцієнт  $\alpha = 2,025$ .

**Таблиця Е.25** – Коефіцієнт  $\alpha$

$\omega$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
$\alpha$	0	0,016	0,053	0,115	0,205	0,320	0,462	0,646	0,872	1,192	1,470	2,025

Допускається значення  $I_{min}$  примати в запас, за формулою:

$$I_{min} = 0,4 \cdot (k + 1) \cdot (L / l)^3 \cdot I_{sl}. \quad (E.34)$$

### Е.3.2 Перевірка стійкості плити між поперечними балками

Перевірку стійкості при стиску плити в цілому між поперечними балками слід виконувати за формулою:

$$\sigma_{x,c} \leq \varphi_0 \cdot m \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (E.35)$$

де  $\varphi_0$  – зменшувальний коефіцієнт втрати стійкості; знаходиться за таблицею **Е.26**, в залежності від гнучкості.

**Таблиця Е.26** – Визначення коефіцієнта  $\varphi_0$

$\lambda_0$	41	44	50	53	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
C235	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95	0,83	0,73	0,64	0,59	0,53	0,47	0,41	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,20
C345	1,0	1,0	0,92	0,87	0,76	0,64	0,56	0,50	0,44	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14
C390	1,0	0,96	0,88	0,83	0,72	0,59	0,49	0,43	0,38	0,33	0,28	0,25	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11

$\sigma_{xc}$  – розрахункові напруження стиску плити; рекомендується прийматися рівними опору текучості  $R_{yn}$ ;

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця **7.1**);

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$\gamma_{M0}$  – коефіцієнт надійності (таблиця **7.3**).

Гнучкість  $\lambda_0$  слід визначати за формулою:



$$\lambda_0 = \frac{l_{ef}}{\sqrt{\xi}} \cdot \sqrt{\frac{A_{sl}}{I_{sl} + \frac{b_1 \cdot t^3}{10,9} \left[ 2 \cdot \theta \cdot \left( \frac{l_{ef}}{L} \right)^2 + \left( \frac{l_{ef}}{L} \right)^4 \right]}}, \quad (E.36)$$

$l$  – відстань між поперечними балками;

$L$  – прогін поперечних балок;

$l_{ef} = l \cdot \sqrt{1/\omega^\infty}$  – розрахункова довжина поздовжніх ребер; при

недостатній жорсткості поперечних балок може бути більшим ніж відстань між балками;

$\omega$  – слід знаходити за таблицею **Е.25** як функцію від  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{1}{\psi \cdot (k+1) \cdot I_{sl}} \cdot (L/l)^3 \cdot I_s. \quad (E.37)$$

Коефіцієнт  $\alpha$  оцінює жорсткість поперечної балки. У тому випадку, коли поперечна балка має достатню жорсткість  $\omega = 1,0$ , а ефективна довжина поздовжнього ребра дорівнює відстані між поперечними балками.

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує деформацію листа з ребрами з площини; визначається за таблицею **Е.27**, в залежності від відносних деформацій плити  $f/i$ ;  $f$  – деформація з площини плити між поперечними балками;  $i = \sqrt{I_{sl} / A_{sl}}$  – радіус інерції поздовжнього ребра.

**Таблиця Е.27** – Визначення коефіцієнта  $\xi$

$f/i$	0	0,005	0,01	0,05	0,10
$\xi$	1,0	0,88	0,75	0,70	0,66

$$\theta = 1 + \frac{5,5 \cdot I_t}{b_1 \cdot t_3}, \quad (E.38)$$

$I_t$  – момент інерції перерізу поздовжнього ребра при вільному крученні;

$t$  – товщина листа настилу;

$b_1$  – відстань між поздовжніми ребрами.

$l_{ef,a} = l_{ef} / \sqrt{\xi}$  – приведена довжина ребра з врахуванням стрілки вигину (деформації з площини плити). Приведена довжина може перевищувати відстань між поперечними балками.

**Е.3.3** Допускається виконувати перевірку стійкості плити з площини листа настилу за критерієм втрати стійкості окремого ребра. У цьому випадку, розрахунок ведеться в запас. Перевірка виконується згідно розділу 10. Гнучкість ребра визначається для розрахункової довжини  $l_{ef} = l$ , де  $l$  – відстань між поперечними балками.

**Додаток Ж**  
**(обов'язковий)**

**РОЗРАХУНКИ ВИТРИВАЛОСТІ**

**Ж.1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

**Ж.1.1** Оцінку витривалості, для елементів і з'єднань мостів всіх систем і призначень слід виконувати згідно чинного додатку. Оцінка базується на порівнянні розмаху діючих розрахункових напружень, з граничним розмахом напружень, встановленим для характерних елементів, вузлів і з'єднань.

**Ж.1.2** Оцінку витривалості залізничних мостів рекомендується виконувати згідно чинного додатку. Отримані результати слід порівняти з результатами, отриманими на основі розділу 15.3. У результаті рекомендується приймати більш жорстке значення.

**Ж.2 ОЦІНКА ВИТРИВАЛОСТІ**

**Ж.2.1** Оцінку витривалості з'єднання (деталі) слід виконувати по формулам:

$$\text{для нормальних напружень } \Delta\sigma \leq \Delta\sigma_{R,n} / \gamma_{fM}, \quad (\text{Ж.1})$$

$$\text{для дотичних напружень } \Delta\tau \leq \Delta\tau_{R,n} / \gamma_{fM}, \quad (\text{Ж.2})$$

де  $\Delta\sigma$  – розмах напружень від діючих розрахункових навантажень;

$\Delta\sigma_{R,n}$  і  $\Delta\tau_{R,n}$  нормальні і дотичні напруження порогу витривалості елемента в залежності від кількості циклів навантажень  $n$ ;

$\gamma_{fM}$  – коефіцієнт надійності з оцінки порога витривалості:

= 0,85 для елементів, руйнація яких не призведе до руйнації мосту;

= 1,00 для ключових елементів.

**Ж.2.2** Для комбінації одночасної дії нормальних і дотичних напружень перевірка витривалості виконується по формулі:

$$\left( \gamma_{fM} \cdot \frac{\Delta\sigma_{R,n}}{\Delta\sigma_c} \right)^3 + \left( \gamma_{fM} \cdot \frac{\Delta\tau_{R,n}}{\Delta\tau_c} \right)^5 \leq 1,0, \quad (\text{Ж.3})$$

$\Delta\sigma_c$  і  $\Delta\tau_c$  – табличні значення порогів витривалості нормальних і дотичних напружень при 2 млн. циклів.

**Ж.2.3** Пороги витривалості при 2 млн. циклів в МПа, називають категоріями. Категорії деталей для стандартних елементів і поширених випадків з'єднань надані в таблицях **Ж.5 – Ж.13**.

**Ж.2.4** Для виконання перевірок має виконуватися умова з обмеження розмаху діючих напружень по формулах:

$$\text{для нормальних напружень } \Delta\sigma \leq 1,5 \cdot R_{yn}, \quad (\text{Ж.4})$$

$$\text{для дотичних напружень } \Delta\tau \leq 1,5 \cdot R_{yn} / \sqrt{3}, \quad (\text{Ж.5})$$

де  $R_{yn}$  – характеристичне значення опору текучості;

$\Delta\sigma$  і  $\Delta\tau$  – розмах напружень розраховується як різниця між найбільшими і найменшими значеннями напружень (нормальні зі своїми знаками), отриманих при пружному розрахунку:

$$\Delta\sigma = |\Delta\sigma_{\max} - \Delta\sigma_{\min}|; \quad \Delta\tau = \Delta\tau_{\max} - \Delta\tau_{\min}. \quad (\text{Ж.6})$$

**Ж.2.5** Поріг витривалості  $\Delta\sigma_{R,n}$  знаходиться на основі табличних значень порогів витривалості  $\Delta\sigma_c$  при 2 млн. циклів.

При числі циклів менше 5 млн. відповідний поріг витривалості  $\Delta\sigma_{R,n}$  знаходиться за формулою:

$$\Delta\sigma_{R,n} = \Delta\sigma_c / \sqrt[3]{N / 2 \cdot 10^6}; \quad \Delta\tau_{R,n} = \Delta\tau_c / \sqrt[3]{N / 2 \cdot 10^6}. \quad (\text{Ж.7})$$

При числі циклів 5 млн. циклів  $\Delta\sigma_{R,5} = \Delta\sigma_D$  поріг витривалості розраховується за формулою:

$$\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_c / \sqrt[3]{5 \cdot 10^6 / 2 \cdot 10^6} = 0,737 \cdot \Delta\sigma_c. \quad (\text{Ж.8})$$

При числі циклів більше 5 млн. циклів поріг витривалості розраховується за формулою:

$$\Delta\sigma_{R,n} = \Delta\sigma_D / \sqrt[5]{N / 5 \cdot 10^6} = 0,737 \cdot \Delta\sigma_c / \sqrt[5]{N / 5 \cdot 10^6}, \quad (\text{Ж.9})$$

де  $N$  – кількість циклів навантажень, що підрахований за період експлуатації мосту.

### Ж.3 ПІДРАХУНОК РОЗМАХУ НАПРУЖЕНЬ

#### Ж.3.1 Автомобільні навантаження

Ж.3.1.1 Оцінка витривалості передбачає, що тільки важкі транспортні засоби викликають небезпечний для конструкції розмах напружень, який призводять до появи тріщин втомленості. Передбачаються, що відносно легкі екіпажі, з вагою менше ніж 8 т не викликають суттєвого впливу на втомленість.

Ж.3.1.2 Напруження від постійних навантажень не враховується.

Ж.3.1.3 При підрахунках, враховується вплив тільки одного важкого транспортного засобу (тандему АК), незалежно від кількості смуг руху на мосту. Одночасна поява двох тандемів не розглядається.

Ж.3.1.4 Розрахунковий тиск осі  $P_d$  тандему, слід приймати за формулою:

$$P_d = P_k \cdot \gamma_s \cdot \gamma_f \cdot (1 + \mu), \quad (\text{Ж.10})$$

де  $P_k$  – характеристичний тиск осі тандему (=15 тс);

$\gamma_s$  – коефіцієнт, що дорівнює:

0,5 – для розрахунків елементів, які зазнають безпосередній вплив колеса тандему (елементи ортотропних плит, тощо);

1,0 – для всіх інших розрахунків;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням, приймається рівним 1.0;

$1 + \mu$  – динамічний коефіцієнт, що дорівнює:

1,0 – для всіх розрахунків, крім деформаційних швів;

2,0 – для розрахунків деформаційних швів.

#### Ж.3.2 Рейкове навантаження

Ж.3.2.1 Навантаження для оцінки витривалості слід приймати різне для локальних та глобальних розрахунків.

Ж.3.2.2 При глобальних розрахунках розмах напружень в елементі мосту, визначається від проходу одного потягу, при цьому довжина ділянки лінії впливу одного знаку має бути більше за відстань між візками вагону.

Ж.3.2.3 При локальних розрахунках оцінюється дія вагонних осей; розрахункове навантаження на вісь  $P_d$  слід приймати за формулою:

$$P_d = P_k \cdot \gamma_f \cdot (1 + \mu), \quad (\text{Ж.11})$$

де  $P_k$  – характеристичне навантаження,

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням;

1,2 – для глобальних розрахунків, де навантаженням є потяг;

1,0 – для локальних розрахунків, де навантаженням є вісь;

$1 + \mu$  – динамічний коефіцієнт, що дорівнює 1,0 (якщо колія в нормальному стані).

## Ж.4 ПІДРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ЦИКЛІВ НАВАНТАЖЕНЬ

### Ж.4.1 Цикли від автомобільних навантажень

Ж.4.1.1 Кількість циклів розмаху діючих напружень знаходиться на основі підрахунку кількості проїздів одного тандему по мосту протягом проєктного строку служби. Загальна кількість циклів  $N$  розмаху напружень від проходу одного тандему в одному напрямку по мосту протягом проєктного строку служби підраховуються за формулою (Ж.12):

$$N = n_D \cdot n_Y \cdot n_C \cdot n_T \leq 1 \cdot 10^8, \quad (\text{Ж.12})$$

де  $n_D = 365$  – число днів в році;

$n_Y = 100$  – проєктний строк мосту;

$n_C = 11$  – число циклів від проїзду одного тандему в одному напрямку;

$n_T$  – середня денна кількість тандемів, які проходять по мосту в одному напрямку по одній смузі.

Проєктний строк служби моста  $n_Y$  або його елемента має бути прийнятий 100 років, або визначений в технічному завданні на проєктування мосту. Кількість циклів від одного проходу тандему  $n_C$  слід приймати за таблицею

### Ж.1

**Таблиця Ж.1** – Кількість циклів від одного проходу тандему

№№	Характерна деталь моста	Кількість циклів від одного проходу тандему $n_C$
1	У всіх випадках, крім перелічених нижче	1,0
2	Елементи мосту, у яких число циклів	2,0

	подвоюється від одного проходу тандему	
3	Елементи деформаційного шва	2,0

Середня денна кількість тандемів, що проходять в одному напрямі по одній смузі мосту  $n_T$  знаходяться за формулою (Ж.13):

$$n_T = n_{TB} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (\text{Ж.13})$$

де  $n_{TB}$  – середня денна кількість тандемів, що проходять в одному напрямі по одній смузі мосту. Фізичний ліміт кількості машин, що можуть пройти по одній смузі за день приймається рівним 20 000 штук.

$k_1$  – враховується частка важких автомобілів в загальній кількості транспорту. Якщо статистичні дані відсутні, то коефіцієнти допускається приймати відповідно до таблиці Ж.2.

**Таблиця Ж.2** - Коефіцієнт частки важких автомобілів в потоці

Тип мосту	Коефіцієнт, $k_1$
Для міських і загородніх мостах на магістралях	0,20
Для мостів на інших дорогах	0,15
Для інших міських мостів	0,10

**Таблиця Ж.3** - Коефіцієнт кількості смуг в одному напрямку

Кількість смуг в одному напрямку	Коефіцієнт, $k_2$
При одній смузі	1,00
При двох смугах	0,85
При трьох і більше смугах	0,80

#### Ж.4.2 Цикли від рейкових навантажень

Підрахунок кількості циклів розмаху напружень від рейкового транспорту аналогічний підрахунку кількості циклів від автомобільного навантаження. Загальна кількість циклів від проїзду потягів по мосту протягом проектного строку служби оцінюється за формулою:

$$N = n_D \cdot n_Y \cdot n_C \cdot n_T \leq 1 \cdot 10^8, \quad (\text{Ж.14})$$

де  $n_D$  – кількість днів в році;

$n_Y$  – проектний строк служби мосту в роках;

$n_C$  – кількість циклів від проходу одного потягу за таблицею Ж.4.

$n_T$  – середня денна кількість потягів, що проходять в одному напрямку по мосту за день.

**Таблиця Ж.4** – Визначення кількості циклів від проходу одного потягу

№№	Характерна деталь моста	Кількість циклів від проходу одного потягу $n_c$
1	У всіх випадках, крім наданих нижче	1,0
2	Поздовжні ребра та поперечні балки проїзду	Подвоєна кількість вагонів
3	Елементи з довжиною лінії впливу одного знаку менше відстані між візками вагонів.	

## **Ж.5 ОЦІНКА ВИТРИВАЛОСТІ ВІД СУМІСНОЇ ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО І РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ**

**Ж.5.1** Для багатьох елементів моста суміщеного під рух автомобілів і рейкового транспорту достатньо виконати перевірку витривалості тільки від дії одного з навантажень – автомобільного чи рейкового.

**Ж.5.2** Для елементів, які, приблизно, в рівному ступеню сприймають обидва навантаження, але які мають різну кількість циклів і різну напруженість, розрахунки витривалості слід вести за наступною процедурою.

**Ж.5.3** Слід оцінити витривалість деталі по граничній кількості циклів, якщо відома категорія деталі, діючі розмахи напружень  $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2 \dots \Delta\sigma_i$  і відповідна їм кількість циклів  $n_1, n_2 \dots n_i$ . Використовується наступний алгоритм:

1. При заданих розмахах напружень  $\Delta\sigma_i$  оцінюється гранична кількість циклів  $N_i$  по формулам:

$$N_i = 5 \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i} \right)^3 \quad n \leq 5 \cdot 10^6, \quad (\text{Ж.15})$$

$$N_i = 5 \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{\Delta\sigma_D}{\Delta\sigma_i} \right)^5 \quad n > 5 \cdot 10^6, \quad (\text{Ж.16})$$

$$N_i = 2 \cdot 10^6 \cdot \left( \frac{\Delta\tau_c}{\Delta\tau_i} \right)^5 \quad n > 5 \cdot 10^6.$$

2. Якщо відома гранична кількість циклів  $N_i$ , то для оцінки витривалості слід використати лінійний закон накопичення пошкоджень (Палгрена-Мінера).



При цьому сума відношень фактичної кількості циклів до граничних не має перевищити 1,0.

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_i}{N_i} \leq 1. \quad (\text{Ж.17})$$

У формулі (Ж.17) значення  $n_1, n_2 \dots n_i$  – це фактична кількість прогнозованих циклів при розмахах діючих напружень  $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2 \dots \Delta\sigma_i$ .

## Ж.6 ТАБЛИЦІ КАТЕГОРІЙ ВИТРИВАЛОСТІ

Категорії деталей дорівнюють (з певною забезпеченістю) порогам витривалості в МПа при 2 млн циклів для розмаху нормальних напружень  $\Delta\sigma_c$ , або дотичних  $\Delta\tau_c$  (або при 5 млн. циклів, якщо є посилання  $m = 5$ ).

**Ж.6.1** Категорії в залежності від виду деталей надаються у нижче наведених таблицях.

Таблиця Ж.5: Елементи без зварювання і елементи з механічними стиками.

Таблиця Ж.6: Зварні складені перерізи.

Таблиця Ж.7: Поперечні стикові шви.

Таблиця Ж.8: З'єднання із прикріпленнями й фасонками.

Таблиця Ж.9: Навантажені зварні

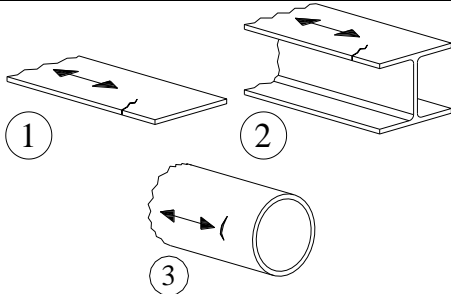
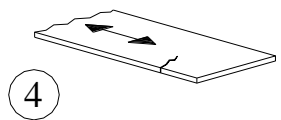
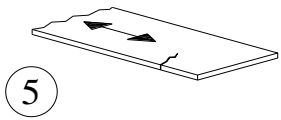
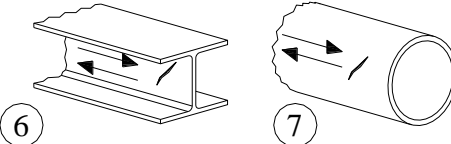
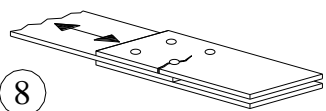
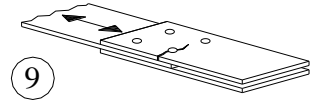
Таблиця Ж.10: Пустотні перерізи.

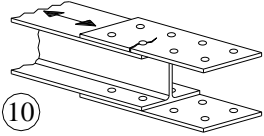
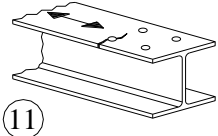
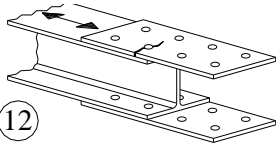
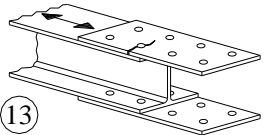
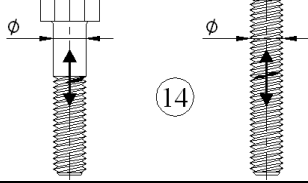
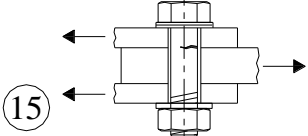
Таблиця Ж.11: Стики трубчастих ферм.

Таблиця Ж.12: Ортотропні плити із замкненими ребрами.

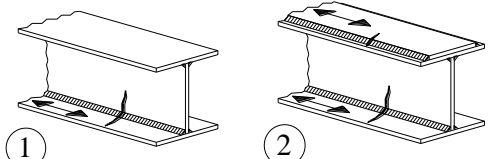
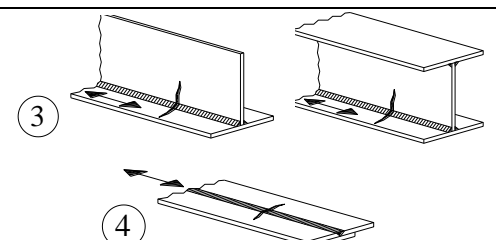
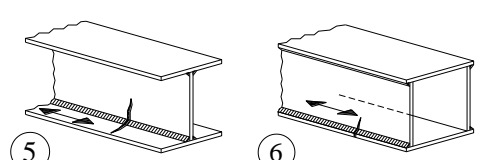
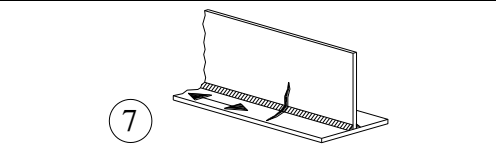
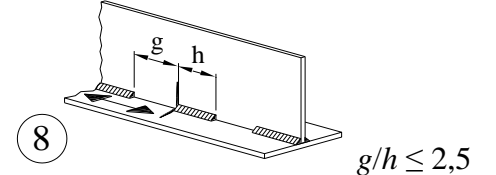
Таблиця Ж.13: Ортотропні плити з відкритими ребрами.

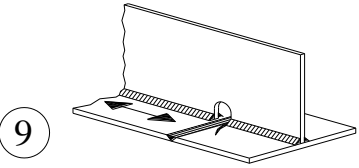
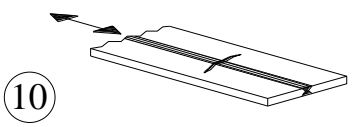
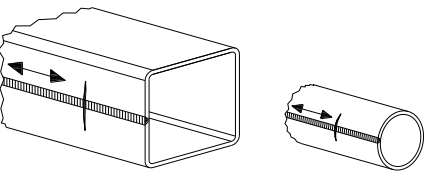
Таблиця Ж.5 – Елементи без зварювання і елементи з механічними стиками

Категорія деталі	Ескіз деталі	Опис	Вимоги	
160		Прокатні кромки деталей, кромки після термічної різки з класом шорсткості 1. (1) Лист і полоса (2) Сортовий прокат (3) Круглі та прямокутні труби	Деталі (1) к (3): Гострі кромки і дефекти поверхні, мають бути зачищені. Поріг витривалості 160 – це максимальне значення для всіх деталей.	
140		Різані ножицями або газом кромки: (4) Машинна газова різка з послідууючий зачисткою.	(4) Всі видимі риси на кромках, які переривають безперервність, мають бути видалені зачисткою з напрямом рисок вздовж кромки з глибиною не більше 0,3 мм.	
125		(5) Кромки після машинної газової різки без зачистки, або після різки на ножицях з послідууючою зачисткою по всій довжині. Кромки після машинної газової різки повинні мати 2 клас шорсткості.	– зони переходу перерізу (ухил менше 1:4) або отвори мають бути поліпшені зачисткою; – ремонт з використанням зварювання не допускається.	
100 $m=5$		Деталі (6) і (7) відповідають деталям 1), (2) і (3). Для елементів із зсувом.	Деталі (6) і (7) $\Delta t$ оцінюються по дотичним напруженням по формулі $\tau = \frac{Q \cdot s}{I \cdot t}$	
112		(8) Стик з двосторонніми накладками на високоміцних болтах	(8) $\Delta\sigma$ для перерізу брутто.	
		(8) Стик з двосторонніми накладками на заповнених високоміцних болтах		
90		(9) Стик з двосторонніми накладками на болтах класу А.	(9) $\Delta\sigma$ для перерізу нетто	Для з'єднань на болтах (деталі от 8) до 13) – відстань від осі
		(9) Стик з двосторонніми накладками на звичайних заповнених болтах		

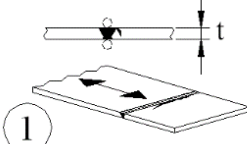
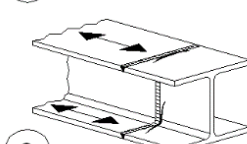
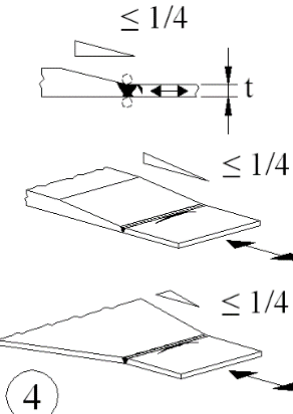
		(10) Стик з односторонніми накладками на високоміцних болтах	(10) $\Delta\sigma$ для перерізу нетто	болта до кромки $\geq 1,5 \cdot d$ , а між болтами $\geq 2,5 \cdot d$ .
		(10) Стик з односторонніми накладками на заповнених високоміцних болтах		
		(11) Елемент підданий згину і (або) осьовому розтягу	(11) $\Delta\sigma$ для перерізу нетто	
80		(12) Стик з односторонніми накладками на болтах класу А.	(12) $\Delta\sigma$ для перерізу нетто	
		(12) Стик з односторонніми накладками на звичайних заповнених болтах		
50		(13) Односторонні або парні накладки с болтами класу В і С	(13) $\Delta\sigma$ для перерізу нетто	
50		(14) Болти і шпильки з різьбою; для болтів великого діаметру слід вводити коефіцієнт розміру $k_s$	(14) $\Delta\sigma$ – напруження знаходять по площі болта. Згин болту має бути врахований. Для попереднього напружених болтів зменшення розмаху напружень має бути враховане.	
100 $m=5$		(15) Болти класу А і В піддані одиночному або подвійним зрізом поза різьбою.	(15) $\Delta\tau$ зріз оцінюється для зони без різьби	

## Таблиця Ж.6 – Зварні профілі

Категорія деталі	Ескіз деталі	Опис	Вимоги
125		Поздовжні шви без переривання: 1) Автоматичні кутові двосторонні шви; 2) Автоматичні заповнені шви кромки поривних листів для деталей 6) або 7) в Таблиці 5.	Деталі 1) і 2): відсутні старт/зупинка по довжині шву, крім випадків, коли забезпечений якісний ремонт.
112		3) Автоматичні заповнені або кутові шви приварки кромки листів, де присутні старт/зупинка. 4) Автоматичні стикові шви, що виконана з одного боку на залишкових підкладках без зон старт/зупинка.	4) Якщо присутні старт/зупинка то категорія 100
100		5) Ручне кутове або стикове зварювання 6) Ручне або автоматичне зварювання з, що виконана одного боку, як правило для коробок.	5) і 6) зазори до 2 мм. Провар кореня швів.
100		7) Відновлені після ремонту шви деталей 1) і 6).	7) Якісний ремонт може підвищити категорію.
80		8) Переривчастий поздовжній шов.	8) $\Delta\sigma$ оцінюється по напруженням в поясі.

71		9) Кінці швів, що перервані біля отворів діаметром до 60 мм. Для більших отворів – див. деталь 1 в табл. 4.	9) $\Delta\sigma$ оцінюється по напруженням в поясі.
125		10) Стикові шви паралельні до діючих зусиль, 100 % НМК	10) НМК – Неруйнівний Метод Контролю
112		10) Те саме, без місць старт/зупинка	
90		10) Те саме, з місцями старт/зупинка	
140		11) автоматичні стикові шви без місць старт/зупинка	11) товщина стінки $\leq 12,5$ мм
90		11) Те саме, з місцями старт/зупинка	11) товщина стінки $> 12,5$ мм
Для деталей 1–11, що зварені механізованим зварюванням допускається примати значення як для автоматичної.			

Таблиця Ж.7 – Поперечні стикові шви

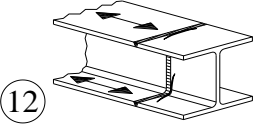
Категорія деталі	Ескіз деталі	Опис	Вимоги
112	   	Зварення без залишкових підкладок. (1) Поперечні стики листів і штаб. (2) Стики поясів и стінок складених балок в процесі збирання. (3) Стик в одному перерізі прокатного перерізу без викружок. (4) Стик листів змінної товщини або ширини при ухилі $\leq 1/4$	Зачистка швів має бути виконана запідлице з прокатом і паралельно до напрямку зусиль. Для зварювання мають бути використані вивідні планки, а після зрізання планок слід зачистити кромки запідлице. Зварювання з двох боків повинне мати 100 % НМК.

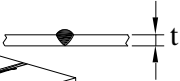

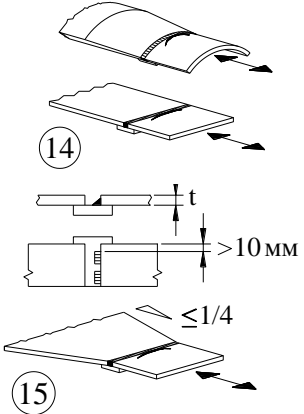
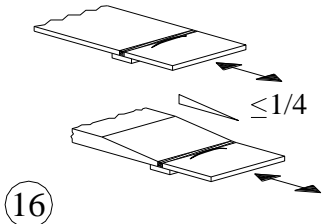
<p>90</p>		<p>Зварювання стиків без залишкових підкладок.                  (5) Поперечні стики листів і штаб.                  (6) Стик в одному перерізі прокату без викружок.                  (7) Стик листів змінної товщини або ширини при ухилі <math>\leq 1/4</math>.</p>	<p>Висота посилення швів до 10% ширини шва при плавному переході до поверхні листа:                  для зварювання мають бути використані вивідні планки; після має бути зачистка кромки запідлице;                  Зварення з двох боків 100 % НМК.</p>
-----------	--	---	--

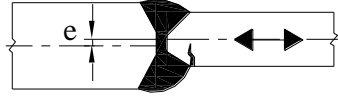
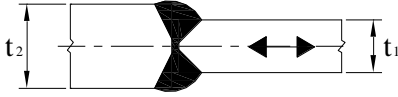
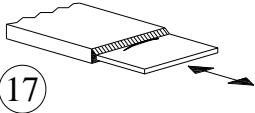
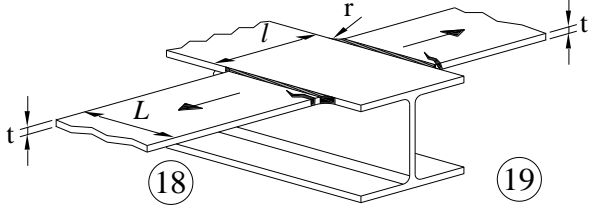
<p>90</p>		<p>(8) Те саме, що 3), але з викружкою.</p>	<p>Зачистка швів має бути виконана запідлице з прокатом і паралельно до напрямку зусиль.                  Для зварювання мають бути використані вивідні планки, а після зрізання планок слід зачистити кромки запідлице.</p>
-----------	--	---	--

<p>80</p>		<p>(9) Поперечні стикові шви без викружок.                  (10) Стик в одному перерізі прокатного профілю без викружок.                  (11) Поперечні стики листів прокатних і складених з листів балок.</p>	<p>Висота посилення швів до 20 % ширини шва при плавному переході до поверхні листа:                  для зварювання мають бути використані вивідні планки; після має бути зачистка кромки запідлице;                  Зварення з двох боків 100 % НМК.</p>
-----------	--	---	---

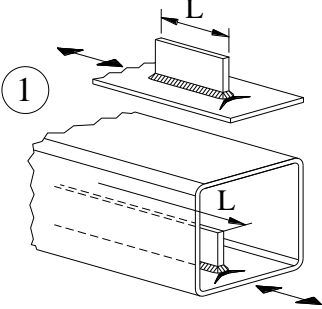
Для товщини  $>25$  мм до категорій слід застосовувати редуційний коефіцієнт для деталей 1–11, що враховує розмір елемента, що дорівнює  $k_s = (25 / t)^{0,2}$

63		(12) Стик в одному перерізі прокатного профілю без викружок.	Для зварювання мають бути використані вивідні планки, а після зрізання планок слід зачистити кромки запідлице. Зварювання з двох сторін.
----	---	--	--

Категорія деталі	Ескіз деталі		Опис	Вимоги
63			(13) Шов з одного боку	(13) Шов виконаний без підкладки.
71	$k_s = (25/t)^{0,2}$		(13) Шов з одного боку + виконаний НМК	
71	$k_s = (25/t)^{0,2}$		Шви на залишковій підкладці. (14) Поперечні стики (15) Поперечні стики листів різної товщини при ухилі $\le 1/4$ .	Для деталей (14) і (15) вихід швів підкладки не менше 10 мм. Шви підварки підкладки переварені стиковим швом.
50	$k_s = (25/t)^{0,2}$		(16) Поперечні стики листів постійної і різної товщини при ухилі $\le 1/4$ .	(16) Шви на підкладці виходять не менше 10 мм.

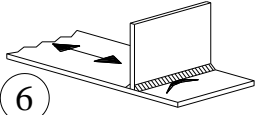
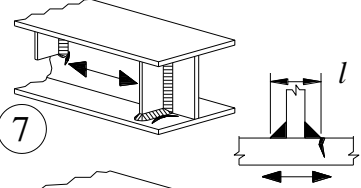
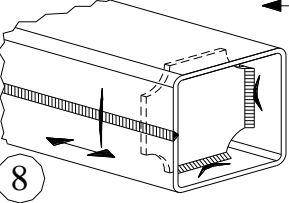
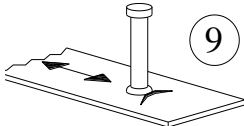
<p>71</p>	<p>Коефіцієнт розміру</p> $k_s = \frac{\left(\frac{25}{t}\right)^{0,2}}{1 + \frac{6 \cdot e t_1^{1,5}}{t_1 \cdot t_1^{1,5} + t_2^{1,5}}} \quad t_2 > t_1$ 	<p>Ухил <math>\leq 1/2 t_2 &gt; t_1</math></p>  	<p>17) Поперечний стиковий шов листів різної товщини без зони переходу товщини.</p>
<p>Як деталь 1 в таблиці Ж.5</p>		<p>18) Поперечний стиковий шов перехрестя поясів.</p>	<p>Деталі 18) и 19) <math>\Delta\sigma</math> розмах напружень в елементі що не переривається мають бути перевірені по Табл.4 для деталі 4) або 5).</p>
<p>Як деталь 4 в таблиці Ж.4</p>		<p>19) Те саме з радіусом переходу по таблиці Ж.4 деталь 4</p>	

Таблиця Ж.8 – З'єднання з приєднаними фасонками

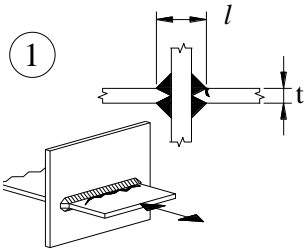
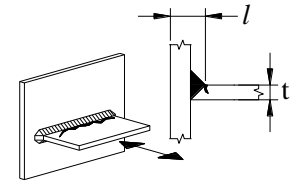
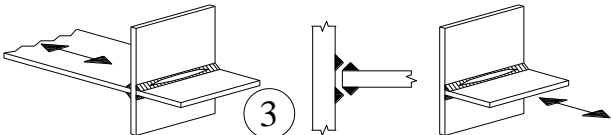
Категорія деталі	Ескіз деталі	Опис	Вимоги
80	$L \leq 50$ мм	 <p>Поздовжнє ребро, фасонка 1) Категорія деталі варіюється в залежності від довжини елементів <math>L</math></p>	<p>Висота ребра (фасонки) має бути менше довжини, якщо інакше див. Табл. 5 деталь 5) або 6).</p>
71	$50 < L \leq 80$ мм		
63	$80 < L \leq 100$ мм		
56	$L \geq 100$ мм		



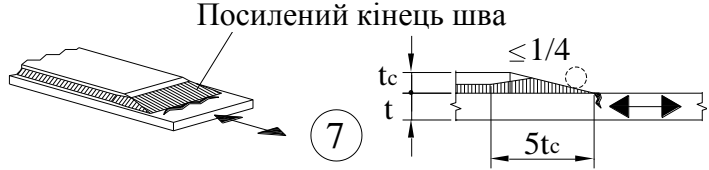
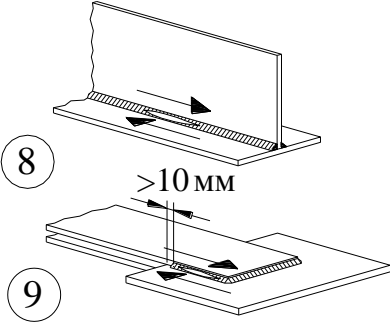
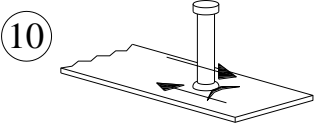
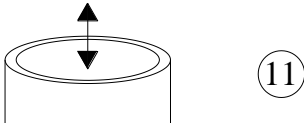
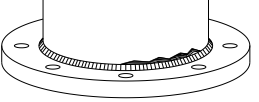
71	$L \geq 100 \text{ мм}$ $\alpha < 45^{\circ}$		2) Поздовжня фасонка на листі або на трубі.	
80	$r \geq 150 \text{ мм}$		3) Поздовжні шви фасонок з радіусним переходом до листа. Кінці швів з повним проплавленням.	<p>Деталі 3) и 4)                  Радіус переходу від фасонки до листа виконаний після зварення з направленням рисок вздовж стрілки.</p>
90	$\frac{l}{L} \geq \frac{1}{3}$ або $r \geq 150 \text{ мм}$		4) Фасонка приварена в стик до кромки листа.	
71	$\frac{1}{6} \leq \frac{l}{L} \leq \frac{1}{3}$			
50	$\frac{l}{L} \geq \frac{1}{6}$	<p><math>L</math> довжина фасонки, для деталей 1) 2) и 3)</p>		
40	-		5) Без радіусу переходу від фасонки до поясу.	

80	$L \leq 50$ мм	 <p>6) Приварка ребра до листа.</p>	<p>Поперечна фасонка, ребро, діафрагма.</p>	<p>Деталі 6) и 7)</p>
71	$50 < L \leq 80$ мм	 <p>7) Приварка ребра до стінки і поясу.</p>  <p>8) Приварка діафрагми до стінок коробки або труби.</p>	<p>8) Приварка діафрагми до стінок коробки або труби.</p>	<p>7) Розмах напружень <math>\Delta\sigma</math> має бути визначений по напрямку стрілок.</p>
90		 <p>9) Вплив приварки гнучкого анкера до поясу.</p>	<p>9) Вплив приварки гнучкого анкера до поясу.</p>	<p>Розмах напружень <math>\Delta\sigma</math> має бути визначений по напрямку стрілок.</p>

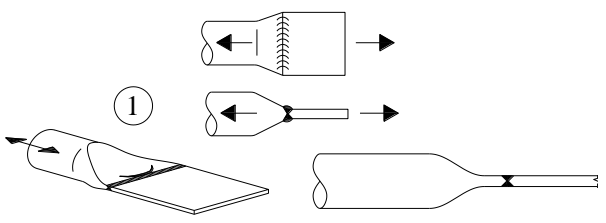
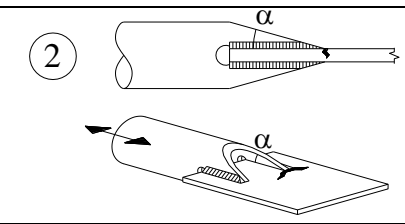
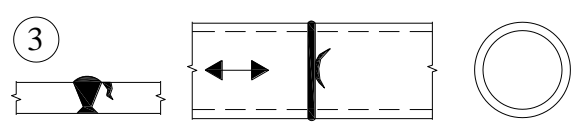
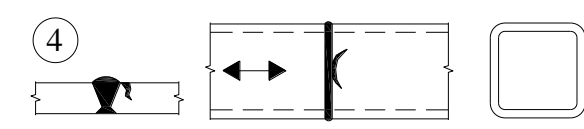
Таблиця Ж.9 – Навантажені шви зварювання

Категорія деталі	Конструктивна деталь $50 < l \leq 80$ мм $t \leq 20$ мм		Опис	Вимога
80	$l \leq 50$ мм	всі $t$ толщини, мм		<p>1) Інспекція 100 % швів</p> <p>2) Для розрахунку <math>\Delta\sigma</math> напруження номінальні</p> <p>3) Для швів с частковим проплавленням дві перевірки:</p> <p>1 – коренева тріщина</p> <p>використовувати категорію 36* для напружень в шві і категорію 80 для <math>\Delta\tau_w</math></p> <p>2 – п'яткова тріщина від напружень <math>\Delta\sigma</math> в навантаженій пластинці.</p> <p>Деталі 1) і 3):</p> <p>Плита, що несе навантаження не має бути товще більш ніж на 15 % плити в проміжку.</p>
71	$50 < l \leq 80$ мм			
63	$80 < l \leq 100$ мм			
56	$100 < l \leq 120$ мм			
56	$l > 120$ мм	$t \leq 20$ мм		
50	$120 < l \leq 200$ мм	$t \leq 20$ мм		
50	$l > 200$ мм	$20 < t \leq 30$ мм		
45	$200 < l \leq 300$ мм	$t \geq 30$ мм		
45	$l > 300$ мм	$30 < t \leq 50$ мм		
Як і деталь 1 в таблиці Ж.5	Гнучка панель		2) Руйнація п'яти шва	
36*			3) Руйнація таврового з'єднання з кутовими швами або з повним проплавленням.	

<p>Як деталь 1 в таблиці Ж.5</p>			<p>(4) Шви для зварювання внапуск</p>	<p>(4) <math>\Delta\sigma</math> розмах напружень в плиті розраховують відносно площі, що показана на рисунку.                  (5) <math>\Delta\sigma</math> розмах напружень в перерізі накладеної плити.                  Деталі 4) и 5)                  – шви не ближче 10 мм до кромки                  – зрізні тріщини мають бути перевірені як для деталі (8)</p>	
<p>45*</p>			<p>(5) Шви для зварювання внапуск</p>		
	<p><math>t_c &lt; t</math></p>	<p><math>t_c \geq t</math></p>		<p>Покриваючі плити балок і коробок</p> <p>(6) Кінцеві зони зварних швів з або з поперечними швами</p>	<p>(6) У покриваючих листах, які ширше ніж нижній лист, кінцеві шви обов'язкові. Мінімальна довжина листів більше 300 мм. Якщо листи коротше, слід використовувати деталь 1.</p>
<p>56*</p>	<p><math>t \leq 20</math></p>				
<p>50</p>	<p><math>20 &lt; t \leq 30</math></p>	<p><math>t \leq 20</math></p>			
<p>45</p>	<p><math>30 &lt; t \leq 50</math></p>	<p><math>20 &lt; t \leq 30</math></p>			
<p>40</p>	<p><math>t \geq 50</math></p>	<p><math>30 &lt; t \leq 50</math></p>			
<p>36</p>		<p><math>t \geq 50</math></p>			

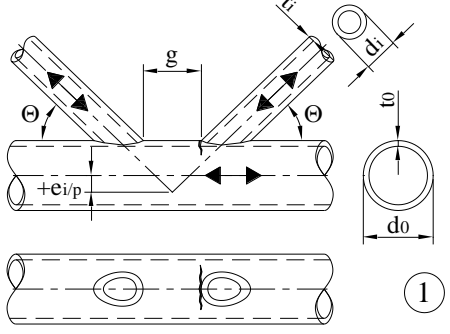
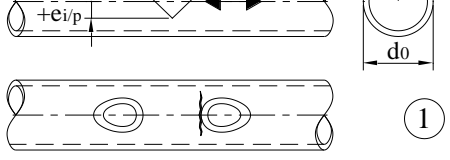
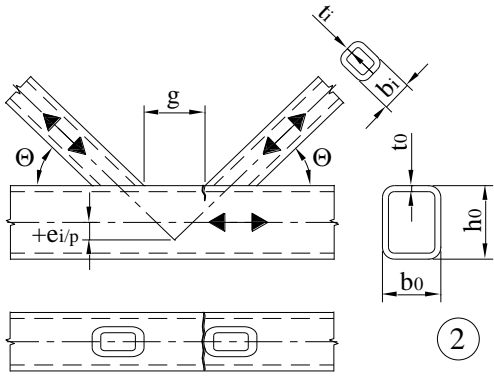
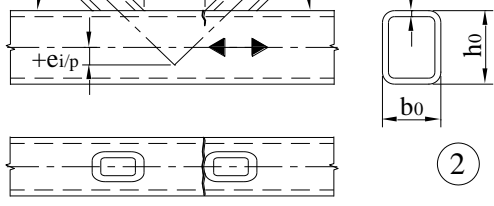
56		(7) Довжина торцевого шва покривного листа $5 \cdot t_c$	(7) Поперечний шов зачищений заїдлице (див. рис.). Якщо $t_c > 20$ мм, ухил зачистки не більше 1/4
80 $m=5$		(8) Безперервні кутові шви сприймають зріз поясів відносно стінок. (9) Кутові шви для зварювання внапуск	(8) $\Delta\sigma$ розмах напружень для перерізів шва. (9) $\Delta\tau$ розмах напружень розподілений по всій довжині шва. Шви віддалені на 10 мм від краю див. (4) и (5)
90 $m=8$		(10) Приварка гнучкого упору до поясу	(10) $\Delta\tau$ розмах напружень в перерізі анкера
71		(11) Шви фланців труб з 80% повного провару	(11) Тріщини в корні шва. $\Delta\sigma$ розмах напружень для труби.
40		(12) Кутові шви фланців труб	(12) $\Delta\sigma$ розмах напружень для труби.

Таблиця Ж.10 – Пустотні перерізи (товщина не більше 12,5 мм)

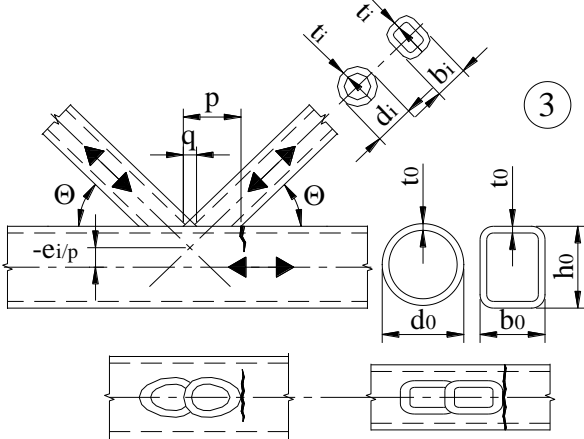
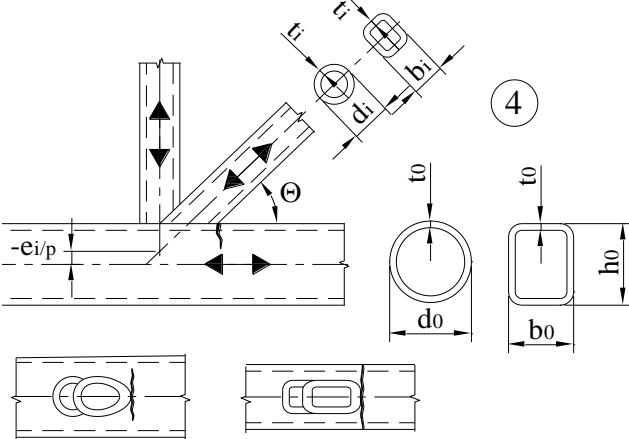
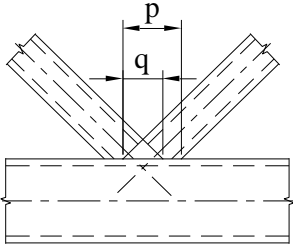
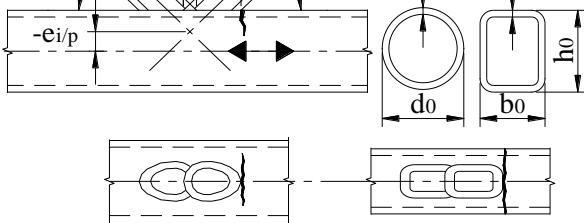
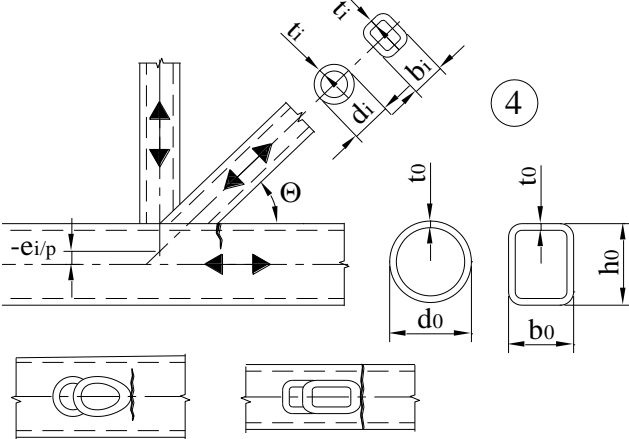
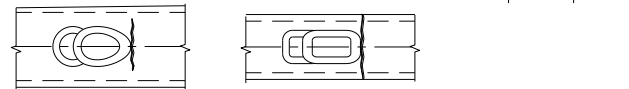
Категорія деталі	Ескіз деталі		Опис	Вимоги
71			(1) Стиснуті кінці труб з приваркою листів з Х-розділкою	(1) Розмах напружень $\Delta\sigma$ для перерізів труби діаметром до 200 мм
71	$\alpha \leq 45^0$		(2) Лист, що вварений у виріз в трубі	(2) $\Delta\sigma$ оцінюється в трубі. Шви що зрізаються оцінюються для деталі 8) таблиці 5.
63	$\alpha \leq 45^0$			
71			Поперечні стикові шви: 3) шви круглих труб;	Деталі 3) і 4) – посилення швів < 10 % ширини з плавним переходом до основи; – зварювання в нижньому положенні з відсутністю зовнішніх дефектів – класифікується на 2 категорії вище при товщині < 8 мм.
56			4) шви прямокутних труб.	

71		(5) Зварні з'єднання круглих і прямокутних труб до іншого перерізу	Кутіві шви не навантажені; Ширина вздовж зусилля менше 100 мм; інше в табл.4.
50		(6) Шви з повним проваром круглої труби виконані через проміжну плиту.	Деталі (6) і (7) – шви навантажені; – інспекція швів при відсутності зовнішніх дефектів; – класифікується на 2 категорії вище при товщині <math>< 8 \text{ мм}</math>.
45		(7) Шви з повним проваром прямокутної труби виконані через проміжну плиту.	
40		(8) Кутіві шви круглої труби виконані через проміжну плиту.	Деталі (8) і (9) – шви навантажені; – товщина труб менше 8 мм
36		(9) Кутіві шви прямокутної труби виконані через проміжну плиту.	

Таблиця Ж.11 – Стилки трубчастих ферм

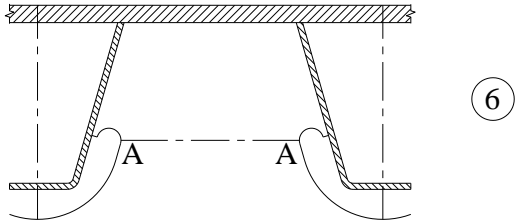
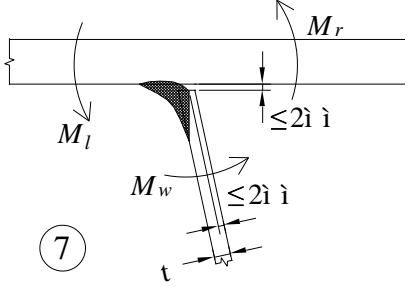
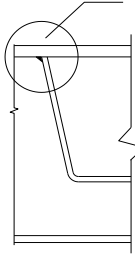
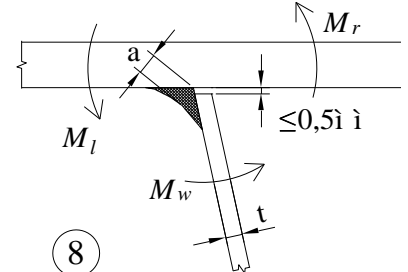
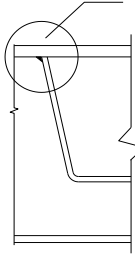
Категорія деталі	Ескіз деталі		Опис
90 $m=5$	$\frac{t_0}{t_i} \geq 2$	<p>Стилки с зазором <math>gg</math> між кінцями круглої труби.</p> 	<p>Деталі (1) і (2): Потрібна оцінка для розкосів і поясів. Проміжні значення відношень <math>\frac{t_0}{t_i}</math> слід визначати лінійною інтерполяцією. Кутові зварні шви допускаються для товщин <math>t \leq 8</math> мм, та <math>t_0</math> і <math>t_i \leq 8</math> мм.</p> $35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ$ $b_0 / t_0 \cdot t_0 / t_i \leq 25$ $d_0 / t_0 \cdot t_0 / t_i \leq 25$ $0,4 \leq b_i / b_0 \leq 1$ $0,25 \leq d_i / d_0 \leq 1$ $b_0 \leq 200 \cdot d_0 \leq 300$ $0,5 \cdot h_0 \leq e_{i/p} \leq 0,25 \cdot h_0$ $0,5 \cdot d_0 \leq e_{i/p} \leq 0,25 \cdot d_0$ $e_{i/p} \cdot \leq 0,02 \cdot b_0 \text{ або}$ $e_{i/p} \cdot \leq 0,02 \cdot d_0$ <p><math>e_{i/p}</math> ексцентриситет з площини / Деталь 2):</p> $0,5 \cdot (b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1 \cdot (b_0 - b_i)$ <p>при <math>g \leq 2 \cdot t_0</math></p>
45 $m=5$	$\frac{t_0}{t_i} \geq 1$		
71 $m=5$	$\frac{t_0}{t_i} \geq 2$	<p>Стилки с зазором <math>g</math> між кінцями прямокутної труби.</p> 	
36 $m=5$	$\frac{t_0}{t_i} \geq 1$		



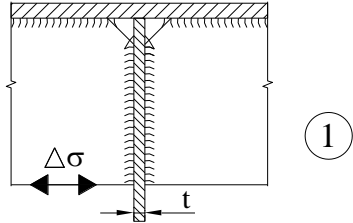
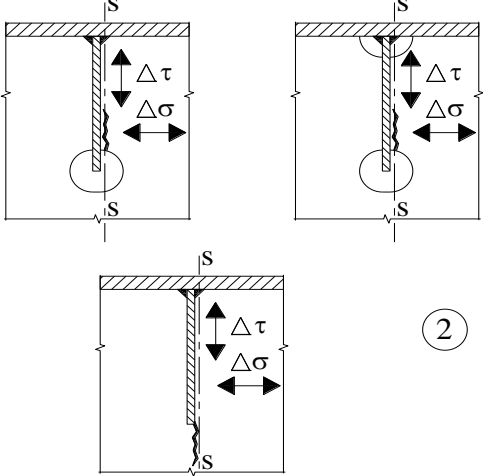
<p>71 <math>m=5</math></p>	<p><math>\frac{t_0}{t_i} \geq 1,4</math></p>	<p>Стики с перенапуском розкосів для К- стиків</p>  <p>3</p>	<p>Деталі 3) и 4): Перенапуск від 30 до 100 % Перенапуск <math>\left(\frac{q}{p}\right) \cdot 100\%</math> Проміжні значення відношення <math>\frac{t_0}{t_i}</math> слід визначати лінійною інтерполяцією між деталями категорій. Кутові зварні шви допускаються для товщин <math>t \leq 8</math> мм, та <math>t_0</math> і <math>t_i \leq 8</math> мм. <math>35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ</math> <math>b_0 / t_0 \cdot t_0 / t_i \leq 25</math> <math>d_0 / t_0 \cdot t_0 / t_i \leq 25</math> <math>0,4 \leq b_i / b_0 \leq 1</math> <math>0,25 \leq d_i / d_0 \leq 1</math> <math>b_0 \leq 200 \cdot d_0 \leq 300</math> <math>0,5 \cdot h_0 \leq e_{i/p} \cdot \leq 0,25 h_0</math> <math>0,5 \cdot d_0 \leq e_{i/p} \cdot \leq 0,25 \cdot d_0</math> <math>e_{i/p} \cdot \leq 0,02 \cdot b_0</math> або <math>e_{i/p} \cdot \leq 0,02 \cdot d_0</math> <math>e_{i/p}</math> ексцентриситет з площини для q і p</p>  <p>4</p> 
<p>56 <math>m=5</math></p>	<p><math>\frac{t_0}{t_i} \geq 1</math></p>		
<p>71 <math>m=5</math></p>	<p><math>\frac{t_0}{t_i} \geq 1,4</math></p>	<p>Стики с перенапуском для К- стиків</p>  <p>4</p>	
<p>50 <math>m=5</math></p>	<p><math>\frac{t_0}{t_i} = 1</math></p>		

Таблиця Ж.12 – Ортоотропні плити з замкненими ребрами

Категорія деталі	Ескіз деталі		Опис	Вимога
80	$r \leq 12$		1) Поздовжні безперервні ребра з вільними вирізами в стінках поперечних балок	1) і 2) Оцінка основана на розмахах напружень $\Delta\sigma$ в поздовжніх ребрах в місці приварки до стінки поперечної балки (нижня точка) товщиною $t$ мм
71	$r > 12$			
80	$r \leq 12$		2) Поздовжні безперервні ребра без вільних вирізів в стінках поперечних балок	
71	$r > 12$			
36			3) Поздовжні безперервні ребра перериваються на стінці поперечних балок.	3) Оцінка основана на розмахах напружень $\Delta\sigma$ в нижній кромці поздовжніх ребрах.
71			4) Стик поздовжнього ребра з повним проваром на залишковій підкладці.	4) Оцінка основана на розмахах напружень $\Delta\sigma$ в стиках поздовжніх ребер.
112	Як (1) (2) і (4) Табл.3		5) Стик поздовжнього ребра з повним проваром при зварці з двох боків.	5) Оцінка основана на розмахах напружень $\Delta\sigma$ в стиках поздовжніх ребер.
90	Як (5) і (7) Табл.3			
80	Як (9) і (11) Табл.3			

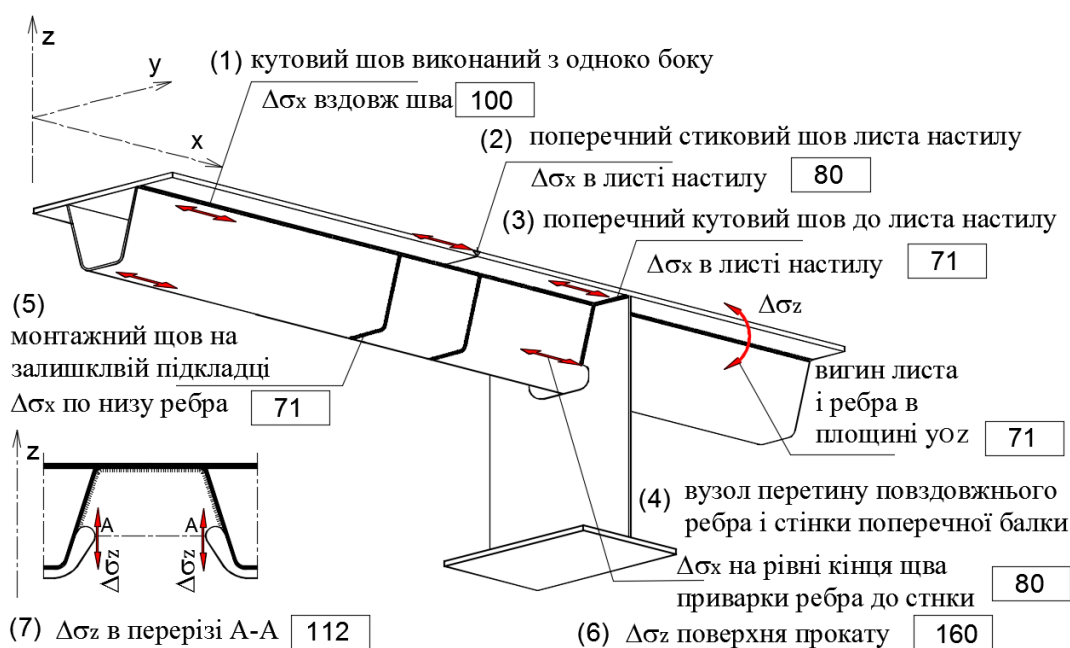
<p>71</p>		<p>(6) Переріз стінки поперечної балки між ребрами.</p>	<p>(6) Оцінка виконується по перерізу А-А. Може бути прийнята категорія 112.</p>	
<p>71</p>		$\Delta\sigma = \frac{\Delta M_w}{W_w}$ 	<p>(7) Зварний шов прикріплення стінки ребра до листа настилу. Часткове проплавлення <math>a \geq t</math></p>	<p>(7) Оцінка базується на нормальних напруженнях від згину листа настилу.</p>
<p>50</p>			<p>(8) Кутовий шов або часткове проплавлення з зовнішнього боку ребра.</p>	<p>(8) Оцінка базується на нормальних напруженнях від згину листа настилу.</p>

**Таблиця Ж.13** – Ортоотропні плити з відкритими ребрами

Категорія деталі	Ескіз деталі		Опис	Вимога
80	$t \leq 12$ мм		1) Поздовжнє ребро перерване на стінці поперечної балки.	1) Оцінка основана на розмаху напружень $\Delta\sigma$ в поздовжніх ребрах $t$ – товщина стінки поперечної балки в мм
71	$t > 12$ мм			
56			2) Вузол безперервного ребра і стінки поперечної балки.	2) Оцінка базується на комбінації нормальних $\Delta\sigma$ і дотичних напружень $\Delta\tau$ $\Delta\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \cdot \left( \Delta\sigma + \sqrt{\Delta\sigma^2 + 4 \cdot \Delta\tau^2} \right)$

**Ж.6.2** На рисунку **Ж.1** показаний стандартний вузол перетину поздовжнього ребра і стінки поперечної балки. Цифрами в прямокутних рамках надані відповідні категорії. Найбільш чутливими для зародження тріщин є зони:

- однобічний шов приварки ребра до листа настилу;
- поперечний стиковий шов ребра на залишковій підкладці;
- зона в перерізі А–А.



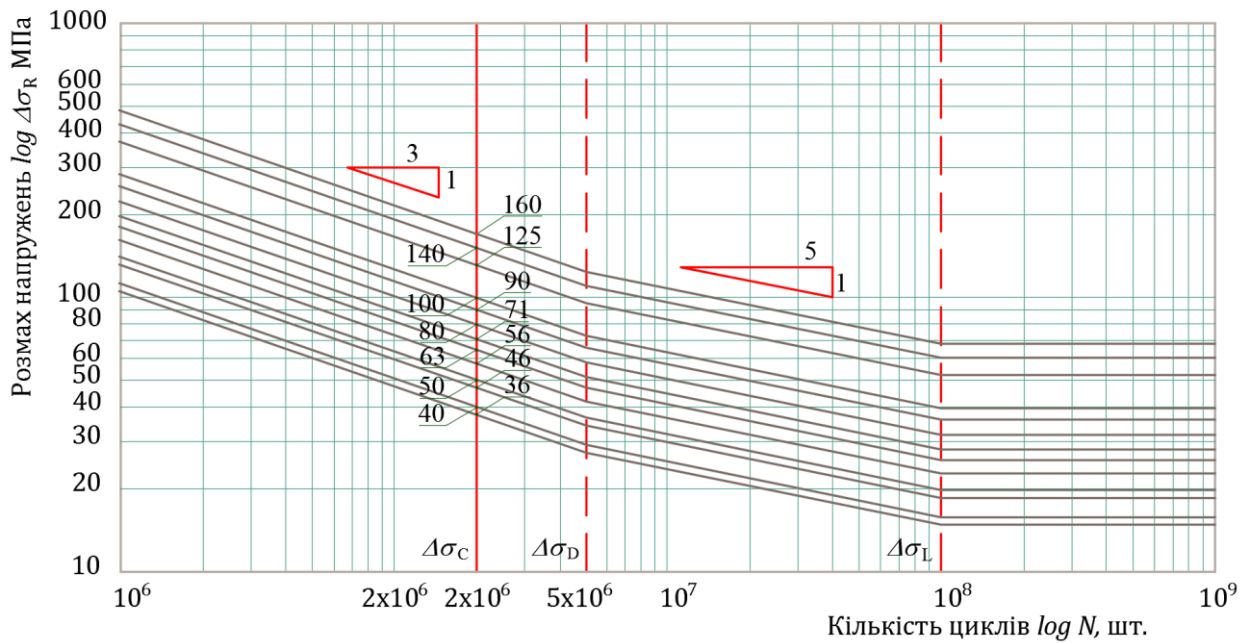
**Рисунок Ж.1** – Вузол перетину поздовжнього ребра і стінки поперечної балки

## Ж.7 ГРАФІК ОПОРУ ВТОМЛЕНОСТІ

**Ж.7.1** Схильність деталей до втоми оцінюється 13-ма порогами витривалості деталей  $\Delta\sigma_c$  для 2 млн. циклів вираженими в МПа і названими категоріями. Графік зміни порогів витривалості, в залежності від кількості циклів, показаний на рисунку **Ж.2**. Поріг витривалості при 5 млн. циклів –  $\Delta\sigma_c$ . Абсолютний поріг витривалості при 100 млн. циклів –  $\Delta\sigma_L$ . Кубічна залежність до 2 млн. циклів. Залежність 5-того ступеню від 5 до 100 млн. циклів.

**Ж.7.2** Для швидкої оцінки витривалості слід скористатися графіком на рисунку **Ж.2**, який побудований на основі формул (Ж.7) – (Ж.9). Він має

логарифмічні шкали напружень і кількості циклів. Після визначення категорії деталі за таблицями витривалості і знаючи кількість циклів навантаження, користуючись графіком, є можливість визначити поріг витривалості деталі. Наприклад, деталь підпадає під категорію 71 (згідно таблиці Ж.7), а проєктне число циклів навантаження = 50 млн., і потрібно визначити відповідний поріг витривалості. Для цього, підіймаємося по ординаті 50 млн. до перетину з лінією категорії 71. Далі знаходимо значення порогу витривалості по осі напружень – 33 МПа.



**Рисунок Ж.2** – Графік опору втомленості для нормальних напружень. Категорії. Пороги витривалості при 2 млн. циклів –  $\Delta\sigma_C$

## Додаток З

**Додаток И**  
**(обов'язковий)**

**КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ВИТРИВАЛОСТІ**

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень  $\beta$  для розрахунку сталевих конструкцій мостів на витривалість.

**Таблиця И.1** – Ефективні коефіцієнти концентрації напружень  $\beta$

Розташування розрахункового перерізу та характеристика конструкцій	Коефіцієнт $\beta$ для сталі класу міцності	
	$\leq 295$	$> 295$
1. По основному металу після струменевого очищення або неопрацьованої прокатної поверхні в деталях з прокатними або обробленими фрезеруванням, струганими кромками в перерізах поза звареними швами і болтами	1,0	1,0
2. Те ж, с кромками, обрізаними газовим машинним різанням: а) нормальної якості; б) чистовою (змив-процес, з кисневою завісою, лазерна, плазмова).	1,1 1,0	1,2 1,0
3. По основному металу деталей у перерізах: а) нетто за сполучними болтами складених елементів, а також біля вільних отворів (рисунок И.1); б) нетто в отворі з поставленим у нього високоміцним болтом, затягнутим на нормативне зусилля (рисунок И.2); в) брутто по першому ряду високоміцних болтів у прикріпленні фасонки до поясів, що не стикуються у даному вузлі суцільних балок і елементами решітчастих ферм (рисунок И.3); г) те ж, у прикріпленні до вузла в стику двостінчастих елементів, в яких: безпосередньо перекрита частина перерізу; $2A_v$ становить, %, не менше: 80 загальної площі перерізу, в тому числі при двосторонніх накладках – 60 (рисунок И.4); безпосередньо перекрита частина перерізу; $2A_v$ становить, %, не менше: 60 загальної площі перерізу, у тому числі при двосторонніх накладках – 40 (рисунок И.5); д) те ж, у прикріпленні до вузла або в стику з однобічними накладками двостінчастих елементів, у яких безпосередньо перекрита частина перерізу $2A_v$ становить (рис. 5), % загальної площі перерізу: 60 і більше; менше 60; е) те ж, у прикріпленні до вузла або в стику з однобічними накладками одностінчастих елементів (рисунок И.6).	1,3 1,1 $1,3 \cdot m_f$ $1,4 \cdot m_f$ $1,5 \cdot m_f$ $1,6 \cdot m_f$ $1,7 \cdot m_f$ $1,6 \cdot m_f$ $1,7 \cdot m_f$ $2,2 \cdot m_f$	1,5 1,3 $1,5 \cdot m_f$ $1,6 \cdot m_f$ $1,7 \cdot m_f$ $1,8 \cdot m_f$ $1,9 \cdot m_f$ $2,5 \cdot m_f$
4. По основному металу деталей у перерізі по границі неопрацьованого стикового шва з підсиленням, що має плавний перехід (при стикуванні листів однакової товщини і ширини).	1,5	1,8



Розташування розрахункового перерізу та характеристика конструкцій	Коефіцієнт $\beta$ для сталі класу міцності	
	$\leq 295$	$> 295$
5. По основному металу деталей у перерізі по зоні переходу до стикового шва, обробленого в цьому місці абразивним кругом або фрезою при стикуванні листів: а) однакової товщини і ширини; б) різної ширини в перерізі за більш вузьким листом; в) різної товщини в перерізі за більш тонким листом; г) різної товщини і ширини в перерізі за листом з меншою площею.	1,0 1,2 1,3 1,6	1,0 1,4 1,5 1,9
6. По основному металу елемента, що закріплюється внапуск, у перерізі по границі лобового кутового шва: а) без механічної обробки цього шва при відношенні його катетів $b/a \geq 2$ (при напрямку більшого катета $b$ уздовж зусилля); б) те ж, при відношенні катетів $b/a \geq 1,5$ ; в) при механічній обробці цього шва і відношенні катетів $b/a \geq 2$ г) те ж, при відношенні катетів $b/a \geq 1,5$ .	2,3 2,7 1,2 1,6	3,2 3,7 1,4 1,9
7. По основному металу елемента, що прикріплюється в перепуск фланговими кутовими швами, у перерізах по кінцях цих швів незалежно від їхньої обробки.	3,4	4,4
8. По основному металу розтягнутих поясів балок і елементів ферм у перерізі по границі поперечного кутового шва, що прикріплює діафрагму або ребро жорсткості: а) без механічної обробки шва, але при наявності плавного переходу від шва до основного металу при зварюванні: ручному; механізованому під флюсом; б) при механічній обробці шва фрезою.	1,6 1,3 1,0	1,8 1,5 1,1
9. Переріз складених елементів з листів, з'єднаних безперервними поздовжніми швами, звареними автоматом, при дії зусилля уздовж осі шва	1,0	1,0
10. По основному металу елементів у місцях, де обриваються деталі: а) фасонки, що приварюються в стик до крайок поясів балок ферм або в тавр до стінок і поясів балок, а також до елементів ферм, при плавній криволінійній формі і механічній обробці переходу фасонки до поясу, при повному проплавленні товщини фасонки; б) обидва пояси на стінці двотаврового перерізу за умови поступового зменшення до місця обриву ширини і товщини поясу, приєднання стінки до поясів на кінцевій ділянці з повним проплавленням і механічною обробкою переходу поясів до стінки; в) один лист пакета поясу зварної балки при зменшенні до місця обриву товщини з ухилом не крутіше 1:8 і ширини листа зі зведенням її нанівець з ухилом не крутіше 1:4 і з механічною обробкою кінців швів; г) накладна деталь для посилення послабленого отворами перерізу елемента (компенсатор послаблення) при симетричному зменшенні її ширини зі зведенням нанівець з ухилом не крутіше 1:1 і з механічною обробкою кінців швів.	1,2 1,3 1,2 1,2	1,4 1,6 1,4 1,4
11. По основному металу елементів проїзної частини в перерізах за крайнім рядом високоміцних болтів у прикріпленні: а) діагоналі поздовжніх в'язей до нижнього поясу поздовжньої балки, а також „рибки" до нижнього поясу поперечної балки;	1,1	1,3

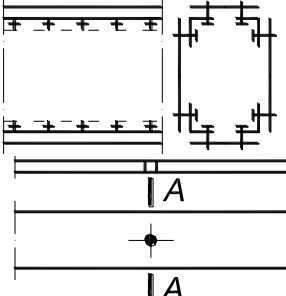
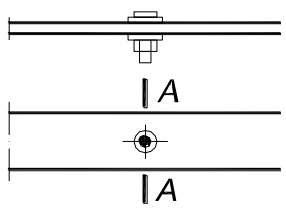
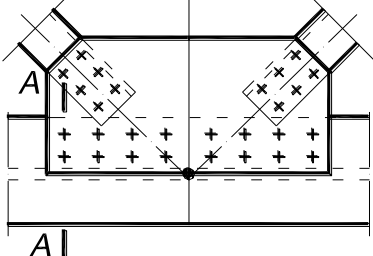
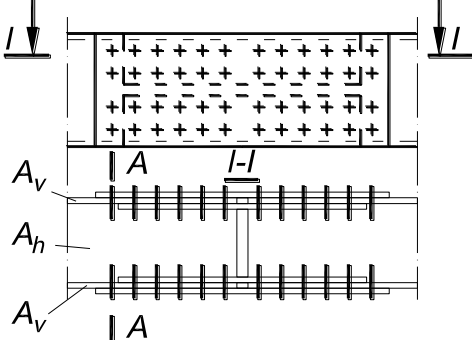
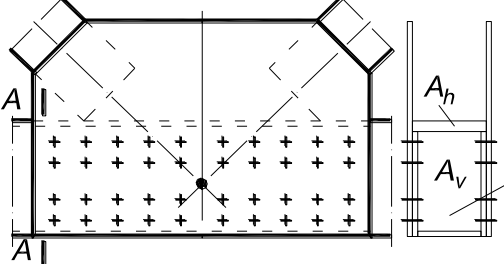
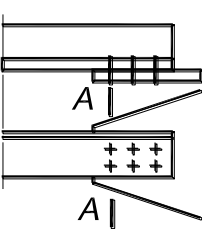
Розташування розрахункового перерізу та характеристика конструкцій	Коефіцієнт $\beta$ для сталі класу міцності	
	$\leq 295$	$> 295$
б) фасонки горизонтальної діафрагми до нижнього поясу поздовжньої балки;	1,3	1,5
в) «рибки» до верхнього поясу поздовжньої балки.	1,6	1,8
12. По осі стикового шва з повним проплавленням кореня шва:		
а) при автоматичному і напівавтоматичному зварюванні під флюсом і ручному зварюванні з контролем за допомогою ультразвукової дефектоскопії (УЗД);	1,0	1,0
б) те ж без контролю УЗД.	1,2	1,4
13. За розрахунковим перерізом кутового шва:		
а) лобового шва, виконаного зварюванням:		
ручним;	2,3	3,2
автоматичним і напівавтоматичним під флюсом;	1,9	2,4
б) флангового шва;	3,4	4,4
в) поздовжнього з'єднувального шва складеного елемента на ділянці його прикріплення до вузла при безпосередньому перекритті стиковими накладками або вузловими фасонками лише частини перерізу;	1,5	1,7
г) поздовжнього поясного шва балки.	1,7	1,9
14. По основному металу листа настилу ортотропної плити в зоні переходу до монтажного стикового шва, виконаного однобічним автоматичним зварюванням під флюсом:		
а) з накладенням першого шару ручним зварюванням на флюсо-мідній підкладці без механічної обробки підсилення	2,4	2,7
б) те ж, із механічною обробкою підсилення зі зворотної сторони стику	1,6	1,8
в) на скло-мідній підкладці із застосуванням гранульованої металохімічної присадки без механічної обробки підсилення	1,5	1,65
15. По основному металу листа настилу ортотропної плити в зоні переходу до стельового кутового шва його монтажного з'єднання з поясом головної балки або ферми перепуском:		
а) виконаному ручним зварюванням	6,4	7,1
б) те ж, із застосуванням монтажної смугової вставки, що приварюється в стик до крайок ортотропних плит, що прикріплюються перепуском до поясу балки	3,8	4,2
16. По основному металу листа настилу ортотропної плити в стику з поясом головної балки або ферми, виконаному однобічним автоматичним зварюванням під флюсом на скло-мідній підкладці:		
а) з накладенням першого шару ручним зварюванням з механічною обробкою підсилення зі зворотного боку стику при однаковій товщині листів що стикуються;	1,6	1,8
б) теж, при різній товщині листів що стикуються;	1,8	2,0
в) на із застосуванням металево-хімічної присадки, без механічної обробки підсилення при однаковій товщині стикованих листів;	1,5	1,65
г) те ж, при різній товщині листів, що стикуються.	1,7	1,9
17. По основному металу в зоні вузла перетинання поздовжнього ребра ортотропної плити з поперечним в одноярусній ортотропній плиті:		
а) поздовжнє ребро проходить через V- подібний виріз з викружками на кінці радіусом 15–20 мм у стінці поперечного ребра і приварене до неї з однієї сторони двома кутовими швами;	2,2	2,4

Розташування розрахункового перерізу та характеристика конструкцій	Коефіцієнт $\beta$ для сталі класу міцності	
	$\leq 295$	$> 295$
б) поздовжнє ребро проходить через виріз у стінці поперечного ребра й в опорній пластинці і приварене до неї кутовими швами.	1,3	1,5
18. Те ж, у двох'ярусній ортотропній плиті:		
а) таврове поздовжнє ребро з'єднується з поперечними високоміцними болтами через отвори, просвердлені в полиці поздовжнього і поясі поперечного ребер;	1,2	1,3
б) таврове поздовжнє ребро з'єднується з поперечними спеціальними притисками.	1,1	1,2
19. По основному металу листа настилу і поздовжніх ребер ортотропної плити по границі швів у зоні суцільнозварного монтажного поперечного стику ортотропної плити		
а) при суміщених в одному перерізі стиках листа настилу та поздовжніх ребер без механічної обробки підсилення швів	2,2	2,5
б) з рознесеними від стику листа настилу стиками поздовжніх ребер без механічної обробки підсилення настилу стиками поздовжнього ребра, без механічної обробки підсилення швів	2,2	2,4
в) з рознесеними від стику листа настилу обробленими стиками поздовжнього ребра, з механічною обробкою підсилення зі зворотного боку стику листа настилу	2,1	2,3
20. Те ж, у комбінованому стику – зварного листа настилу, болтовому в ребрах:		
а) із влаштуванням прямокутних округлених вирізів у поздовжніх ребрах, без повного проплавлення їхніх кінцевих ділянок, без механічної обробки підсилення стикового шва листа настилу	2,8	3,1
б) із влаштуванням їхніх кінцевих ділянок, з механічною обробкою підсилення шва з оброблених напівкруглих викружок у поздовжніх ребрах, з повним проплавленням зворотного боку настилу	2,1	2,3
в) з обривом поздовжніх ребер поблизу стику листа настилу і постановкою вставки між їхніми торцями, без механічної обробки підсилення стикового шва листа настилу	1,9	2,1
<b>Примітки:</b>		
1. $m_f$ – коефіцієнт, що враховує вплив зсувів по контактах з'єднаних елементів та приймається за таблицею <b>И.2</b> в залежності від числа поперечних рядів болтів $n$ у з'єднанні.		
2. Параметр $n$ визначають:		
– числом поперечних рядів болтів в прикріпленні даного елемента до фасонки або стикової накладки, якщо цей елемент обривається в даному вузлі;		
– загальним числом поперечних рядів болтів в прикріпленні фасонки до неперервного елемента.		

Таблиця **И.2** – Значення коефіцієнта  $m_f$ 

$n$	1–3	4–6	7–8	9–10	11–15	16 і більше
$m_f$	1,00	1,05	1,12	1,16	1,20	1,23

Таблиця И.3 – Рисунок, на які зроблені посилання в таблиці И.1

	<p>Рисунок И.1 Розташування розрахункового перерізу А–А, що перевіряється на витривалість за основним металом в перерізах нетто за з'єднувальними болтами складових елементів, а також біля вільного отвору.</p>
	<p>Рисунок И.2 Розташування розрахункового перерізу А–А, що перевіряється на витривалість за основним металом в перерізах нетто в отворі з вставленим у нього високоміцним болтом, затягнутим нормативним зусиллям.</p>
	<p>Рисунок И.3 Розташування розрахункового перерізу А–А, що перевіряється на витривалість за основним металом у перерізі брутто за першим рядом високоміцних болтів у прикріпленні фасонки до нестижованих в даному вузлі поясу суцільних балок і елементів решітчастих ферм</p>
	<p>Рисунок И.4 Розташування розрахункового перерізу А–А, що перевіряється на витривалість за основним металом в перерізі брутто за першим рядом високоміцних болтів в прикріпленні до вузла або в стику двостінчастих елементів.</p>
	<p>Рисунок И.5 Розташування розрахункового перерізу, що перевіряється на витривалість А–А за основним металом в перерізі брутто за першим рядом високоміцних болтів в прикріпленні до вузла або в стику двостінчастих елементів з однобічними накладками.</p>
	<p>Рисунок И.6 Розташування розрахункового перерізу, що перевіряється на витривалість А–А за основним металом в перерізі брутто за першим рядом високоміцних болтів в прикріпленні до вузла або в стику одностінчастих елементів з однобічними накладками.</p>

**Додаток К**  
**(обов'язковий)**

**З'ЄДНАННЯ НА БОЛТАХ, ЗАКЛЕПКАХ І ПАЛЬЦЯХ**

**К.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

(1) Для несних конструкцій мостів слід застосовувати:

- фрикційні з'єднання на високоміцних болтах (болтах з попереднім натягом) і, в обґрунтованих випадках, з'єднання на звичайних болтах (без попереднього натягу);
- з'єднання на заклепках слід використовувати при реконструкції споруд;
- з'єднання на пальцях слід використовувати у вузлах для утворення шарнірів.

(2) Для допоміжних конструкцій, як правило, слід застосовувати звичайні болти.

(3) Всі болти, гайки та шайби мають відповідати діючим стандартам, і стандартам на які є посилання у ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8.

(4) Кромки деталей, що з'єднуються на звичайних болтах і болтах з попереднім натягом, повинні мати нормовані відхилення за розмірами, перпендикулярністю і шорсткістю, які відповідають класу 2 згідно ДСТУ ISO 9013.

**К.2 ОТВОРИ ДЛЯ БОЛТОВИХ З'ЄДНАНЬ**

(1) Для несних і допоміжних конструкцій мостів слід застосовувати болти і гайки класу точності В, відповідно до ДСТУ ISO 4759-1.

(2) Для несних конструкцій номінальні діаметри отворів для звичайних і високоміцних болтів слід приймати відповідно до таблиці К.1.

**Таблиця К.1** – Номінальні зазори між болтом та отвором<sup>1</sup>

Діаметри болтів $d$ , мм	12	14	16	18	20	22	24	$\geq 27$
Нормальні отвори <sup>a</sup>	1 <sup>b,c</sup>		2					3
Збільшені отвори	3		4			6		8
Короткі отвори-щілини <sup>d</sup>	4		6			8		10

<sup>1</sup> На основі значень таблиці 11 EN1090-2:2008

Довгі отвори-щілини <sup>d</sup>	$1,5 \cdot d$
<sup>b</sup> – для елементів з покриттям номінальний зазор в 1 мм може бути збільшений на товщину покриття; <sup>c</sup> – болти діаметром 12 і 14 мм або болти з потайною головкою можуть бути використані з зазором 2 мм при умові застосування вимог EN 1993-1-8. <sup>d</sup> – для болтів в отворах-щілинах зазори по ширині приймаються як для номінальних круглих отворів.	

(3) Для з'єднань із щільною посадкою, діаметри отворів мають бути рівними діаметру болтів. Для цього отвори слід утворювати по місцю або розточувати з менших на 3 мм отворів, після фіксації всіх деталей з'єднання.

(4) Отвори в елементах несних конструкцій з болтовими з'єднаннями мають бути утворені свердлінням або лазерною різкою. Лазерне різання виконується для товщин до 20 мм і діаметрів від 12 мм. Допускається утворювати отвори діаметром більше 50 мм за допомогою термічного різання з обов'язковим пізнішим механічним розточуванням. Отвори, що утворені свердлінням повинні мати циліндричну форму. Шорсткість поверхні має відповідати  $R_z 40 \dots 80$ .

(5) З'єднання слід проектувати компактними, з розташуванням отворів для звичайних і високоміцних болтів, відповідно до таблиці К.2

(6) Допуски на відхилення положення отворів мають відповідати класу 2, відповідно до ДСТУ EN 1090-2, якщо інакше не вказано в кресленнях.

(7) Для заповнених болтами отворів фаски на кромках знімати не потрібно. Для вільних отворів слід знімати фаску 2x2 мм.

**Таблиця К.2** – Розташування отворів для звичайних і високоміцних болтів

Відстані між отворами і до кромки фасонки і накладок	Значення
Відстані між центрами болтів $p_1, p_{1,0}$ і $p_{1,i}$ :	
а) мінімальна у будь-якому напрямку	$2,5 \cdot d$
б) максимальна в крайніх рядах	
– в листах	$7 \cdot d$ або $16 \cdot t$
– в кутиках (при двох рядах – для ряду біля пера)	160 мм
в) максимальна в середніх рядах:	$16 \cdot t$
– вздовж зусиль при стисканні	$24 \cdot t$
– в інших випадках	
Відстані від центру болта до кромки елемента $e_1$ або $e_2$ :	
а) мінімальна вздовж зусилля $e_1$	$1,5 \cdot d$
б) мінімальна поперек зусилля $e_2$	$1,3 \cdot d$
	$8t$ або 80 мм

в) максимальна	
Відстані $e_3$ або $e_4$ від осей щілинних отворів до кромek	$1,5 \cdot d$
У таблиці позначено: $d$ – діаметр болта; $d_0$ – діаметр отворів. $t$ – товщина найбільш тонкого листа в стику	
<p><b>Примітки:</b></p> <p>1. При обґрунтуванні, допускається зменшувати мінімальні відстані між болтами, що надані в таблиці, але при цьому зазори між шайбами мають бути не менше 5 мм.</p> <p>2. Мінімальна відстань від осі болта до вертикальної перешкоди має забезпечити вільну постановку болта і можливість його натягу.</p> <p>3. Максимальні відстані оцінені за критерієм втрати стійкості стиснутих листів. Для розтягнутих елементів є загроза корозії в щілинах.</p> <p>4. Оцінка стійкості стиснутої накладки між болтами виконується на довжині, що дорівнює <math>0,6 \cdot p_1</math>; перевірка стійкості не потрібна, якщо <math>p_1 / t \leq 15 \cdot \varepsilon</math>, де <math>\varepsilon = \sqrt{235 / R_y}</math>. Стійкість стиснутого звису поперек зусилля оцінюється як для пластинки, що оберта однією стороною.</p>	

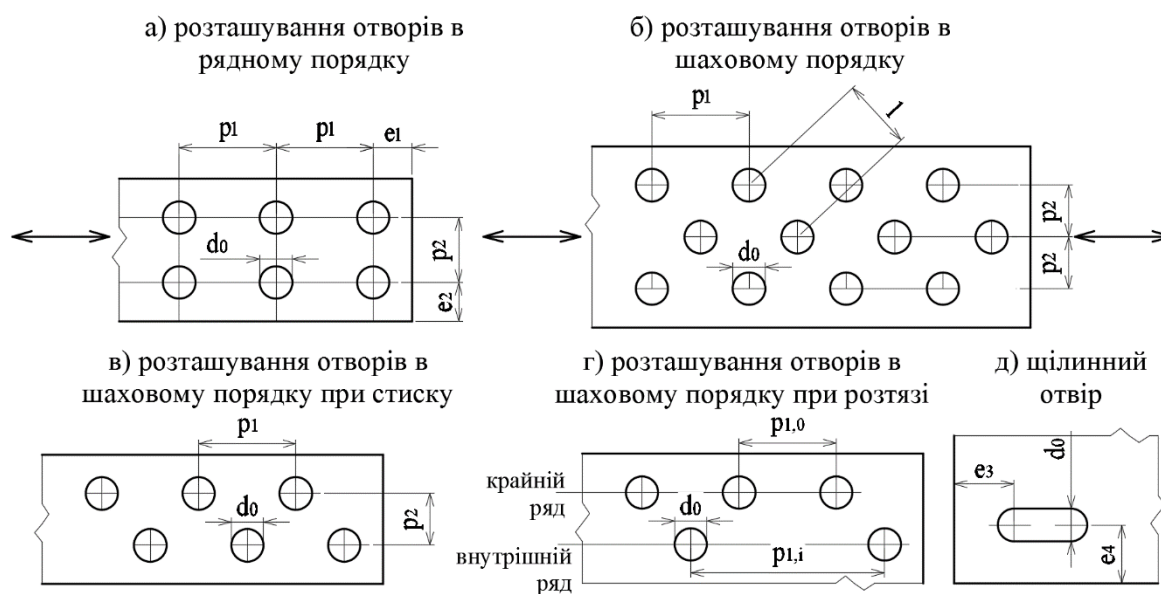


Рисунок К.1 – Схеми розташування отворів в накладках. Позначення

### К.3 З'ЄДНАННЯ НА ЗВИЧАЙНИХ БОЛТАХ

#### К.3.1 Розрахунки з'єднань на звичайних болтах

(1) Для з'єднань на звичайних болтах слід застосовувати болти класу міцності 3.6; 4.6 і 5.6. Болти, класів міцності 4.8; 5.8 та 6.8 не допускається у роботі на розтяг. В обґрунтованих випадках допускається застосовувати болти класів міцності 8.8 та 10.9 без попереднього натягу.

(2) Номінальні значення опору текучості  $R_{yn}$  і тимчасового опору  $R_{un}$  матеріалу болтів в залежності від класів міцності надані в таблиці **К.3**. Ці значення слід приймати як характеристичні.

**Таблиця К.3** – Номінальні значення опору текучості і тимчасового опору

Клас міцності болта	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$R_{yn}$ , МПа	180	240	320	300	400	480	640	900
$R_{un}$ $R_{un}$ , МПа	300	400	400	500	500	600	800	1000

(3) Розрахунки з'єднань слід виконувати за першим граничним станом на міцність  $i$ , для сприймаючих циклічне навантаження, на витривалість. Розрахунки за експлуатаційною придатністю виконуються для з'єднань, в яких передбачена можливість заміни елементів.

(4) Для з'єднань на звичайних болтах визначення несної спроможності слід виконувати за формулами

$$- \text{розрахунки на зминання } F_{s,Ed} / F_{b,Rd} \leq m, \quad (\text{К.1})$$

$$- \text{розрахунки болтів на зріз } F_{s,Ed} / F_{s,Rd} \leq m, \quad (\text{К.2})$$

$$- \text{розрахунки на болтів розтяг } F_{t,Ed} / F_{t,Rd} \leq m, \quad (\text{К.3})$$

де  $m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця **7.1**);

$F_{s,Ed}$  і  $F_{t,Ed}$  – діючі на болт розрахункові зусилля зсуву та розтягу<sup>1</sup>, відповідно;

$F_{s,Ed}$ ,  $F_{b,Rd}$  та  $F_{t,Rd}$  – розрахункові опори болта зрізу, зминанню та розтягу.

#### К.3.1.1 Розрахунки на зминання

(1) Опір на зминання болта слід знаходити за формулою:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot R_u \cdot A}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{К.4})$$

$A = d \cdot t$  – площа, що зминається в одному напрямку:  $d$  – діаметр болта;  $t$  – товщина зминання;

<sup>1</sup> В разі виникнення ефекту важеля, розрахункова діюча сила розтягу на болт  $F_{t,Ed}$  має бути збільшена (дивись К.3.1.6).



$\alpha_d$  – коефіцієнт, що залежить від відстані між отворами і до кромки вздовж зусилля; приймається меншим із значень:  $\alpha_d$ ,  $R_{ub} / R_u$  або 1,0;

– для крайнього ряду болтів  $\alpha_d = e_1 / 3 \cdot d_0$ ;

– для внутрішнього ряду болтів  $\alpha_d = p_1 / 3 \cdot d_0 - 0,25$ ;

$R_u$  – тимчасовий опір елементів з'єднання;

$R_{ub}$  – тимчасовий опір болта;

$\gamma_{M2} = 1,25$  – коефіцієнт надійності;

$k_1$  – коефіцієнт, що залежить від відстані між отворами і до кромки поперек зусилля; приймається меншим із значень:

– для крайнього ряду болтів  $2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7$  або 2,5;

– для внутрішнього ряду болтів  $1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7$  або 2,5;

$e_1$  і  $p_1$  та  $e_2$  і  $p_2$  – відстані від осі отвору до кромки деталі і між отворами вздовж зусилля, та теж саме поперек зусилля; позначення  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $p_1$  та  $p_2$  показані на рисунку **К.1**.

Добуток коефіцієнтів  $k_1 \cdot \alpha_b$  для однакових відстаней вздовж і поперек зусилля до кромки  $e_1 = e_2$  і між болтами  $p_1 = p_2$  надані в таблиці К.1. Відстань між болтами прийнята рівною на діаметр більше ніж відстань до кромки.

**Таблиця К.4** – Кількість діаметрів отворів і добуток коефіцієнтів  $k_1 \cdot \alpha_b$

до кромки	Кількість діаметрів отворів $d_0$											
	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
між болтами	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4
Ряд болтів	Добуток коефіцієнтів $k_1 \cdot \alpha_b$											
крайній	0,66	0,84	1,04	1,25	1,33	1,50	1,7	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50
внутрішній	0,67	0,79	0,91	1,05	1,20	1,52	1,8	2,4	2,21	2,38	2,54	2,71

(2) Для з'єднань внапуск з одним рядом болтів (рисунок **К.2**), опір на зминання слід знаходити за формулою:

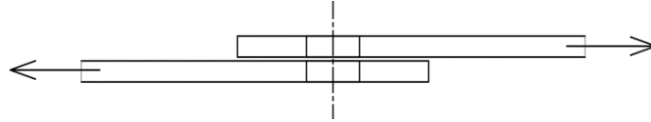
$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot R_u \cdot A}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{К.5})$$

ДБН В.2.3-26:202Х

$A = d \cdot t$  – площа, що зминається:  $d$  – діаметр болта;  $t$  – товщина пакету зминання.

$R_u$  – тимчасовий опір елементів з'єднання;

$\gamma_{M2} = 1,25$  – коефіцієнт надійності.



**Рисунок К.2** – Схема з'єднання внапуск

(3) Опір болтів на зминання  $F_{b,Rd}$  слід приймати із знижувальними коефіцієнтами:

0,8 – для отворів більшим за нормальні; значення нормальних отворів надані в таблиці К.1.

0,6 – для щілинних отворів, при передачі зусилля поперек довгої сторони отвору.

(4) Для болтів з потайною головкою опір, на зминання  $F_{b,Rd}$  слід визначати за умови, що половина глибини зенкерування виключається з площі опору.

(5) Опір на зминання  $F_{b,Rd}$  може перевірятись окремо для компонентів навантаження на болт паралельних та перпендикулярних до краю елемента.

### К.3.1.2 Розрахунки на зріз

Розрахунковий опір одної площини зрізу слід виконувати за формулою:

$$F_{s,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot R_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{К.6})$$

$A_s$  – площа площини зрізу.

$\gamma_{M2} = 1,25$  – коефіцієнт надійності;

Для випадків коли площина зрізу проходить через різьбу  $A_s = A_{net}$

$\alpha_v = 0,6$  – для класів болтів 4.6; 5.6 та 8.8.

$\alpha_v = 0,5$  – для класів болтів 4.8; 5.8; 6.8 та 10.9.

Для випадків коли площа зрізу проходить стержень без різьби і для зрізу заклепок  $A_s = A$  :

$\alpha_v = 0,6$  – для класів болтів.

Для болтів класів міцності 4.8; 5.8; 6.8; 8.8 та 10.9 розрахункове значення опору на зріз  $F_{s,Rd}$  слід множити на 0,85.

### К.3.1.3 Розрахунки на розтяг

Розрахунковий опір болта розтягу слід виконувати за формулою:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot R_{ub} \cdot A_{net}}{\gamma_{M2}} , \quad (К.7)$$

$\gamma_{M2} = 1,25$  – коефіцієнт надійності;

$k_2 = 0,63$  – для болтів з потайною головкою;

$k_2 = 0,9$  – для болтів в інших випадках;

$k_2 = 0,6$  – для заклепок.

### К.3.1.4 Розрахунки на зріз і розтяг

Перевірку міцності болта, який одночасно сприймає зріз і розтяг, слід виконувати за формулою:

$$\frac{F_{s,Ed}}{F_{s,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq m , \quad (К.8)$$

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1);

$F_{s,Ed}$  і  $F_{t,Ed}$  – діючі на болт зусилля зрізу та розтягу;

$F_{s,Rd}$  і  $F_{t,Rd}$  – опори болта зрізу та розтягу (за формулами (К.6) і (К.7)).

### Примітки:

1. При дії в з'єднанні сили, що проходить через центр ваги – розподіл зусиль на болти слід прийняти рівномірним. При дії в площині з'єднання згинального моменту, розподіл зусиль на болти треба приймати пропорційно до відстані від центру повороту з'єднання до розглядуваного болта. При одночасній дії сили і моменту в з'єднанні, зусилля на болт слід приймати від рівнодіючої зусиль.

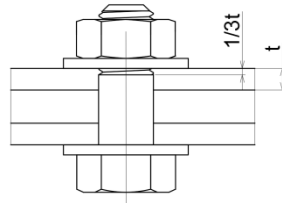
2. Болти М12 та М14 можна використовувати також у отворах із зазором, що дорівнює 2 мм, за умови, що розрахункове значення несної здатності групи болтів на зминання більше чи дорівнює розрахунковому значенню несної здатності групи болтів на зріз.

3. Болти підвищеної точності слід розраховувати аналогічно розрахунку болтів, встановлених у нормальні отвори. При цьому:

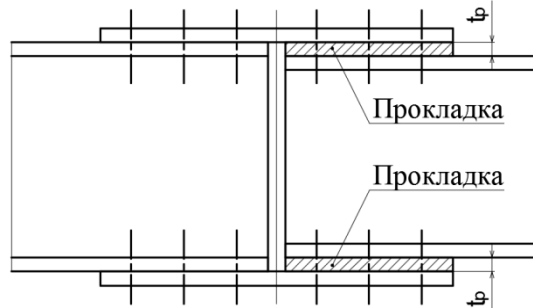
– різьба не має попадати в площину зрізу;

ДБН В.2.3-26:202Х

– для розрахунків на зминання різьба має заходити не більше ніж на третину товщини листа  $t$  (рисунок К.3).



**Рисунок К.3** – Схема постановки болта підвищеної точності



**Рисунок К.4** – З'єднання з прокладками

4. Опір зрізу чи зминанню болтів і заклепок в з'єднаннях з товстими прокладками слід зменшувати. Якщо товщина прокладок більша за третину діаметра болта  $t_p \geq 1/3 \cdot d$  (дивись рисунок К.4), то розрахунковий опір слід помножити на редукційний коефіцієнта  $\beta_p$ , знайдений за формулою:

$$\beta_p = \frac{9 \cdot d}{8 \cdot d + 3 \cdot t_p} \leq 1. \quad (\text{К.9})$$

5. Розрахунковий опір фундаментних болтів розтягу  $R_{ba}$  слід знаходити за формулою:

$$R_{ba} = 0,4 \cdot R_{ur}. \quad (\text{К.10})$$

6. Опір зсуву і розтягу з'єднань на заклепках визначається за формулами:

$$\text{зріз } F_{v,Rd} = 0,6 \cdot R_{ur} \cdot A_0 / \gamma_{M2}, \quad (\text{К.11})$$

$$\text{розтяг } F_{t,Rd} = 0,6 \cdot R_{ur} \cdot A_0 / \gamma_{M2}. \quad (\text{К.12})$$

$A_0$  – площа отвору під заклепку; при клепанні метал заклепки заповнює весь простір;

$R_{ur}$  – тимчасовий опір заклепки; для сталі S 235,  $R_{ur} = 400$  МПа, після клепання.

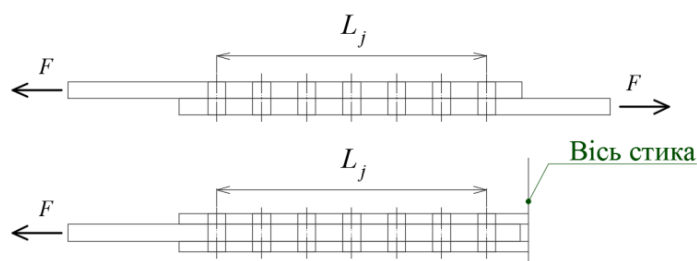
Товщина пакету, що стягується заклепками, як правило, не повинна бути більшою за  $4,5 \cdot d$  – при клепанні молотком, і  $6,5 \cdot d$  – при клепанні пресом.

### К.3.1.5 Довгі з'єднання

(1) Якщо відстань  $L_f$  між центрами крайніх кріпильних деталей, виміряна в напрямку передачі зусилля (дивись рисунок К.5), більша  $15 \cdot d$  то значення несної здатності усіх кріпильних деталей на зріз  $F_{v,Rd}$  слід помножити на знижувальний коефіцієнт  $\beta_{L_f}$  визначений за формулою:

$$\beta_{L_f} = 1 - \frac{L_j - 15 \cdot d}{200 \cdot d}, \quad (\text{К.13})$$

але  $\beta_{L_f} \leq 1$  та  $\beta_{L_f} \geq 0,75$ .

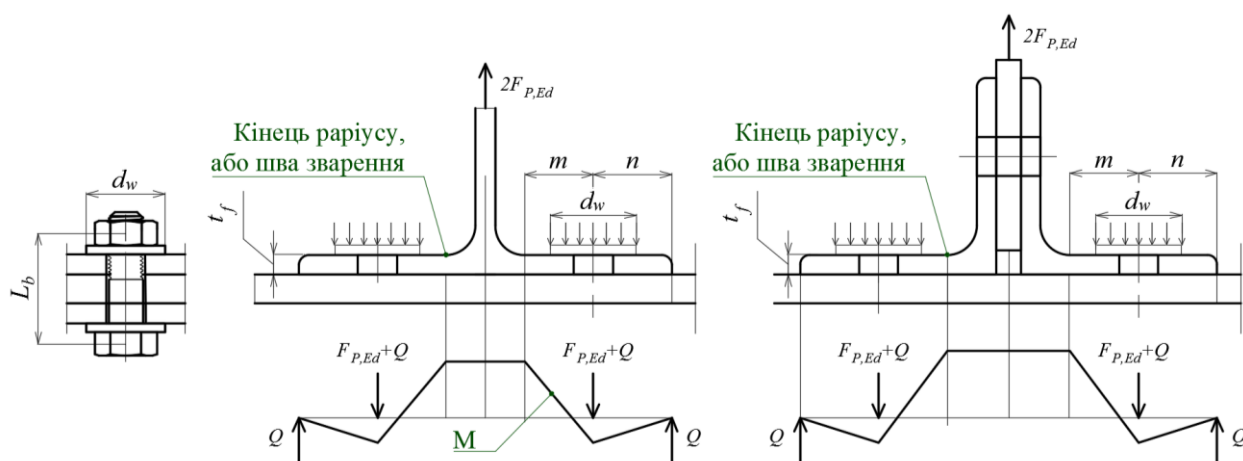


**Рисунок К.5** – Довгі з'єднання

(2) Редукційний коефіцієнт  $\beta_{L_f}$  не враховується у випадку рівномірного розподілу зрізних сил на болти, наприклад, у випадках передачі зусилля зсуву між стінкою та полицею поперечного перерізу.

#### К.3.1.6 Фланцеві з'єднання

(1) Розтягнуті болти у фланцевих з'єднаннях, в прикріплені полиць тавру, труби або кутиків слід перевіряти на додаткову розтягувальну силу, яка може виникнути від ефекту важеля.



**Рисунок К.6** – Схеми для розрахунку ефекту важеля

(2) Розрахунки фланцевих з'єднань слід виконувати згідно з пунктом 6.2.4 EN 1993-1-8.

(3) Додаткову розтягувальну силу  $Q$  у фланцевих з'єднаннях на звичайних болтах допускається знаходити як частку від діючої на болт сили  $F_{P,Ed}$  за формулою:

$$Q = \left( \frac{3 \cdot m}{8 \cdot n} - \frac{t_f^3}{330} \right) \cdot F_{p,Ed}, \quad (\text{К.14})$$

де  $Q$  – додаткова сила від ефекту важеля; приймається рівною нулю, при негативному значенні;

$F_{p,Ed}$  – розрахункова сила розтягу, що припадає на один болт, без врахування ефекту важеля;

$m$  – відстань від кінця зварного шва або радіусу закруглення (дивись рисунок **К.6**), до осі отвору;

$n$  – відстань від осі отвору до кромки полки;

$t_f$  – товщина полки, що прикріплюється.

(4) При проєктуванні фланцевих з'єднань рекомендується виконувати наступні рекомендації:

– відстань  $m$  має бути мінімальною;

– товщина полиці  $t_f$  що прикріплюється має бути максимальною.

### **К.3.2** Постановка і натяг звичайних болтів

(1) Постановка болтів в з'єднанні має виконуватися від руки. Забивання болта, яке може призвести до пошкодження різьби, не припустиме. У разі наявності розбіжності в отворах елементів, яка не дозволяє встановити болт на місце, отвір слід розточити.

(2) Натяг звичайних болтів, якщо не передбачено інакше, має виконуватися до «тугої затяжки». Туга затяжка означає натяг болта від зусиль одної людини ключем стандартного розміру без подовжувача. Слід звернути увагу на неприпустимість перетяжки коротких болтів і болтів діаметром 12 мм.

(3) Болт має виступати над гайкою не менше ніж на один повний виток різьби.

(4) Послідовність натягу болтів слід виконувати від того місця, де ліквідацію зазорів в з'єднанні буде легше досягти (від жорстких частин) і далі до периферії. Для рівномірного натягу всіх болтів в з'єднанні, можливо виконати не за один цикл натягу.

(5) Контроль стягування пакету слід контролювати щупом. Якщо в кресленнях не надані інші вимоги, щуп товщиною 0,5 мм не має доходити до проекції контуру шайби.

## К.4 З'ЄДНАННЯ НА ВИСОКОМІЦНИХ БОЛТАХ

### К.4.1 Фрикційні з'єднання

(1) Фрикційні з'єднання на високоміцних болтах (болтах з попереднім натягом), можна розглядати такими, що працюють сумісно зі зварними швами в комбінованих стиках.

(2) При розрахунках фрикційних з'єднань слід виконувати розрахунки за першою групою граничних станів.

(3) Для фрикційних з'єднань слід застосовувати високоміцні болти з попереднім натягом, класів міцності 8.8 і 10.9, класу точності В і діаметрами 16–27 мм. Мінімальний вихід торця стержня болта над гайкою після натягу має становити 2–3 мм.

(4) Умова міцності з'єднання за критерієм зсуву надається формулою:

$$F_{s,Ed} / F_{s,Rd} \leq m, \quad (\text{K.15})$$

де  $m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1);

$F_{s,Ed}$  – розрахункове діюче зусилля на з'єднання;

$F_{s,Rd}$  – розрахункове зусилля опору з'єднання;

Розрахункове зусилля  $F_{s,Rd}$  яке може бути сприйняте поверхнями тертя з'єднаних елементів, стягнутих високоміцними болтами, слід визначати за формулою:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M2}} F_{p,C}, \quad (\text{K.16})$$

де  $F_{p,C}$  – сила попереднього натягу болта; слід знаходити за формулою:

$$F_{p,c} = 0,7 \cdot A_b \cdot R_{ub} / \gamma_{M7}, \quad (\text{K.17})$$

$\mu$  – характеристичне значення коефіцієнта тертя (дивись таблицю К.5);

$k_s$  – коефіцієнт, що враховує розмір отворів для болтів;

$n$  – кількість болто-контактів;

ДБН В.2.3-26:202X

$\gamma_{M2} = 1,35$  – коефіцієнт надійності для фрикційних з'єднань;

$A_b$  – площа поперечного перерізу болта;

$R_{ub}$  – тимчасовий опір матеріалу болтів.

$\gamma_{M7}$  – коефіцієнт надійності величини натягу;  $\gamma_{M7} = 1,1$  – при контролі натягу по значенню крутячого моменту. При інших методах натягу слід встановлювати за фактичним значеннями заміряних відхилень;

(5) Якщо фрикційне з'єднання, крім зусилля зсуву  $F_{s,Ed}$  сприймає також розтягувальне зусилля  $F_{t,Ed}$ , то розрахункову несну здатність на проковзування одного болта слід визначати із зменшеним значення зусилля попереднього напруження  $F_{p,c}$  за формулою:

$$F_{s,Ed} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M2}} (F_{p,c} - 0,8 \cdot F_{t,Ed}), \quad (K.18)$$

(6) Якщо у з'єднанні, що сприймає згинальний момент, контактне зусилля у зоні стиску врівноважує зусилля в зоні розтягу, то зменшення несної здатності на зсув не враховується.

**Таблиця К.5** – Значення коефіцієнта  $k_s$

Діаметр болтів, мм	Різниця діаметрів отворів і болтів, мм	$k_s$
$d \leq 24$	2	1,0
$d \geq 27$	3	
$d < 24$	4	0,85
$d = 24$	6	
$d \geq 27$	8	
Типи пазових отворів	Напрямок переміщень	
довгою стороною $\leq 1,5 d$	Поперек отворів	0,85
	Вздовж отворів	0,76
з довгою стороною $> 1,5 d$	Поперек отворів	0,70
	Вздовж отворів	0,63

(7) Коефіцієнти тертя  $\mu$  в залежності від способу підготування контактних поверхонь слід приймати згідно таблиці **К.6**.



Таблиця К.6 – Значення коефіцієнтів тертя

Тип обробки	Обробка контактних поверхонь	Коефіцієнт тертя $\mu$
1	Струменеве очищення <sup>1</sup>	0,55
2	Клеєфрикційне покриття накладок <sup>2</sup>	0,55
3	Покриття силікатним цинковим ґрунтом <sup>3</sup>	0,45
4	Покриття поліуретановим ґрунтом <sup>4</sup>	0,30

(8) Інші способи обробки контактних поверхонь можуть бути застосовані тільки для допоміжних (не несних) мостових конструкцій.

**К.4.2** Одночасне врахування фрикційного опору зсуву, зрізу або зминання

(1) Для з'єднань з попередньо напруженими болтами класів 8,8 і 10,9 допускається одночасно з фрикційним опором, враховувати опір зрізу або зминання, за меншим значенням опору  $F_{Rd}$  з двох формул:

$$F_{Rd} = 0,8 \cdot \left( \frac{n \cdot \mu}{\gamma_{M2}} \cdot F_{p,C} + R_{bs} \cdot A \cdot n_s \right), \quad (\text{К.19})$$

$$F_{Rd} = 0,8 \cdot \left( \frac{n \cdot \mu}{\gamma_{M2}} \cdot F_{p,C} + R_{bp} \cdot d \cdot t_{\min} \right). \quad (\text{К.20})$$

(2) При цьому:

<sup>1</sup> Струменеве очищення накладок та основного металу виконується кварцовим піском 0,6–2 мм або сталевим дробом 0,8–1,2 мм під дією струменя повітря під тиском 0,4–0,5 МПа. Чистота поверхні після обробки має відповідати класу Sa 2½ по ДСТУ ISO 8501-1. Шорсткість поверхні  $R_z = 40 \dots 100$ , відповідно до ISO 4287.

<sup>2</sup> Нанесення епоксидного клею на струменеве очищену поверхню накладок з подальшим посипанням на свіжий клей порошку карбіду кремнію фракції SiC 90% 0–3 мм. Інша контактна поверхня конструкції може бути очищена сталевими щітками до ступеню шорсткості St 2 по ДСТУ ISO 8501-1.

<sup>3</sup> Нанесення на струменеве очищену поверхню до класу Sa 2½ накладок та основного металу силікатного цинкового ґрунту WG-WELESIL ZS шаром 60 мкм в сухому стані (120 мкм в мокрому стані).

<sup>4</sup> Нанесення на струменеве очищену поверхню до класу Sa 2½ накладок та основного металу поліуретанового ґрунту шаром 60 мкм в сухому стані (120 мкм в мокрому стані).

– не допускається використовувати комбіновані з'єднання, з одночасним застосуванням болтів і зварювання;

– тип обробки контактних поверхонь має забезпечити стабільність коефіцієнта тертя після початку зсуву з'єднання (падіння коефіцієнта  $\leq 10\%$ ); допускається засовувати піскоструменеву обробку, клеєфрикційне і етил-силікатне покриття;

– в розрахункових схемах слід оцінити зміну напруженого стану конструкції при зсуву в з'єднанні; величину переміщень зсуву допускається приймати рівною величині зазору між діаметрами отворів і болтів.

### **К.4.3 Умови виконання робіт**

#### **К.4.3.1 Збирання фрикційних з'єднань на високоміцних болтах**

(1) Збирання фрикційних з'єднань має виконуватися в суху погоду, або під захистом від дощу. Накладки та метизи мають бути сухими (не вологими). При необхідності слід використовувати сушки.

(2) Збирання фрикційних з'єднань виконують в наступній послідовності:

– перевіряють якість контактних поверхонь;

– суміщають отвори і фіксують взаємне положення елементів стиків монтажними пробками; для болтозварних стиків контролюють зазори в кромках листів, що зварюються і при необхідності розточують отвори для потрібного суміщення кромки, або підрізають кромки;

– встановлюють в вільні отвори високоміцні болти і затягують їх гайковертами; перевіряють щільність стягування пакета щупами 0,3 мм;

– замінюють пробки болтами і затягують спочатку гайковертами, а потім всі болти динамометричними ключами на контрольоване зусилля;

– виконують тимчасову герметизацію з'єднань.

(3) Час збирання з'єднань, тобто строк від підготовки поверхні до стягування з'єднання до герметизації, має бути не більше:

– для піскоструменевого очищення не більше 3 діб;

– для очищення сталевими щітками не більше тижня;

– для клеєфрикційного покриття 1 рік;

– для силікатно-цинкового або поліуретанового покриття 1 рік.

(4) З'єднувальні деталі у фрикційних з'єднаннях повинні бути щільно стягнуті. Ця вимога стосується і зон з уступами листів в стиках з накладками.

При розмірі уступу:

0,5 – 1 мм – нічого не потрібно робити;

1 – 3 мм – виступаюча кромка має бути оброблена абразивом для забезпечення плавного переходу з ухилом 1:5 на довжині до 10 – 30 мм від кромки деталі;

більше 3 мм – слід застосувати прокладки, мінімальної товщиною 4 мм; клас міцності сталі прокладок – може бути зменшений у порівнянні з основними конструкціями, але не менше  $\geq$  С290.

(5) Співпадіння отворів елементів стика і накладок, після постановки конусних пробок, має забезпечувати вільну постановку болтів без перекосів і пошкодження різьби. При «чорноті» отворів, що не дозволяє ввести в отвір болт, слід виконувати розсвердлювання отвору по місцю.

(6) Прочищення, свердління і розсвердлювання отворів в з'єднаннях на високоміцних болтах допускається тільки в щільно стягнутих пакетах і без застосування мастильних рідин і води. Збільшення діаметру отворів має бути зафіксоване в «Журналі Постановки і натягу ВМБ».

(7) У тому випадку, коли в кресленнях вказано, що половина отворів накладки свердляться по місцю, то свердління накладки може виконуватися в цеху, за фактично заміряними відстанями в осях болтів в конструкції.

(8) Всі фаски після робіт із свердління мають бути притуплені.

(9) Кожний болт в конструкції слід встановлювати з двома шайбами (одна – під головку, інша – під гайку).

#### К.4.3.2 Натяг високоміцних болтів

(1) Для створення попереднього натягу болтів має бути вибраний спосіб, який гарантує потрібну точність зусилля натягу. Нижче надані правила виконання робіт при натягу за величиною крутного моменту, що відповідають класу К2 ДСТУ EN 1090-2.

(2) Натяг болтів по величині крутного моменту здійснюють, як правило, у два етапи:

– на першому етапі болти затягують за допомогою гайковертів на 50 – 70 % розрахункового зусилля для забезпечення щільності прилягання деталей пакету; перевіряють щільність стягування пакету під щуп 0,5 мм;

– на другому – болти дотягують до повного розрахункового зусилля динамометричними ключами з точністю  $\pm 10 \%$ , або механічними пристроями, з точністю  $\pm 5 \%$  щуп 0,3 мм не може пройти в щілину більше ніж на 20 мм.

(3) Натяг болтів на першому етапі необхідно проводити від центру вузла до периферії. Високоміцні болти, що були розташовані поруч з монтажними пробками повинні дотягуватися повторно.

(4) Затягування болтів слід проводити плавно, без ривків. Натяг болта припиняється при досягненні необхідного крутного моменту.

(5) Величину мінімального крутного моменту, що прикладається до гайки, і у виключних випадках до головки болта<sup>1</sup>, слід визначати за формулою:

$$M = k_m \cdot F_{p,c} \cdot d \quad (\text{К.21})$$

де  $k_m$  – коефіцієнт закручування, або КЗ, надсилається в супроводжувальних документах разом з партією болтів; для першої і останньої партії болтів КЗ визначається в результаті випробувань; значення КЗ, що рекомендується 0,175.

$$F_{p,c} = 0,7 \cdot A_b \cdot R_u / \gamma_7$$

де  $\gamma_7 = 1,1$  – коефіцієнт надійності, при контролю натягу по значенню крутного моменту;

$A_b$  – площа болта;

$R_u$  – тимчасовий опір болта.

(6) Величину моменту при натягу ключем слід збільшити<sup>1</sup> на 10%, у порівнянні із знайденим за формулою:

---

<sup>1</sup> Затягування за головку болта допускається виконувати після підтвердження крутного моменту при випробуваннях.

$$M_r = 1,1 \cdot M, \quad (\text{К.22})$$

(7) Динамометричні ключі підлягають періодичному таруванню, до початку зміни, в обід і після зміни. Тарування виконується при підвішуванні ваг до отвору на кінці ключа, що знаходиться в горизонтальному положенні, а сам ключ накинутий на нерухому гайку. Вага, що підвішується, розраховується за формулою:

$$W = (M_r - w \cdot e_0) / L, \quad (\text{К.23})$$

де  $W$  – вага на кінці ключа з плечем  $L$ , м;

$L$  – відстань від осі гайки до отвору на кінці ключа;

$w$  – власна вага ключа, кг;

$e_0$  – центр ваги ключа, м;

$M_r$  – крутячий момент при натягу болтів, кгм.

Всі зазначені параметри мають бути уточнені і записані в «Журналі Постановки і натягу ВМБ», а вага, що підвішується визначена з врахуванням «перетягування».

(8) Перевірку манометрів ключа, або його тарування, слід виконувати не менше 5-ти разів за цикл контролю; визначають середнє значення, і в разі розбіжностей більше 4 %, ключ виключають з роботи.

#### К.4.3.3 Герметизація стиків

(1) Герметизація стиків є процедурою, яка обов'язково має контролюватися при виконанні робіт. Тільки герметизація забезпечує потрібну несну спроможність і довговічність конструкції мосту.

(2) Герметизація має виконуватися фарбовим ґрунтом, який використовується для фарбування основних конструкцій мосту. Консистенція ґрунту має забезпечити гарантоване заповнення в положенні «під стелю» щілин 0.5 мм. Герметизація стиків повинна бути суцільною без пропусків і постійної товщини по контуру накладок, по примиканню шайб до накладок, гайок і

---

<sup>1</sup> Застосування коефіцієнта 1,1 надане виходячи з коефіцієнта варіації  $v_k = 0,06$  і характеристики безпеки  $\beta = 1,65$ , за формулою  $(1 + \beta \cdot v_k)$

головок болтів до шайб, по різьбі над гайкою. Середня товщина фарби герметизації 120 – 150 мкм.

(3) Порожнини між накладками, мають бути заповнені монтажною піною, до моменту фарбування мосту. Під час фарбування, піна на краях на глибині не менше 1 см має бути видалена, і замінена довговічним герметиком на якому буде утримуватися фарба.

(4) Для контактних поверхонь після піскоструменевого очищення, герметизацію слід виконувати безпосередньо після натягу болтів, але не пізніше трьох діб. Змочений до затягування стик, перед натягом болтів має бути висушений, але без перегріву більше 200°C.

(5) Для контактних поверхонь основного металу і накладок, захищених фарбовим покриттям (силікатно-цинковим або поліуретановим), герметизація може бути виконана в теплий (не зимовий) період через 3–4 місяці після натягування болтів, але при цьому, щілини під накладками мають бути герметизовані монтажною піною.

(6) Для клеєфрикційних з'єднань, де основний метал очищений сталевими щітками, герметизація має бути виконана в тижневий строк.

## **К.5 КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ І РОЗРАХУНКИ БОЛТОВИХ**

### **З'ЄДНАНЬ**

#### **К.5.1 Загальне**

(1) У конструкціях з фрикційними з'єднаннями повинна бути забезпечена можливість вільної постановки болтів і умов для їх натягування інструментами. У з'єднаннях з прокатних профілів з непаралельними гранями полиць слід застосовувати клинові шайби.

(2) Вздовж зусилля має бути поставлено не менше двох болтів. Допускається постановка тільки одного ряду болтів від осі стику на стінках балок, за умови, що зусилля від моменту сприймаються стикуми поясів. На стінках головних балок мають бути встановлені не менше двох рядів болтів.

(3) У прикріпленні стержня на звичайних болтах число болтів у поздовжньому ряду має бути не менше:

- 3 шт. – при одному ряді;
- 2 шт. – при двох рядах і більше;
- 5 шт. – у виступаючій полиці кутикового коротуна.

(4). Стики вертикальної стінки балки при болтових з'єднаннях повинні бути перекриті накладками по всій висоті. Стикові накладки поясних кутиків припускається застосовувати у вигляді плоских листів.

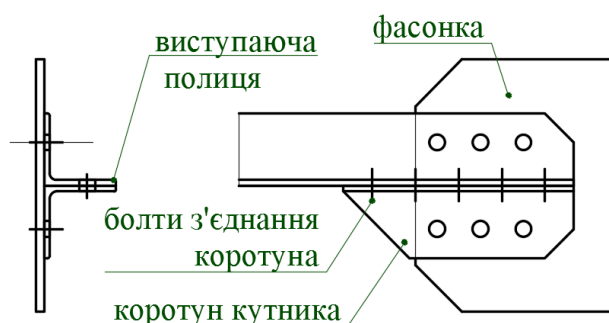
(5) Площа перекриття накладками стика з'єднувального елемента має становити не менше 50 % від площі елемента, незалежно від розрахунків накладок на діюче зусилля.

(6) Болти, що з'єднують стінки з поясами складених балок, слід розраховувати на зсув, як рівнодіючої від дії горизонтального і вертикального зсуву. При визначенні горизонтального зсуву, може бути врахована різниця температур балок і плити проїзду. Рекомендоване характеристичне значення 10°C.

(7) Розрахунки болтових з'єднань балкової клітини проїзної частини і поясів головних ферм, а також стиків поперечних балок і поздовжніх ребер ортотропних плит слід виконувати на основі розрахунку зусиль, отриманих в просторових розрахункових схемах з урахуванням локального і глобального навантаження.

### К.5.2 Кутиковий коротун

(1) Кутиковий коротун прикріплює кутик (швелер, або подібний профіль) до фасонки або схожого елемента. Кінець коротуна має співпадати з кінцем кутика, а інший край коротуна має заходити за край фасонки, як показано на рисунку **К.7**.



**Рисунок К.7** – Кріплення коротуна кутика до робочого кутика

(2) Коротун слід розраховувати на зусилля, що в 1,2 рази більше зусилля у виступаючій полиці кутика, або в 1,4 рази більше виступаючої полиці швелера.

(3) Болти, що з'єднують полиці слід розраховувати на зусилля, що в 1,4 рази більше зусилля у виступаючій полиці кутика, або в 1,2 рази більше виступаючої полиці швелера.

### К.5.3 Розрахунок вузла на розрив

(1) Умова міцності елементів з'єднання за критерієм розриву в результаті зрізу і розтягу визначається за формулою:

$$F_{s,Ed} / F_{eff,Rd} \leq m, \quad (K.24)$$

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця 7.1);

$F_{s,Ed}$  – розрахункове діюче зусилля на з'єднання;

$F_{eff,Rd}$  – мінімальне розрахункове зусилля опору з'єднання вириву або розриву, знаходиться як менше з із значень  $V_{eff,1,Rd}$  і  $V_{eff,2,Rd}$ , або  $V_{eff,3,Rd}$ .

(2) При розрахунках фрикційних з'єднань, слід враховувати, що половина зусиль опору зсуву з кожного болта в місці розриву вже передана на з'єднання.

(3) Розрахунок міцності стикових накладок розтягнутих елементів ферм і поясів суцільних балок треба виконувати з введенням для накладок додаткового коефіцієнта умов роботи  $m_q = 0,9$ .

(4) Опір розриву накладки або фасонки по перерізу, що з'єднує отвори болтів (рисунок К.8) слід визначати за формулою:

$$V_{eff,3,Rd} = A_{na} \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (K.25)$$

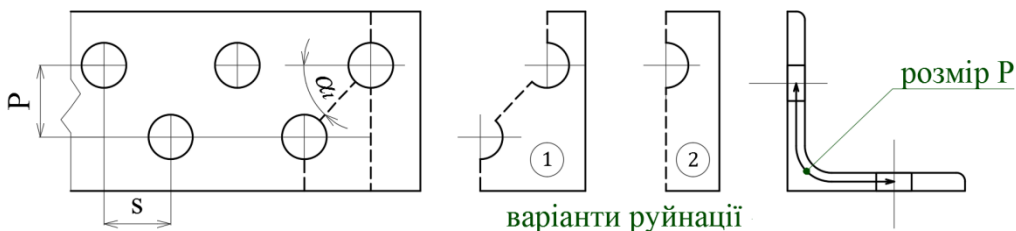


Рисунок К.8 – Схеми руйнації



Для нормального перерізу, при  $\alpha_i = \pi / 2$ , формула (К.24) приймає вигляд

$$N \leq 0,9 \cdot t \cdot l_i \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (\text{К.26})$$

(5) Опір вириву частини елемента при передачі зсувного зусилля на симетричну групу болтів без ексцентриситету розраховується опір розриву вузла  $V_{eff,1,Rd}$  слід визначати як суму опору розтягу та опору зрізу за формулою:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{R_{un} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{0,58 \cdot R_{yn} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}, \quad (\text{К.27})$$

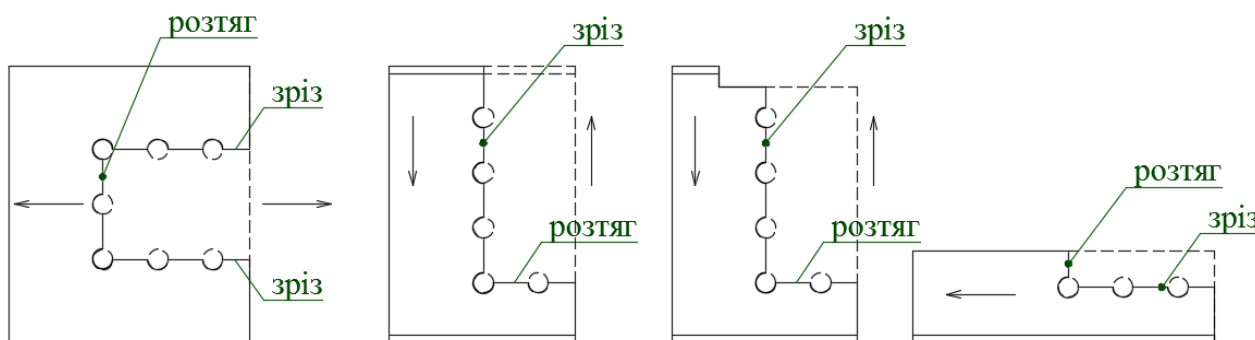
де  $A_{nt}$  – площа перерізу нетто зони розтягу;

$A_{nv}$  – площа перерізу нетто зони зрізу.

(6) Опір вириву частини елемента при передачі зсувного зусилля на групу болтів із ексцентриситетом опір розриву вузла,  $V_{eff,2,Rd}$ , слід визначати як суму  $1/2$  опору розтягу та опору зрізу за формулою:

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 \cdot \frac{R_{un} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{0,58 \cdot R_{yn} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}, \quad (\text{К.28})$$

(7) Схеми розривів вузлів по лініям отворів, що виникає внаслідок зрізу вздовж напрямку зсуву і розривом по зоні розтягу, показані на рисунку **К.9**.



**Рисунок К.9** – Схеми вириву частини елемента

У формулах позначено:

$R_{un}$  – тимчасовий опір; характеристичне значення;

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$A_{nt}$  – площа перерізу нетто розтягу;

$A_{nv}$  – площа перерізу нетто зрізу;

$A_{na} = 0,675 \cdot t \sum (0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i$  – площа перерізу нетто під кутом до дії сили;

$t$  – товщина вузлової фасонки;

$l_i$  – довжина  $i$ -тої ділянки перерізу вузлової фасонки між отворами;

$\alpha_i$  – кут між напрямком  $i$ -тої ділянки перерізу і віссю елемента ( $0 \leq \alpha_i \leq \pi/2$ ), рад (рисунок **К.8**).

**К.5.4** Одиночні кутики, прикріплені однією полицею, та інші розтягнені несиметрично прикріплені елементи

(1) Умова міцності кутика розриву визначається за формулою:

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} \leq m, \quad (\text{К.29})$$

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблиця **7.1**);

$N_{Ed}$  – розрахункове діюче зусилля на кутик;

$N_{u,Rd}$  – розрахункове зусилля опору.

(2) Наявність ексцентриситету у з'єднаннях, а також відстані між отворами і до краю елемента впливають на розрахункові опори з'єднань наступних елементів:

– несиметричних;

– симетричних, але несиметрично прикріплених (наприклад, кутики, прикріплені однією полицею).

(3) Розтягнений одиночний кутик, прикріплений однією полицею одним рядом болтів, див. рисунок **К.10**, можна розглядати як навантажений без ексцентриситету по ефективному перерізу нетто, для якого несну здатність слід визначати за формулами:

$$\text{Кріплення одним болтом } N_{u,Rd} = \frac{2 \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) \cdot t \cdot R_{un}}{\gamma \cdot M_2}, \quad (\text{К.30})$$

$$\text{Кріплення двома болтами } N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot R_{un}}{\gamma \cdot M_2}, \quad (\text{К.31})$$

$$\text{Кріплення трьома і більше болтами } N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 \cdot A_{net} \cdot R_{un}}{\gamma \cdot M_2}, \quad (\text{К.32})$$

Де  $\beta_2$  та  $\beta_3$  – знижувальні коефіцієнти, що залежать від кроку отворів, дивись таблицю К.7.

**Таблиця К.7** – Значення коефіцієнтів  $\beta_2$  і  $\beta_3$

Відстань між отворами, $p_1$	$\leq 2,5 \cdot d_0$	$\geq 5 \cdot d_0$
$\beta_2$ , при двох болтах	0,4	0,7
$\beta_3$ , при трьох та більше болтах	0,5	0,7
При проміжних значеннях $p_1$ коефіцієнти $\beta$ допускається визначати інтерполяцією		

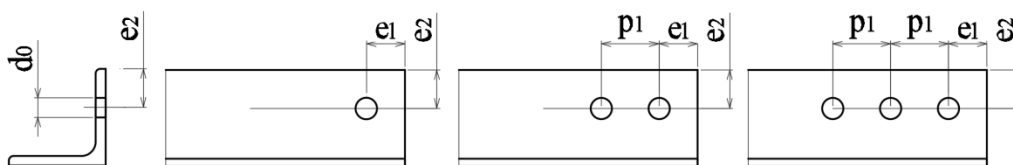
$A_{net}$  – площа кутика нетто. При кріпленні нерівнобічного кутика меншою полицею значення  $A_{net}$  слід приймати таким, що дорівнює площі перерізу нетто еквівалентного рівнобічного кутика з полицею, рівною меншій полиці нерівнобічного кутика.

$t$  – товщина полиці кутика;

$R_{un}$  – тимчасовий опір кутика; характеристичне значення;

$d_0$  – діаметр отвору;

$p_1$  і  $p_2$  – відстані від отворів (дивись рисунок К.10).



**Рисунок К.10** – Кутики закріплені одною полицею. Позначення

### К.5.5 Розподіл зусиль між болтами у граничному стані

(1) При пружних розрахунках розподіл зусиль між болтами (болтоконтактами для фрикційних з'єднань) від дії згинального моменту можна приймати пропорційним відстані від центру повороту. При пластичних розрахунках допускається будь яке зрівноважене розподілення за умови, що опір складових елементів не перевищений і є резерв пластичних деформацій.

(2) Пружне лінійне розподілення внутрішніх зусиль слід застосовувати у наступних випадках:

– у фрикційних з'єднаннях на високоміцних болтах;

ДБН В.2.3-26:202Х

– у зрізних з'єднаннях, якщо розрахункова несна здатність кріпильної деталі на зріз  $F_{s,Rd}$  менше розрахункової несної здатності на зминання  $F_{b,Rd}$ ;

– якщо з'єднання зазнає дії динамічного навантаження.

(3) При дії на з'єднання тільки зусилля зсуву без ексцентриситету розподіл зусиль між болтами можна вважати рівномірним, за умови, що всі болти мають один розмір та один клас міцності.

## **К.6 З'ЄДНАННЯ НА ІН'ЄКЦІЙНИХ БОЛТАХ**

(1) З'єднання на ін'єкційних болтах можуть застосовуватися як альтернатива звичайним болтам та заклепках тільки при відповідних обґрунтуваннях.

(2) Проектування і розрахунки з'єднань на ін'єкційних болтах слід виконувати відповідно до настанов ДСТУ-Н Б 1993-1-8.

## **К.7 З'ЄДНАННЯ НА ПАЛЬЦЯХ**

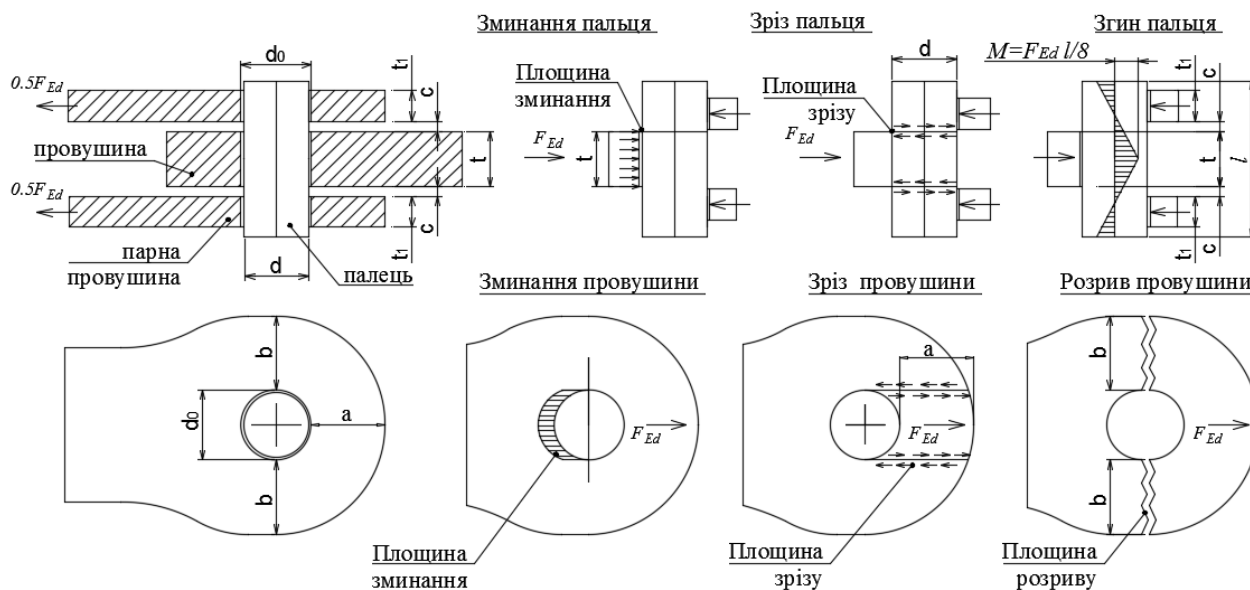
(1) У з'єднаннях на пальцях під навантаженням стиску або розтягу в площині провущин допускають повороти навколо осі пальця.

(2) У тому випадку, коли повороти при експлуатації не передбачені, то розрахунки слід вести як для одноболтового з'єднання.

(3) Рухомі з'єднання на пальцях мають працювати в межах пружності.

(4) Основні елементи з'єднань на пальцях: 1) палець; 2) провущини; 3) фіксатори пальців. Можливі тонкі прокладні антифрикційні листи між провущинами і герметичне заповнення порожнин силіконом.

(5) Позначення розмірів з'єднання на пальцях і основні схеми розрахунків надані на рисунку **К.11**.



**Рисунок К.11** – Конструкція провушин та схеми розрахунків

(6) При визначенні параметрів провушин сумарну товщину парних провушин слід приймати не менше товщини одиночної провушини  $2 \cdot t_2 \geq t_1$ , якщо конструкцією не передбачене інакше.

(7) Клас міцності провушини і парних провушин слід приймати однаковим. Клас міцності пальця слід приймати, як правило, більшим.

(8) Діаметр пальця  $d$  оцінюється по опору зрізу і згину. Перевірка на згин виконується по різному в залежності від призначення з'єднання. При відомому значенню діаметра оцінюються розміри провушини і її товщина  $t_1$ . Розмір  $a$  та розмір  $b$  має забезпечити приблизну рівність опору провушини зрізу по лінії  $a$  і розриву від розтягу по лініям  $b$ . Товщина приймається при розрахунках на змінання. У зв'язку з тим, що діючий момент згину пальця залежить від товщини провушин, слід повторити перевірку пальця на згин.

(9) (1) Умова міцності з'єднань на пальцях визначається за формулою:

$$F_{p,Ed} / F_{p,Rd} \leq m, \quad (\text{K.33})$$

$m$  – коефіцієнт умов робіт (таблицею 7.1);

$F_{p,Ed}$  – розрахункове діюче зусилля;

$F_{p,Rd}$  – розрахункове зусилля опору.

(10) Розрахунки опору з'єднань на пальцях, що показано на рисунку **К.11**, слід виконувати відповідно формул, наданих в таблиці К.8.

**Таблиця К.8** – Розрахунки опору з'єднань на пальцях

Вид відмови пальця	Проектні вимоги
Опір пальця на зріз	$F_{s,Rd} = 0,64 \cdot n \cdot R_{un,p} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$
Опір пальця на зминання* Те ж, за можливості заміни пальця*	$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot R_{yn,p} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$ $F_{b,Rd} = 0,6 \cdot t \cdot d \cdot R_{yn} / \gamma_{M6,ser} \geq F_{Ed,ser}$
Опір пальця згину Те ж, за можливості заміни пальця	$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot R_{yn,p} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$ $M_{Rd} = 0,8 \cdot W_{el} \cdot R_{yn} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Опір пальця на сумісну дію зрізу та згину**	$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{Ed} / F_{s,Rd})^2 \leq 1$
Вид відмови центральної провушини	Проектні вимоги
Опір провушини на зминання Те ж, за можливості заміни пальця	$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot R_{yn,pl} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$ $F_{b,Rd} = 0,6 \cdot t \cdot d \cdot R_{yn,pl} / \gamma_{M6,ser} \geq F_{Ed,ser}$
Опір провушини зрізу	$F_{s,Rd} = 0,6 \cdot a \cdot t \cdot n \cdot R_{yn,pl} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$
Опір провушини розриву	$F_{t,Rd} = b \cdot t \cdot n \cdot R_{yn,pl} / \gamma_{M2} \geq F_{Ed}$
* – розрахунок виконується, якщо клас міцності пальця менший за клас міцності провушини. ** – перевірка виконується тільки для з'єднань, в яких передбачається заміна пальця.	
<p><math>d</math> – діаметр пальця;  <math>a</math> – відстань від края отвора до кромки провушини вздовж зусилля;  <math>b</math> – відстань від края отвора до кромки провушини поперек зусилля;  <math>c</math> – проміжок між площинами листів провушин;  <math>A</math> – площа пальця;  <math>t</math> – товщина провушини;  <math>n = 2</math> – кількість площин зрізів;  <math>R_{un,p}</math> – тимчасовий опір пальця; характеристичне значення;  <math>R_{yn,p}</math> – опір текучості пальця; характеристичне значення;  <math>R_{un,pl}</math> – тимчасовий опір провушини; характеристичне значення;  <math>R_{yn,pl}</math> – опір текучості провушини; характеристичне значення;  <math>F_{Ed}</math> – розрахункова сила на провушину;  <math>F_{Ed,ser}</math> – сила на провушину у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристичних навантажень;  <math>M_{Ed}</math> – розрахунковий момент в пальці;  <math>M_{Ed} = F_{Ed} \cdot l / 8</math>, де <math>l = t \cdot c + 2 \cdot t_1</math> (див. позначення на рис. 00)  <math>c</math> – проміжок між площинами листів провушин;  <math>t_1</math> – товщина парної провушини;  <math>M_{Ed,ser}</math> – діючий момент в пальці у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристичних навантажень;  <math>M_{Ed} = F_{Ed,ser} \cdot l / 8</math>.</p>	

(11) Якщо передбачається можливість заміни пальця, то повинна виконувати додаткова вимога для обмеження напружень на контактних поверхнях за формулою:

$$\sigma_{h,Ed} \leq R_{h,Rd}, \quad (K.34)$$

де

$$\text{діючі напруження } \sigma_{h,Ed} = 0,59 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 \cdot t}}, \quad (K.35)$$

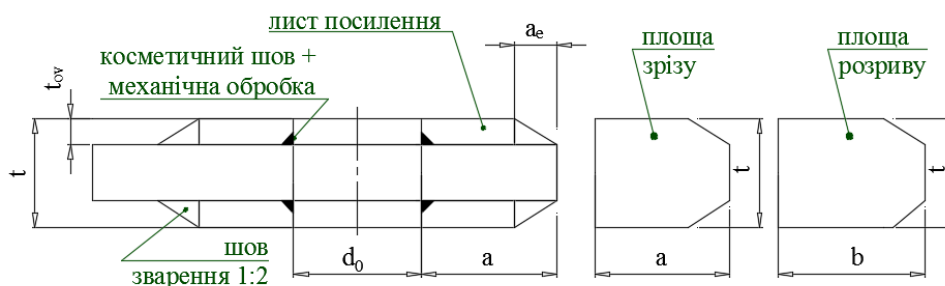
$$\text{граничні напруження } R_{h,Rd} = 2,5 \cdot R_{yn} / \gamma_{M6,ser}. \quad (K.36)$$

$d_0$  – діаметр отвору.

Інші позначення надані вище.

(12). У разі посилення провущин накладними листами біля отворів, шви приєднання накладних листів мають бути розраховані на зсув і мати шви з ухилом 1:2, а внутрішні щілини в отворах заварені косметичними швами (3 мм) і механічно зачищені.

(13) У розрахункові площі зрізу і розриву допускається включати переріз швів (рисунок К.12).



**Рисунок К.12** – Схема посилення провущини накладними листами

**Додаток Л**  
**(обов'язковий)**  
**СТАЛЕВІ КАНАТНІ ЕЛЕМЕНТИ**

**Л.1 ЗАГАЛЬНЕ**

**Л.1.1** Розтягнуті сталеві елементи, які охоплені даним додатком, застосовуються для наступних елементів мостів:

- підвіси аркових та висячих мостів;
- ванти вантових мостів;
- несні кабелі підвісних мостів;
- елементи для вітрових розтяжок мостів;
- розтягнуті елементи для створення попереднього напруження сталевих конструкцій мостів;
- розтягнуті елементи для з'єднання елементів мосту між собою;
- розтягнуті елементи для не жорсткого приєднання балок жорсткості до опор.

**Л.1.2** Розтягнуті елементи поділяються на три групи (дивись таблицю Л.1).

**Таблиця Л.1** – Групи розтягнутих елементів

Група	Складова розтягнутого елемента	Розтягнуті елементи мосту
А	Суцільний стержень	Різні розтягнуті елементи
В	Круглий дріт	Спиральний канат пасмо
	Круглий та Z-подібний дріт	Замковий спиральний канат
	Круглий дріт та пасмо з дротів	Дротовий трос
С	Круглий дріт	Канат з паралельних дротів (КПД)
	Круглий дріт	Пучок з паралельних дротів
	7-ми дротове пасмо	Пучок з паралельних пасм

**Примітки:**

1. Розтягнуті елементи групи А є, як правило, суцільними розтягнутими елементами, що з'єднані за допомогою різьбових елементів. Вони використовуються в основному для цивільних споруд:  
в'язі ферм дахів, стін та балок;  
ванти (розтяжки) елементів дахів та пілонів;  
розтягнуті елементи сталевих-деревинних ферм, сталевих конструкцій, в'язі рам.  
Допускається застосування в мостових спорудах за умови перевірки витривалості від циклічних рухомих навантажень при врахуванні вітрових навантажень.
2. Група В охоплює спиральні пасма та канати, що мають на кінцях анкери (з холодною чи гарячою фіксацією дротів), і що виготовляються заздалегідь і мають діаметри до 180 мм. До



групи віднесені наступні вироби:

спіральні канати пасма (або спіральні мостові канати) застосовуються для основних несних елементів мостів, таких як ванти, підвіси, кабелі малих висячих мостів, тощо; також для відтяжок різного призначення;

заповнені замкові канати в основному застосовуються для вант та підвісів та основних кабелів висячих мостів; канати мають переваги перед спіральними мостовими канатами; дровові канати можуть бути застосовані тільки для допоміжних конструкцій мостів; для основних конструкцій мають обмежене застосування, як то для підйомних механізмів розвідних мостів, або для гасників коливань; недоліки – мала щільності та жорсткість і не надійний захист від корозії.

3. Група С продукція потребує спеціальних анкерів та спеціального захисту від корозії. До групи віднесені наступні вироби:

канати з паралельних дротів застосовуються для вант підвісів та кабелів; канати мають бути заздалегідь оснащені анкерами (як правило з холодною заливкою), мати заповнення пустот між дротами і поверхневий захист від корозії;

пучки з паралельних дротів застосовуються для вант (та іншого) з натягом при збиранні і постановкою анкерів на місці

пучки з паралельних пасм застосовуються для вант (та іншого) з натягом при збиранні і постановкою анкерів на місці.

**Л.1.3** Типи анкерів для виробів групи В та С можуть бути наступними:

– анкери з металевим або клейовим заповненням;

– анкери з цементним заповненням;

– анкери з затискними пристроями;

– затискні анкери;

– U-подібна стяжка

– анкери пучків за допомогою клинів, холодної деформації головок дротів, гайок на стержнях.

## Л.2 ОСНОВА ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

**Л.2.1** Канатні розтягнуті елементи мають бути запроектованими за двома граничними станами:

**Л.2.2** Граничний стан за міцністю.

(1) Перевірка міцності виконується за формулою (Л.1)

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}, \quad (\text{Л.1})$$

$N_{Ed}$  розрахункова найбільша сила в канатному елементі

$N_{Rd}$  граничне розрахункове значення опору канатного елемента

$$N_{Rd} = \frac{N_{Rk} \cdot m}{\gamma_{M2}} \cdot k, \quad (\text{Л.2})$$

$N_{Rk}$  характеристичне значення розривного зусилля канатного елемента з анкерами (приймається за даними заводу виробника);

$m$  – коефіцієнт умов робіт, що приймається за таблицею 7.1;

$m_k$  – коефіцієнт умов робіт канатного елемента, знаходиться за формулою:

$$m_k = m_1 \cdot m_2, \quad (\text{Л.3})$$

$m_1=0,8$  коефіцієнт умов роботи для несних канатних елементів мостів;

$m_2=1,0$  коефіцієнт умов роботи для канатів без перегинання;

$m_2=0,9$  коефіцієнт умов роботи для канатів, що перегинаються на сідлі, в сепараторі або в стяжці.

$\gamma_{m2}=1,6$  – коефіцієнт надійності канату, що приймається за таблицею

### Таблиця 7.3.

Розрахункові коефіцієнти для розрахунків міцності канатів надаються в таблиці Л.2.

**Таблиця Л.2** – Коефіцієнти для розрахунків міцності канатів

Призначення мосту	Перегинання навколо радіусу $R$	$\gamma_{M2}$	$m$	$m_k = m_1 \cdot m_2$		$\frac{m \cdot m_k}{\gamma_{M2}}$
				$m_1$	$m_2$	
Залізничний	ні	1,6	0,9	0,8	1,0	0,450
	так				0,9	0,405
Пішохідний	ні				1,0	0,450
	так				0,9	0,405
Всі інші	ні		1,0		1,0	0,500
	так				0,9	0,450

(2) У разі відсутності даних заводу виробника про характеристичне значення розривного зусилля канатного елемента з анкерами, це значення може бути знайдено за формулою:

$$N_{Rk} = N_{\min} \cdot s, \quad (\text{Л.4})$$

$N_{\min}$  мінімальне розривне зусилля каната в цілому.

$s$  – коефіцієнт зменшення несної спроможності за рахунок послаблення опору в анкерах (таблиця Л.3).

**Таблиця Л.3** – Коефіцієнт зменшення несної спроможності

Типи анкерів	коефіцієнт – $s$
Металеве заповнення анкеру	1,0
Клейове заповнення анкеру	1,0
Затискний анкер-провушина	0,9
Затискний анкер	0,9
U-болт	0,8

$$N_{\min} = k \cdot d^2 \cdot R_r / 1000, \text{ (кН)}, \quad (\text{Л.5})$$

$k$  – коефіцієнт мінімального розривного зусилля і приймається відповідно до таблиць **Л.10**, **Л.11**, **Л.12**.

$d$  – діаметр канату в мм;

$R_r$  – мінімальне розривне напруження дротів канату, МПа;

(3) Перегинання канатів допускається виконувати навколо радіусу  $R$ , більшого або рівного 30 діаметрам канату  $d$ , та більше ніж 400  $\varnothing$  дротів. При цьому, граничні бокові напруження на спіральні мостові та замкові спіральні канти (якщо немає інших даних) допускається приймати за таблицею Л.4.

**Таблиця Л.4** – Граничні бокові напруження на спіральні мостові та замкові спіральні канати

Тип канату	Граничний поперечний тиск, МПа	
	твердий контакт	м'який контакт
Замкові спіральні канати	40	100
Спіральні канати	25	60
Додаток: м'який контакт утворюється за рахунок прокладок алюмінію, тощо		

### Л.2.3 Експлуатаційний граничний стан.

#### (1) Обмеження деформацій або вібрацій

**Примітка.** Надмірні деформації і коливання можуть викликати зміни в жорсткості системи, зміни в попередньому напруженні елементів, та зміни в опорі зсуву на стяжних пристроях (сідлах).

#### (2) Умови пружної роботи

**Примітка.** За правило, має зберігатись пружна робота канатного елемента на всіх експлуатаційних етапах навантаження; робота канату може вважатись пружною, якщо нелінійна складова становить менше 5 %.

(3) Обмеження напружень в канаті від характеристичних навантажень виконується для наступного:

1. Витримувати напруження в пружному стані під час спорудження та при експлуатації:

2. Витримувати обмеження в подовженнях для запобігання утворення тріщин в захисних оболонках, наповненнях оболонок тощо

3. Граничне значення напружень знаходиться за формулою (Л.6)

$$\sigma_{Rk} = N_{Rk} / A_{cross} \quad (\text{Л.6})$$

$A_{cross}$  – площа металевого перерізу.

Обмеження робиться для стадії монтажу (таблиця Л.5) та для стадії експлуатації (таблиця Л.6)

**Таблиця Л.5** – Обмеження напружень  $\sigma_{oper}$  для стадії спорудження

Стадії монтажу	$\sigma_{oper}$
Перший канатний елемент тільки на декілька годин	$0,6 \cdot \sigma_{Rk}$
Після установки інших канатних елементів	$0,55 \cdot \sigma_{Rk}$

**Таблиця Л.6** – Обмеження напружень  $\sigma_{inst}$  для стадії експлуатації

Стадії експлуатації	$\sigma_{inst}$
Напруження з врахуванням напружень від згинання	$0,5 \cdot \sigma_{Rk}$
Напруження без врахуванням напружень від згинання	$0,45 \cdot \sigma_{Rk}$

### Л.3 ЖОРСТКОСТІ КАНАТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Л.3.1** Модуль пружності канатів слід приймати за сертифікатами виробника. Для канатів групи «В», тобто для спіральних канатів, модуль пружності є змінним і залежить від кількості початкових навантажень і від величини навантаження. Виробник має визначати модуль деформації після стабілізації властивостей канату.

**Л.3.2** Для попередніх розрахунків, значення модулю пружності знаходити за даними таблиці Л.7.

**Таблиця Л.7** – Значення модулю пружності

№	Канатні елементи	Модуль пружності, $E_0$ , [кН/мм <sup>2</sup> ]	
		сталеві дроти	сталеві неіржавіючі дроти
1	Суцільні стержні	210	–
2	Спіральні мостові канати	$150 \pm 10$	$130 \pm 10$
3	Замкові спіральні канати	$160 \pm 10$	–
4	Дротовий трос	від 80 до 110	–

5	Канат з паралельних дротів (КПД)	$205 \pm 5$	–
6	Пучок з паралельних дротів	$205 \pm 5$	–
7	Пучок з паралельних пасм	$195 \pm 5$	–
<b>Примітка.</b> Модуль пружності $E_Q$ відповідає навантаженню $Q$			

#### Л.4 ОСНОВА ПРОЄКТУВАННЯ СІДЛА

(1) При відсутності більш точних розрахунків розміри сідла мають бути такими, як надано на рисунку Л.1.

(2) Радіус сідла  $R$  може бути зменшений до 20 діаметрів каната в разі застосування покриття канату м'яким металом, або цинком товщиною не менше 1 мм.

(3) Менші діаметри можуть бути прийняті в разі застосування спіральних канатів і якщо така можливість підтверджується результатами тестів.

(4) Просування канатів на сідлі не допускається.

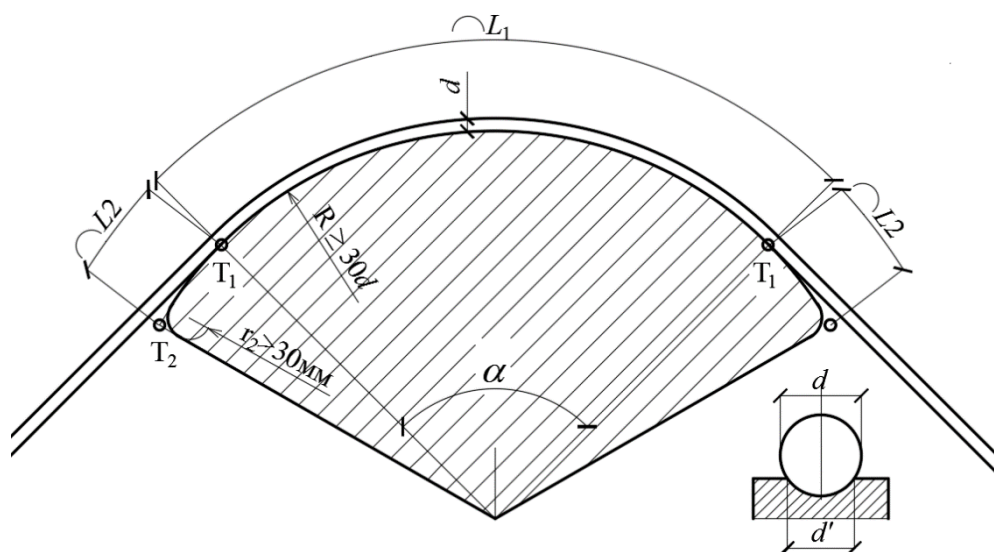


Рисунок Л.1 – Конфігурація сідла

На рисунку зображено:

$L_1$  – довжина канату на контакті з сідлом від характеристичних найбільш несприятливої комбінації навантажень, включаючи ефект провисання канатів;

$L_2$  – додаткове ложе для контакту;  $L_2 \geq 0,03 \cdot L_1$

$R$  – радіус сідла, який як правило має бути не менше 30 діаметрів канату, або 400 діаметрів дротів канату;

ДБН В.2.3-26:202Х

$d$  – діаметр каната;

$d'$  – діаметр відбитка, для оцінювання напружень на контакті каната з сідлом.

### Л.5 ВИТРИВАЛІСТЬ

(1) Витривалість канатних елементів слід виконувати відповідно до додатку М.

(2) Витривалість канатних елементів слід виконувати, приймаючи категорію деталі  $\Delta\sigma_c$  (поріг витривалості при 2 млн. циклів) відповідно до таблиці Л.8.

**Таблиця Л.8** – Категорії деталі  $\Delta\sigma_c$

Група	Канатні елементи		Категорія деталі , $\Delta\sigma_c$ , МПа
А	1	Суцільні стержні (попередньо-напружені)	105
В	2	Спіральні замкові канати з металевим або клейовим заповненням анкерів	150
	3	Спіральні канати з металевим або клейовим заповненням анкерів	150
С	4	Канати з паралельних дротів з клейовим заповненням анкерів	160
	5	Пучок з паралельними пасмами	160
	6	Пучок з паралельними дротами	160

### Л.6 ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ

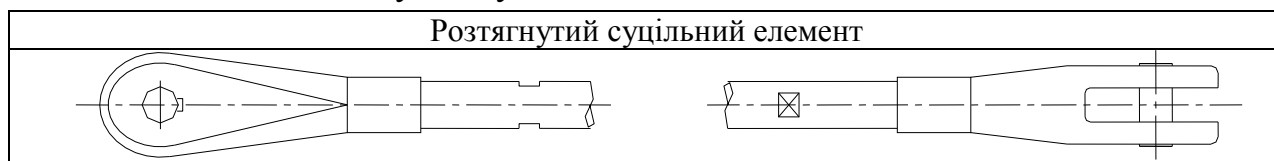
(1) Захист від корозії має забезпечити довговічність канатних елементів на строк не менше 100 років без заміни.

(2) Протягом повного строку експлуатації слід підтримувати відповідний стан канатного елемента за рахунок дрібних ремонтів.

## Л.7 НОМЕНКЛАТУРА ПРОДУКЦІЇ

## Продукція групи А

Таблиця Л.9 – Розтягнутий суцільний елемент



## Продукція групи В

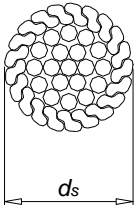
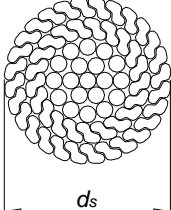
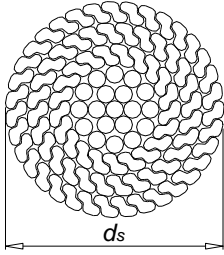
Таблиця Л.10 – Спіральні канати

Спіральні канати				
Характеристики				
Конструкція	1x19	1x37	1x61	1x91
Діаметр $d_s$ , мм	від 3 до 14	від 6 до 36	від 20 до 40	від 30 до 52
Кількість пучків, шт.	1	1	1	1
Кількість дротів, шт.	19	37	61	91
Коефіцієнт $C$	0,60	0,59	0,58	0,58
Коефіцієнт $k$	0,525	0,520	0,510	0,510

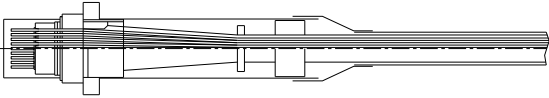
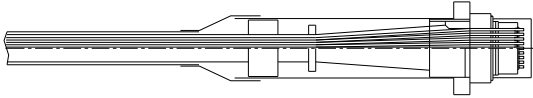
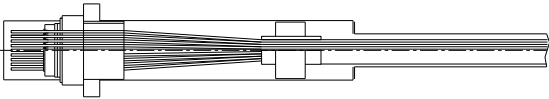
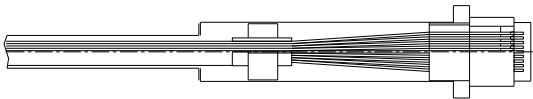
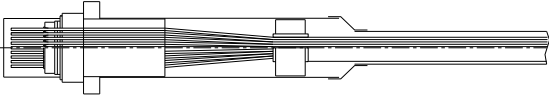
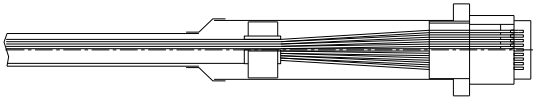
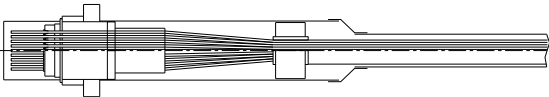
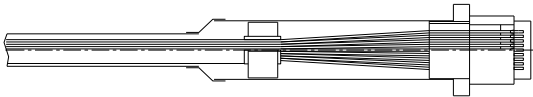
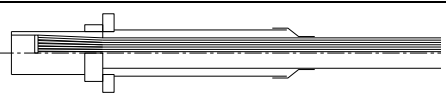
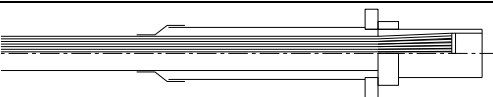
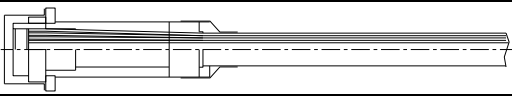


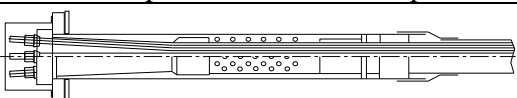
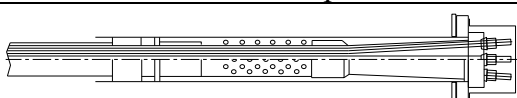
Таблиця Л.11 – Дротові троси

Дротові троси				
Характеристики				
Конструкція	6x19-CF	6x19-CWS	6x36WS-CF	6x36WS-CWR
Діаметр $d_s$ , мм	від 6 до 40	від 6 до 40	від 6 до 40	від 6 до 40
Кількість пучків, шт.	6	6	6	6
Дротів в пасмі, шт.	18	18	36	36
Коефіцієнт $C$	0,357	0,414	0,393	0,455
Коефіцієнт $k$	0,307	0,332	0,329	0,355

**Таблиця Л.12 – Спіральні замкові канати**

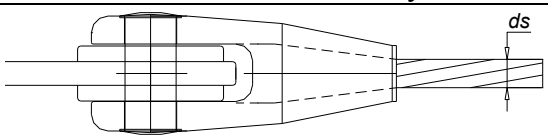
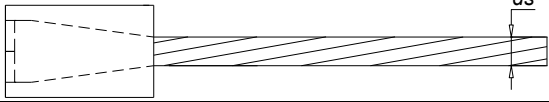
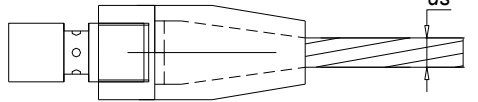
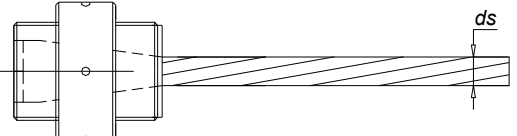
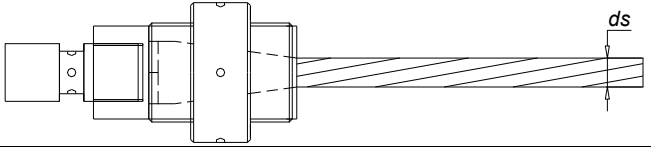
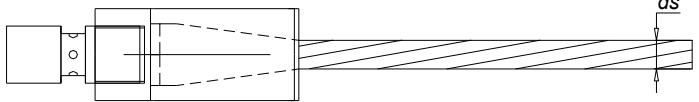
Спіральні замкові канати			
Характеристики			
	1 шар Z-дротів	2 шари Z-дротів	3 + шарів Z-дротів
Діаметр $d_s$ мм	від 20 до 40	від 25 до 50	Від 40 до 180
Відхилення $\Delta d_s$	+5%	+5%	+5%
Коефіцієнт $C$	0,636	0,660	0,700
Коефіцієнт $k$	0,585	0,607	0,643

**Продукція групи С****Таблиця Л.13 – Розтягнуті елементи з живими анкерами**

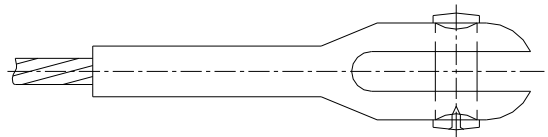
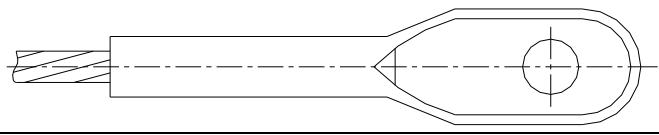
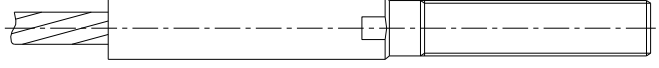
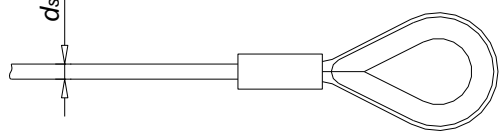
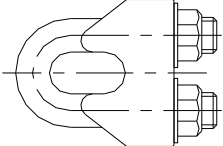
Розтягнуті елементи з живими анкерами	
Клинове анкеріння з наступним заповненням цементним розчином – РЕ або ЕР захищені дроти	
	
Клинові анкери з опорною плитою - РЕ захищені дроти	
	
Клинові анкери з заповненням труб цементним розчином – РЕ захищені дроти	
	
Клинові анкери з заповненням труб воском – РЕ захищені дроти	
	
Анкеріння дротів за допомогою заливки компаундом	
	
Анкеріння дротів з висадженими головками і епоксидним заповненням	
	
Анкер для одного стержня	
	
Анкери для багатьох стержнів з сталеву обіймою та цементним розчином	
	



**Таблиця Л.14** – Анкерні стакани заповнені металевим або клейовим компаундом

Анкерні стакани заповнені металевим або клейовим компаундом	
Відкритий анкер	
Циліндричний анкер	
Конічний анкер з внутрішньою різьбою і штоком для натягу	
Циліндричний анкер із зовнішньою різьбою і опорною шайбою	
Циліндричний анкер із зовнішньою і внутрішньою різьбою і опорною шайбою і штоком	
Циліндричний анкер з внутрішньою різьбою і штоком (для натягу)	

**Таблиця Л.15** – Анкери з обтиснутими канатами

Анкери з обтиснутими канатами	
Відкритий обтиснутий анкер	
Закритий обтиснутий анкер	
Обтиснутий анкер з різьбою	
Коуш з обтиснутим алюмінієм	
U- болт	

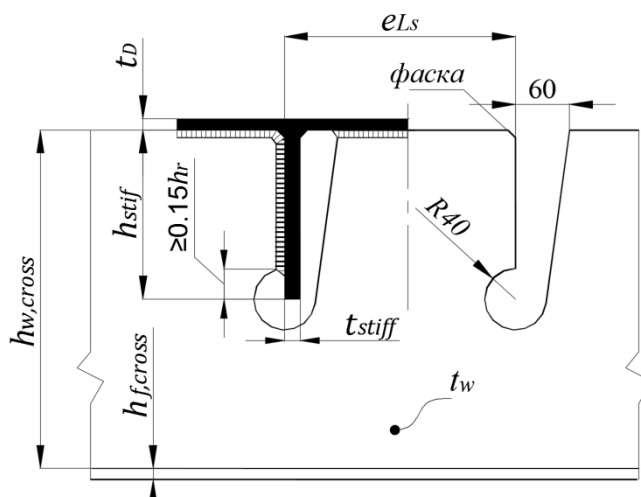
**Додаток М**  
**(обов'язковий)**  
**ОРТОТРОПНІ ПЛИТИ**

**М.1 ОРТОТРОПНІ ПЛИТИ АВТОПРОЇЗДУ. КОНСТРУКТИВНІ  
ВИМОГИ**

**М.1.1** Ортоотропні плити під автомобільний слід проектувати, базуючись на перерізах, формах вирізів і відстанях які були отримані експериментальним шляхом при експлуатації і випробуваннях фрагментів плит на витривалість. Не залежно від наданих параметрів слід виконувати розрахунки перерізів елементів і перерізів швів зварювання.

**М.1.2** Товщина листа настилу, що рекомендується, визначена на основі випробувань роботи покриття проїзду без пошкоджень протягом заданого строку служби і надана в таблиці М.1.

**М.1.3** Ортоотропні плити під рух автомобільного транспорту з відкритими поздовжніми ребрами повинні відповідати параметрам, наданим на рисунку М.1 і в таблиці М.2.



**Рисунок М.1 – Автомобільні плити. Відкрите ребро**

**М.1.5** Ортоотропні плити під рух автомобільного транспорту з замкненими поздовжніми ребрами повинні відповідати параметрам, наданим на рисунку М.2 і в таблиці Таблиця М.2.

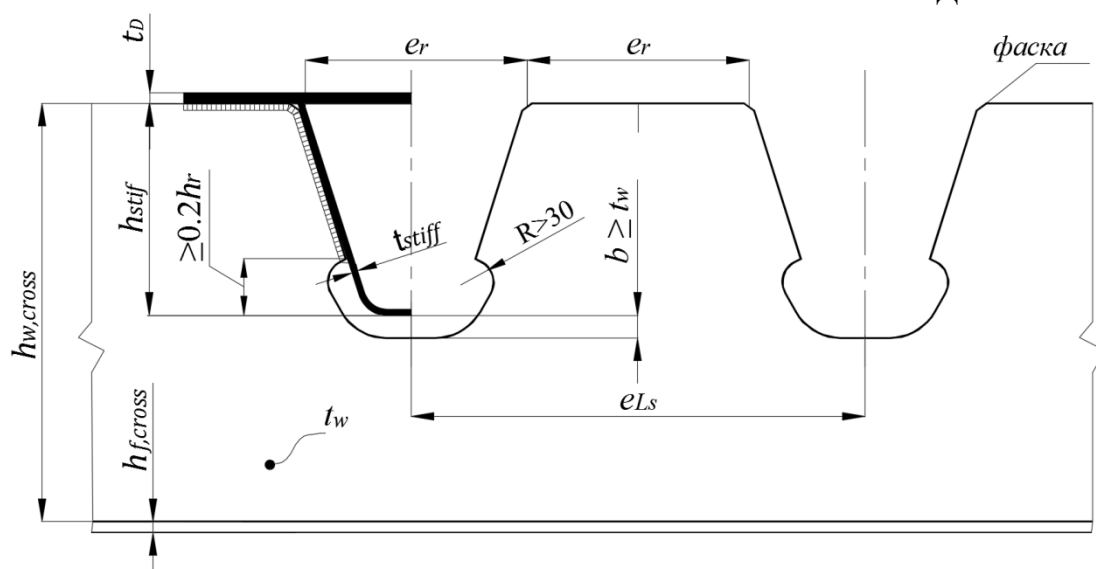


Рисунок М.2 – Автомобільні плити. Замкнене ребро

Таблиця М.1 – Товщина покриття і настилу плит під автомобільне навантаження

№№	Параметр	Символ	Тонке полімерне	Асфальт	Асфальт
1	Товщина покриття проїзду, мм	$h_s$	6–10	40–60	$\geq 80$
2	Товщина листа настилу, мм	$t_D$	$\geq 16$	$\geq 16$	$\geq 14$

Таблиця М.2 – Параметри плит під автомобільне навантаження

Параметри	Відкриті ребра	Замкнені ребра
Товщина листа настилу, $t_D$	$t_D \geq 14$	
Відстань між ребрами $e_{Ls}$	$e_{Ls} \leq 300$	$e_{Ls} \leq 600$
Відстань між стінками ребер $e_r$	$e_r \leq 300$	
Висота ребра $h_{stiff}$	$h_{stiff} \approx 200$	$h_{stiff} \approx 300$
Відстань між поперечними балками $l$	$l \leq 3000$	$l \leq 6000$
Висота стінки поперечних балок $h_{cross}$	$h_{cross} \geq 2 \cdot h_{stiff}$	
Товщина ребра $t_{stiff}$	$t_{stiff} \geq 12$	$6 \leq t_{stiff} \leq 10$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 12$	
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 12$	

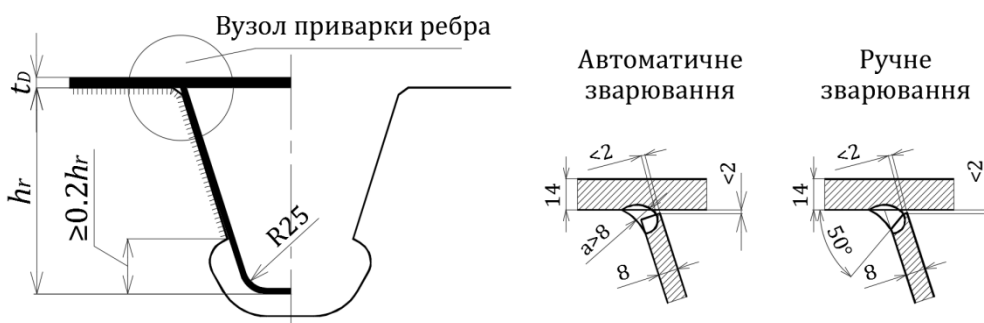
**М.1.7** Як поздовжні ребра в ортотропних плитах слід використовувати два типи перерізів ребер: штабові і замкнені – трапецієподібного перерізу.

Використовувати ребра інших перерізів допускається при відповідному обґрунтуванні.

**М.1.8** Поперечні балки повинні мати тавровий переріз. У стінках рядових поперечних балок мають бути утворені вирізи в стінках, для пропуску поздовжніх ребер, форма яких надана на рисунках **М.1** і **М.2**.

**М.1.9** Поздовжні ребра слід приварювати з повним проплавленням до стінок крайніх поперечних балок (без вирізів), а відстань між рядовою і крайньою балку зменшувати до 60 % від рядових відстаней.

**М.1.10** Особлива увага має бути приділена якості шву приварення ребра до листа настилу. На заводі шов виконується при допомозі автоматичного зварювання без розділки кромки, при цьому, переріз шва має бути не менше товщини ребра і забезпечувати повне проплавлення. При ручному зваренні «в стелю» при збиранні плит має бути виконана розділка кромки. При обох типах зварювання непровар  $\leq 2$  мм.



**Рисунок М.3** – Шов приварки замкненого ребра до листа настилу.

**Таблиця М.3** – Механізм появи тріщин втомленості

	<p>поява тріщини з внутрішнього боку ребра в корені шва</p>
	<p>поява тріщини з зовнішнього боку ребра в п'яті шва</p>

Поява тріщин втомленості найбільш вірогідна в місці однобічного зварного з'єднання замкненого поздовжнього ребра до листа настилу. Механізм появи тріщин втомленості в цих місцях показаний в таблиці М.3.

**М.1.11** Слід обмежити товщину ребра і пов'язати її з товщиною листа настилу за схемою:

- для товщини ребра – 6 мм – мінімальна товщина листу настилу 12 мм;
- для товщини ребра – 8 мм – мінімальна товщина листу настилу 14 мм;
- для товщини ребра – 10 мм – мінімальна товщина листу настилу 16 мм.

## М.2 ОРТОТРОПНІ ПЛИТИ ПІШОХІДНИХ МОСТІВ.

### КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ

**М.2.1** Ортоотропні плити під рух пішоходів і одиночний проїзд автомобілю повинні мати параметри, що надані в таблиці М.4.

**Таблиця М.4** – Параметри плит під пішохідне навантаження

Параметри	Відкриті ребра	Замкнені ребра
Товщина листа настилу, $t_D$	$t_D \geq 10$	
Відстань між стінками ребер $e_r$	$e_r \leq 600$	
Висота ребра $h_{stiff}$	за розрахунками	
Відстань між поперечними балками $e_{crossb}$	за розрахунками	
Висота стінки поперечних балок $h_{cross}$	$h_{cross} \geq 1,8 \cdot h_{stiff}$	
Товщина ребра $t_{stiff}$	$t_{stiff} \geq 10$	$4 \leq t_{stiff} \leq 8$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 8$	
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 8$	

**М.2.2** Ортоотропні плити пішохідних мостів слід розраховувати за міцністю і стійкістю. Розрахунки витривалості виконувати не потрібно.

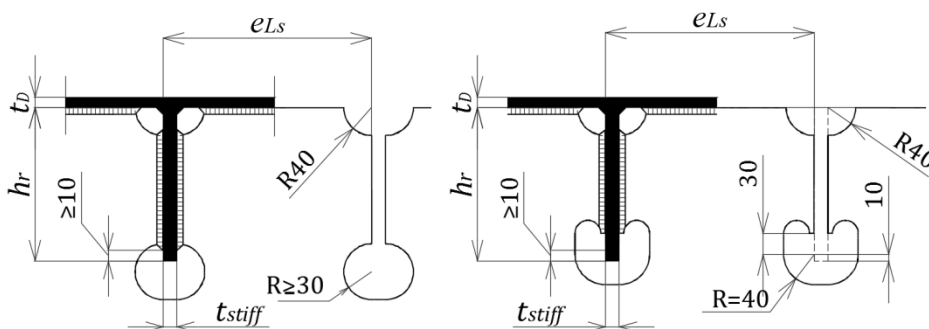
## М.3 ОРТОТРОПНІ ПЛИТИ ПІД РУХ ПОТЯГІВ. КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ

**М.3.1** Ортоотропні плити під рух потягів на баласті слід проектувати, базуючись на перерізах, формах вирізів і відстанях які були отримані

експериментальним шляхом при експлуатації і випробуваннях фрагментів плит на витривалість. Не залежно від наданих параметрів слід виконувати розрахунки перерізів елементів і перерізів швів зварювання.

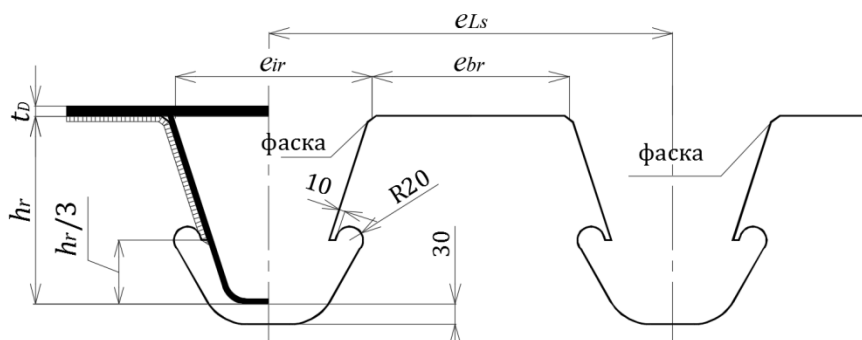
**М.3.2** Розрізняють два типи конструкції плит: а) плити з поздовжніми і поперечними ребрами; б) плити з поперечними ребрами.

**М.3.3** Ортоотропні плити під рух потягів на баласті з відкритими поздовжніми ребрами повинні відповідати параметрам, наданим на рисунку **М.4** і в таблиці М.4.



**Рисунок М.4** – Залізничні плити. Відкрите ребро

**М.3.4** Ортоотропні плити під рух потягів на баласті з замкненими поздовжніми ребрами повинні відповідати параметрам, наданим на рисунку **М.5** і в таблиці М.5.



**Рисунок М.5** – Залізничні плити. Замкнене ребро

**М.3.6** Як поздовжні ребра в ортоотропних плитах слід використовувати два типи перерізів ребер: штабові і замкнені – трапецієподібного перерізу. Допускається при відповідному обґрунтуванні використовувати таврові ребра.

**М.3.7** Поздовжні ребра мають бути підтримані поперечними балками, діафрагмами або напівдіафрагмами. У стінках поперечних ребер мають бути

утворені вирізи в стінках, для пропуску поздовжніх ребер, форма яких надана на рисунках М.4 і М.5.

**Таблиця М.5** – Параметри плит з поздовжніми ребрами під рух потягів на баласті

Параметри	Відкриті ребра	Замкнені ребра
Товщина листа настилу, $t_D$	$t_D \geq 14$	
Відстань між ребрами $e_{Ls}$	$e_{Ls} \approx 400$	$600 \leq e_{Ls} \leq 900$
Відстань від крайнього ребра $e_E$	$e_E \geq e_{Ls}$	
Відстань між поперечними балками $e_{crossb}$	$l \leq 2700$	$2500 \leq l \leq 3500$
Відношення висоти ребер до висоти балок $h_{stiff} / h_{cross}$	$h_{stiff} / h_{cross} \leq 0,5$	$h_{stiff} / h_{cross} \leq 0,4$
Товщина ребра $t_{stiff}$	$t_{stiff} \geq 12$	$6 \leq t_{stiff} \leq 10$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 12$	$12 \leq t_{w,cross} \leq 20$
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 10$	

**М.3.8** Поздовжні ребра слід приварювати з повним проплавленням до стінок крайніх поперечних балок (без вирізів), а відстань між рядовою і крайньою балку зменшувати до 60% від рядових відстаней.

**М.3.9** Параметри для плит без поздовжніх ребер, надані в таблиці М.6.

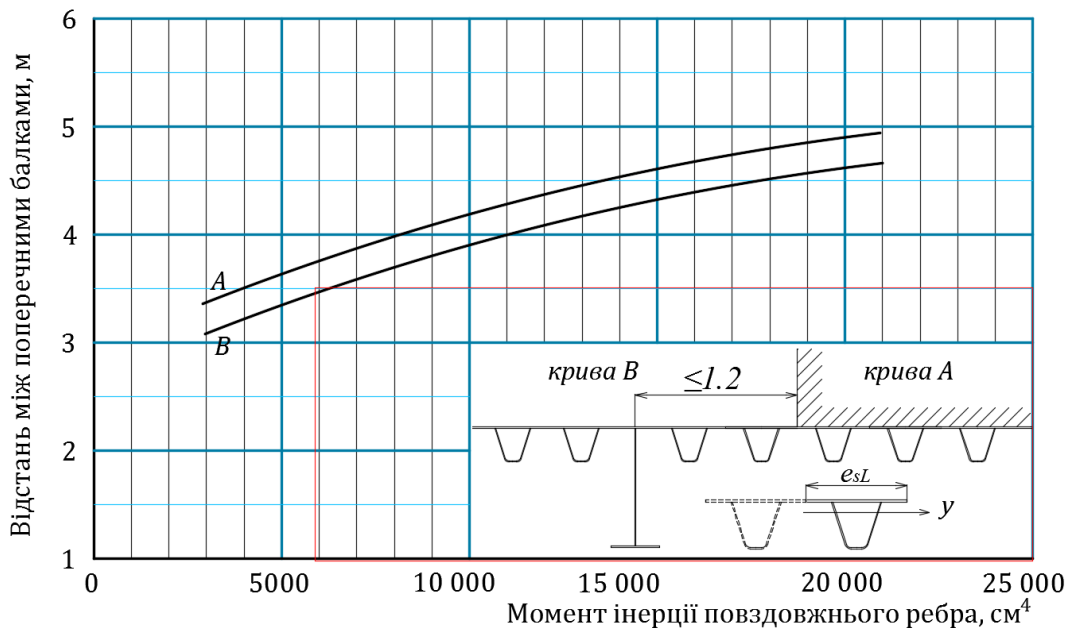
**М.3.11** Розрахунки плит без поздовжніх ребер і поперечних перерізів головних балок мають бути виконані з використанням ефективних площ, за рахунок втрати стійкості листа на силу, не підкріпленого ребрами.

**Таблиця М.6** – Параметри плит без поздовжніх ребер під рух потягів на баласті

Параметри	Без поздовжніх ребер
Товщина листа настилу, $t_D$	$t_D \geq 14$
Відстань між поперечними балками, $l$	$l \approx 700$
Відстань до крайньої поперечної балки, $e_E$	$e_E \leq 400$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 10$
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 10$

**М.3.12** Конструкції ортотропних плит для їзди потягів по баласту за діючими типовими проектами можуть бути застосовані при новому будівництві. При цьому, рекомендується перед застосуванням конструкції виконати перевірку витривалості вузлів плити відповідно до додатку К.

**М.3.13** Оцінку жорсткості поздовжнього ребра допускається виконувати користуючись графіком, наданим на рисунку **М.6**.



**Рисунок М.6** – Графік оцінки жорсткості ребр на згин

## М.4 РОЗРАХУНКИ ПЛИТ ПІД АВТОМОБІЛЬНИЙ РУХ

### М.4.1 Визначення зусиль в плитах

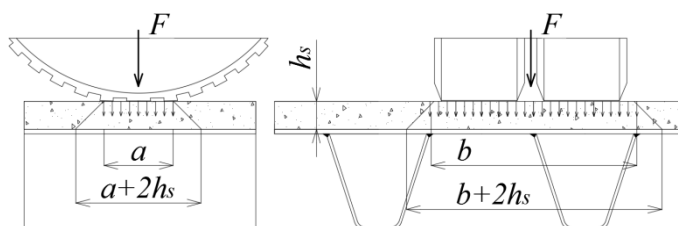
М.4.1.1 Зусилля в перерізах поздовжніх ребер і поперечних балках слід визначати від дії розрахункових локальних і глобальних навантажень для розрахунків міцності і стійкості, та розрахункових локальних навантажень для розрахунків витривалості.

М.4.1.2 Глобальні навантаження, у вигляді нормальних напружень визначаються для отримання найбільшого стиску або розтягу в ребрах для найбільш несприятливої розрахункової ситуації.

М.4.1.3 Як локальне навантаження на плиту слід приймати навантаження від власної ваги і рухомого навантаження. Для тандемів АК і візків НК розподіл сили від колеса слід приймати на площу відбитку  $a \times b$  на поверхні покриття



товщиною  $h_s$ . Розмір відбитку для візка АК становить  $a = 0,2$  м і  $b = 0,6$  м, а для візка НК,  $a = 0,2$  м і  $b = 0,8$  м.



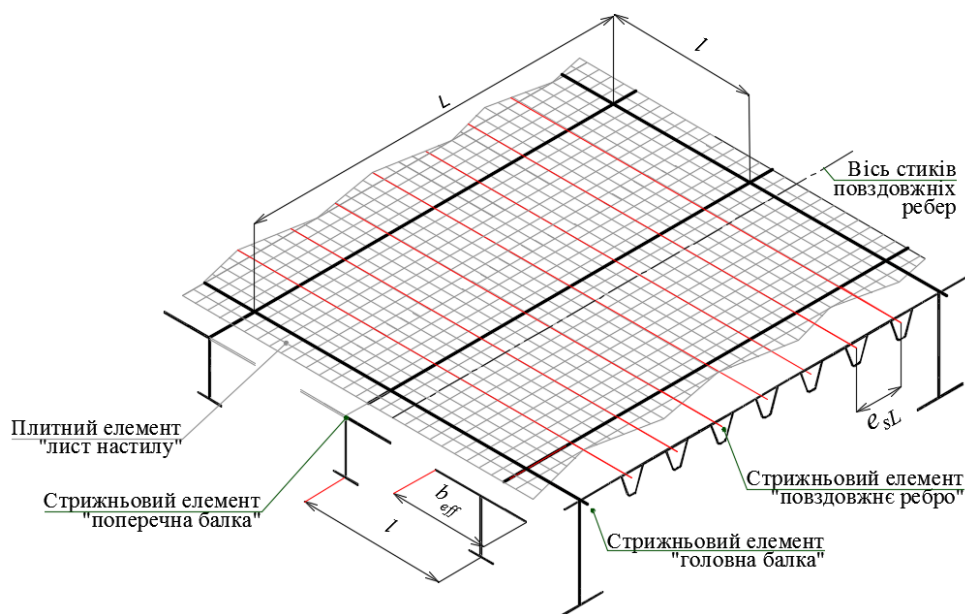
**Рисунок М.7** – Схема розподілу тиску від тиску  $F$  умовного колеса на плиту

М.4.1.4 Зусилля в перерізах поздовжніх ребер і поперечних балок слід знаходити в плитно-стержньових схемах (рисунок **М.8**).

При визначенні жорсткості елементів схеми, в склад поперечного перерізу слід включати ділянку листа настилу певної ширини.

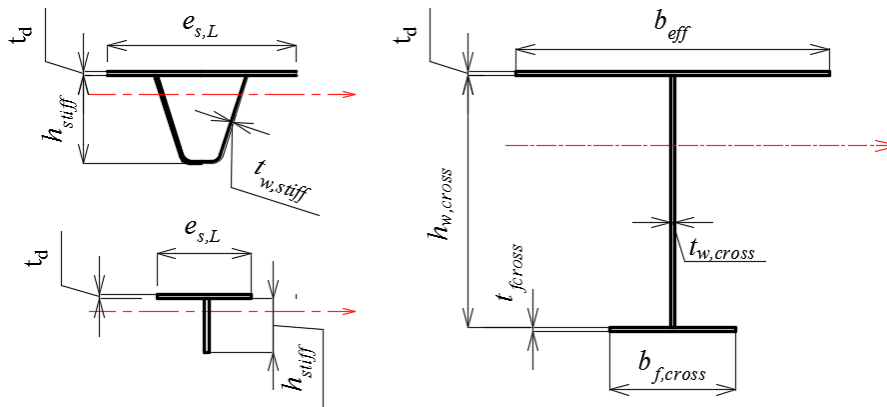
Для поздовжніх ребер ширину поясу слід примати рівною відстані між осями ребер  $e_{sL}$ . Допускається, при визначенні напружень у відкритому ребрі, в склад верхнього поясу включати ширину, що дорівнює  $1,1 \cdot e_{sL}$ .

Розрахункову ширину верхнього поясу поперечної балки  $b_{eff}$  слід примати меншою, ніж відстань між балками  $L$ , за рахунок ефекту запізнення дотичних напружень.



**Рисунок М.8** – Розрахункова схема плити для визначення зусиль

Допускається примати рівною  $b_{eff} = 0,25 \cdot L \leq l$  чверті прогону поперечної балки, або  $b_{eff} = 0,3 \cdot C \leq l$  – для консольної частини балки, де  $L$  – прогін поперечної балки між стінками головних балок (точками обпирання);  $C$  – виліт консолі поперечної балки.



**Рисунок М.9** – Перерізи поздовжніх ребер і поперечних балок. Позначення

Для замкнених поздовжніх ребер слід задавати жорсткість на кручення; при цьому, момент інерції на кручення допускається визначати за формулою:

$$I_T = \frac{4 \cdot A^2}{\sum s_i / t_i}, \quad (\text{М.1})$$

де  $A$  – площа замкненого контуру, утвореного ребром;

$s_i$  – площа замкненого контуру, утвореного ребром;

$t_i$  – товщина  $i$ -того відрізка контуру.

Для відкритих ребер і поперечних балок жорсткість на кручення враховувати не потрібно. У таблиці М.7 позначені знаком «+» необхідні жорсткості для складання розрахункової схеми.

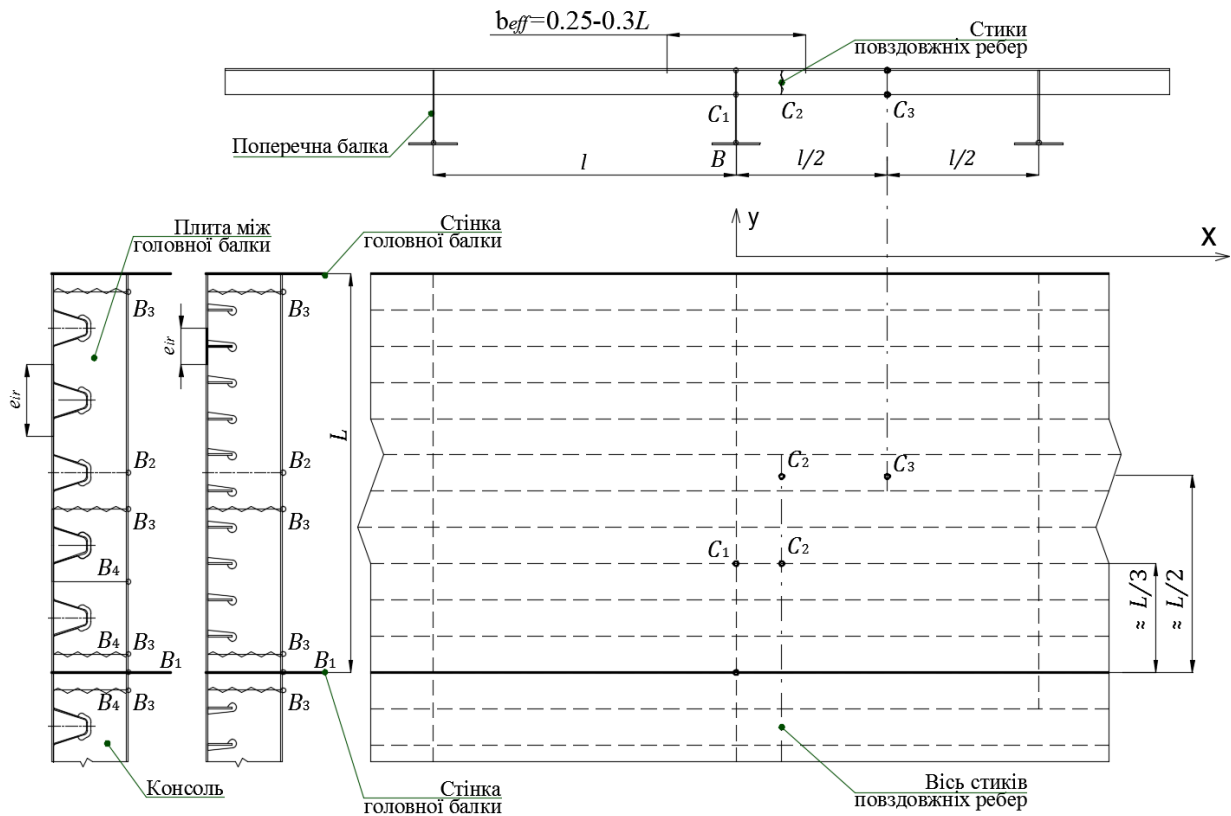
**Таблиця М.7** – Жорсткість для відкритих ребер і поперечних балок

Елементи	Осьова жорсткість $EA$	Згинальна жорсткість $EI$	Жорсткість на кручення $GI_T$
Поздовжнє ребро відкрите	+	+	–
Поздовжнє ребро замкнене	+	+	+
Поперечна балка	+	+	–
Лист настилу	плитний елемент з товщиною листа настилу		

М.4.1.5 Характерні зусилля від дії локальних навантажень слід визначати для перерізів поздовжніх ребер і поперечних балок, що надані на рисунку **М.10** і в таблиці **М.8**. Крім обов'язкових екстремальних значень згинальних моментів  $M_{x,\min}^{\max}$ , або поперечних сил  $Q_{\max}$ , можуть бути враховані відповідні значення інших компонентів зусиль  $Q_{rel}$ ,  $M_{rel}$  і  $N_{rel}$  якщо вони впливають на результат проектування.

**Таблиця М.8** – Характерні розрахункові точки плити.

Точка	Потрібні для розрахунків зусилля в перерізах			Відповідні розрахунки
Поздовжні ребра				
$C_1$	$M_{y,\min}$	$Q_{rel}$	$N_{x,rel}$	Розрахунки стиснутих зон ребер
$C_2$	$M_{y,\min}^{\max}$	–	–	Розрахунки витривалості в стиках
$C_3$	$M_{y,\max}$	–	$N_{x,rel}$	Розрахунки розтягнутих зон ребер
Поперечна балка				
$B_1$	$M_{x,\min}$	$Q_{rel}$	$N_{y,rel}$	Розрахунки примикання до стінки.
$B_2$	$M_{x,\max}$	–	$N_{y,rel}$	Нижній пояс розтягнутий.
$B_3$	$M_{x,\min}^{\max}$	$Q_{\max}$	$N_{y,rel}$	Розрахунки стиків.
$B_4$	$M_{x,rel}$	$Q_{\max}$	$N_{y,rel}$	Розрахунки стінки балки між ребрами.
У таблиці позначено: нижній індекс “rel” – означає відповідне значення				



**Рисунок М.10** – Схема до розрахунку плит

М.4.1.6 Типи розрахунків ортотропних плит із застосуванням метода МКЕ, де в розрахункових схемах врахована геометрична нелінійність та недосконалість виготовлення плит мають, як правило, використовуватися тільки для дослідження напруженого стану і надані в таблиці М.9

**Таблиця М.9** – Характерні розрахункові точки плити

№	Геометрична нелінійність	Недосконалість виготовлення	Приклад використання
1	Ні	Ні	Розподіл нормальних напружень по ширині плити від її роботи з головними балками
2	Ні	Ні	Розрахунки напружень в плиті від місцевого навантаження
3	Так	Ні	Розрахунки напружень зігнуто-стиснутою плити за деформованими схемами та розрахунки стійкості плити
4	Так	Так	Розрахунки напружень стиснутою плити за деформованими схемами та розрахунки стійкості плити

#### М.4.2 Розрахунки міцності поздовжніх ребер плит

М.4.2.1 При розрахунках міцності поздовжніх ребер від сумісної дії глобальних і локальних впливів правила оцінки міцності ребер розрізняються. Якщо нижня кромка ребра стиснута, то сумарні напруження вздовж ребра слід обмежити опором текучості в крайній фібрі. Якщо кромка розтягнута, то допускається поява обмежених, значенням 0,0025, пластичних деформацій. Розрахунки міцності нижньої кромки ребра слід перевіряти за формулою:

$$\sigma_x \leq 1,4 \cdot R_{yn} \cdot m, \text{ нижня кромка розтягнута} \quad (\text{М.2})$$

$$\sigma_x \leq R_{yn} \cdot m, \text{ нижня кромка стиснута} \quad (\text{М.3})$$

де  $\sigma_x$  – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень;

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$m$  – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1). Використовується тільки для суміщених автомобільних і під залізницю мостів, за умови, коли глобальні напруження від проїзду потягів, викликають напруження в плиті під автомобільний транспорт більші 50 % від сумарних.

М.4.2.2 Міцність листа настилу в напружених точках за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot R_{yn} \cdot m, \quad (\text{М.4})$$

де  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень в напруженій точці листа настилу.

### М.4.3 Розрахунки міцності стінок поперечних балок плит

М.4.3.1 Порядок розрахунків можна звести до наступної послідовності.

1. Визначення поперечної сили в перерізі поперечної балки в проміжку між ребрами  $Q_k$ .

2. Визначення величини сили зсуву стінки між вирізами для ребер, за формулою:  $V_k = Q_k \cdot S \cdot e_{sl} / I$

де  $Q_k$  – поперечна сила;

$I$  – момент інерції перерізу балки;

$S$  – статичний момент зсуву листа настилу, відносно перерізу А–А;

$e_{sl}$  – відстань між ребрами в осях.

3. Визначення моменту відносно перерізу А–А, за формулою:

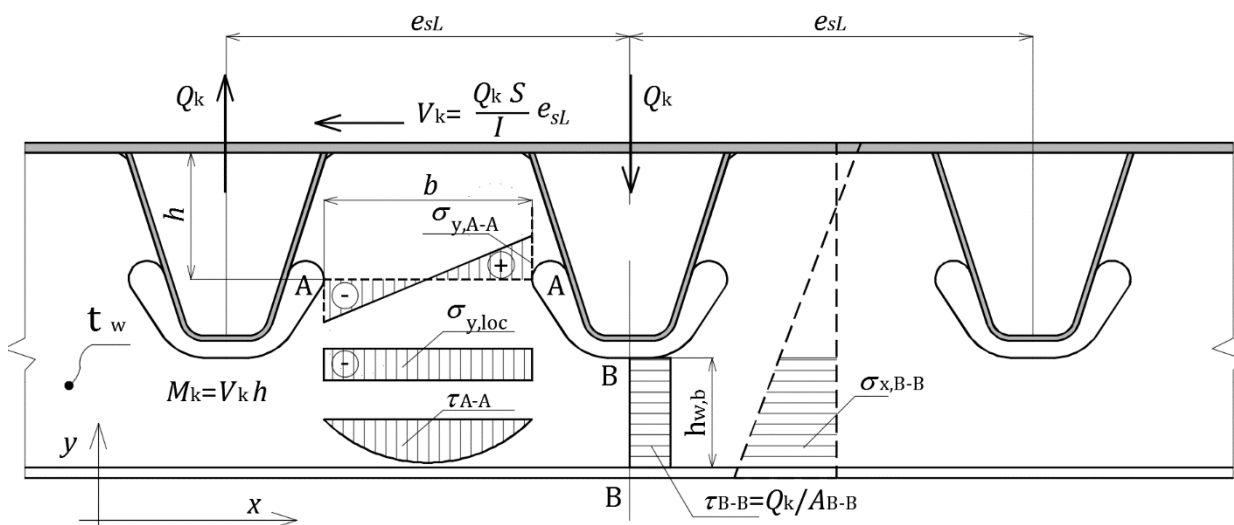
$$M_k = h \cdot V_k,$$

$h$  – плече листа настилу відносно перерізу А–А.

4. Визначення напружень в перерізі А–А, за лінійним законом розподілу напружень:

$$\sigma_{y,A-A} = M_k / W_{A-A},$$

$W_{A-A}$  – момент опору перерізу стінки А–А.



**Рисунок М.11** – Схема до розрахунку стінки поперечної балки

5. При наїзді колеса безпосередньо на стінку поперечної балки між ребрами, до знайдених напружень стиску  $\sigma_y$  слід додати напруження стиску від колеса  $\sigma_{y,loc}$ , які можуть становити:

$$\sigma_{y,loc} = F_{D,loc} / (b \cdot t_w),$$

Де  $F_{D,loc}$  – розрахунковий тиск колеса;

$b$  – ширина перерізу А–А;

$t_w$  – товщина стінки.

До розтягнутої частини епюри додавати напруження стиску  $\sigma_{y,loc}$  не слід.

6. У перерізі А–А слід визначити дотичні напруження  $t_{A-A}$ .

7. У перерізі В–В слід визначити:

– нормальні напруження  $\sigma_y = M_{cross,b} \cdot W_{B-B}$ ; де –  $M_{cross,b}$  згинальний момент в перерізі балки;  $W_{B-B}$  – момент опору в перерізі балки, бруто.

– дотичні напруження  $\tau_{B-B} = Q_k / A_{B-B}$ , де –  $A_{B-B}$  площа стінки в перерізі В–В.

М.4.3.2 Перевірка міцності стінки поперечної балки, листа настилу і стінки поздовжнього ребра ортотропної плити виконуються за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m, \quad (M.5)$$

$$\text{При цьому, } \tau_{A-A} \leq \frac{1,0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m$$

$$\sigma_{y,A-A} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m$$

$$\sigma_{x,B-B} \leq 1,0 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m$$

М.4.3.3 У випадку, коли напруження розтягу від дії сили  $V_k$  становлять

$$\sigma_{y,A-A} \leq \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}}, \text{ допускається розрахунки витривалості для зон вирізів не}$$

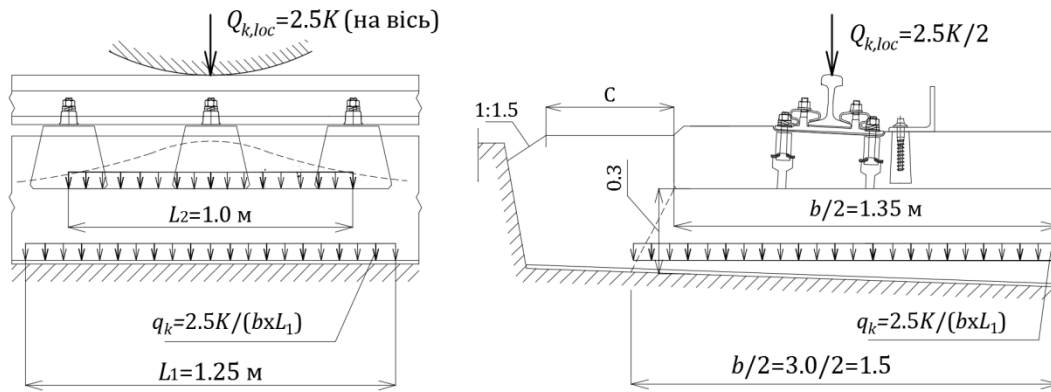
виконувати.

## М.5 РОЗРАХУНКИ ПЛИТ ПІД РУХ ПОТЯГІВ

### М.5.1 Визначення зусиль в плитах

М.5.1.1 Локальне зусилля тиску від навантаження СК становить 2.5К на вісь. Характеристичне навантаження на плиту при розмірах, показаних на рис.П.11 допускається приймати рівним 9,33 т/м<sup>2</sup>.

М.5.1.2 Розрахунки зусиль в перерізах поздовжніх ребер і поперечних балок слід знаходити в плитно-стержньових схемах, так само, як в плитах під рух автомобілів.



**Рисунок М.12** – Розподіл тиску на плиту від осі з тиском 2.5К

М.5.1.3 При влаштуванні колії на баласті найбільші значення згинальних моментів у листі настилу над поздовжніми ребрами слід знаходити в плитно-стержньових схемах. Допускається оцінювати значення згинальних моментів за формулами:

$$\text{у зоні під рейкою } M_y = -0,1 \cdot v \cdot a^2, \quad (\text{М.6})$$

$$\text{у зоні по осі прогонової будови } M_y = -0,08 \cdot v \cdot a^2, \quad (\text{М.7})$$

де  $a$  – відстань між поздовжніми ребрами;

$v = 2 \cdot K$  т/м – навантаження на одиницю довжини колії.

### М.5.2 Розрахунки міцності ортотропних плит

М.5.2.1 Розрахунки міцності поздовжніх ребер і поперечних балок ортотропних плит під потяги залізниці слід виконувати виходячи з пружної роботи для зон стиску і розтягу за формулою:

$$\sigma_x \leq R_{yn} \cdot m, \quad (\text{М.8})$$

де  $\sigma_x$  – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень;

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$m$  – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1).

М.5.2.2 Розрахунки міцності стінок поперечних балок слід виконувати так само, як для плит під автопроїзд.

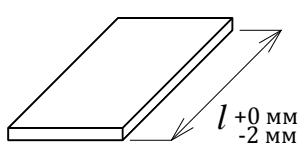
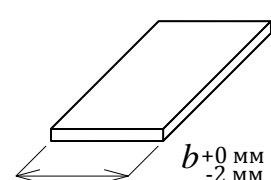

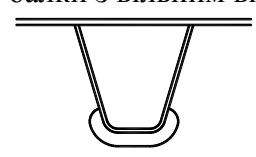


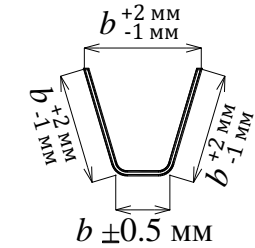
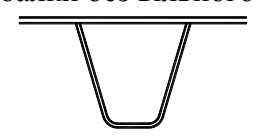
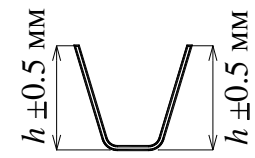
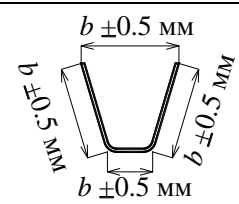
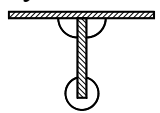
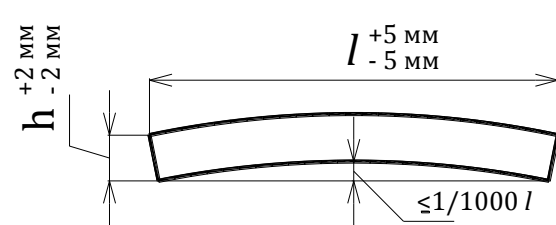
М.5.2.3 Перевірка міцності листа настилу плити для їзди потягів по баласту, виконуються за формулою:



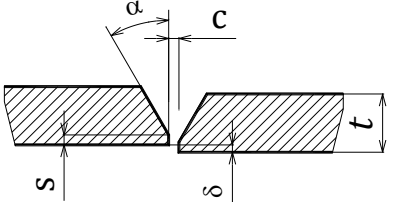
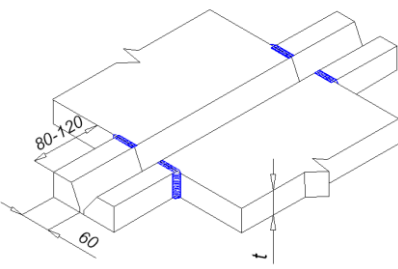
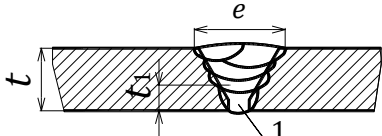
$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m, \quad (M.9)$$

## М.6 ВИМОГИ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ

Таблиця М.10 – Допуски напівфабрикатів

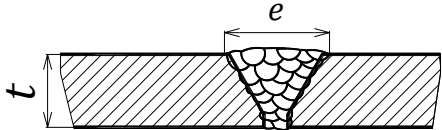
№	Довжина і переріз	Переріз	Прямолінійність
Лист настилу після прокатки і правки на вальцях з врахуванням зварювальних деформацій			
1.1			
Холодно-гнутое поздовжнє ребро $t \geq 6$ мм з радіусом згину $r/t \geq 4$ . Тріщини контролюються візуально на кінцях ребер. Для ребер типу а) і б), якщо геометрія згину не відповідає проекту вирізи в поперечних балках мають компенсувати неточності.			
1,2	а) гнучий профіль для проходу у вирізі стінки поперечної балки з вільним вирізом знизу 		
			
	б) гнучий профіль для проходу у вирізі стінки поперечної балки без вільного вирізу знизу 		
			
Поздовжнє штабове ребро $t \geq 10$ мм приварене до настилу двосторонніми швами			
1,3	Штабове ребро приварене до вирізу з двох боків 		

Таблиця М.11 – Стиковий шов на знімній підкладці

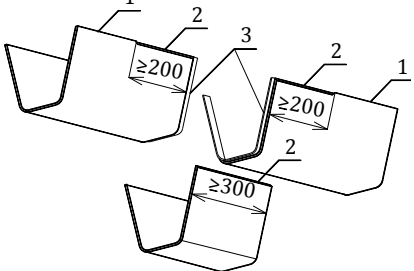
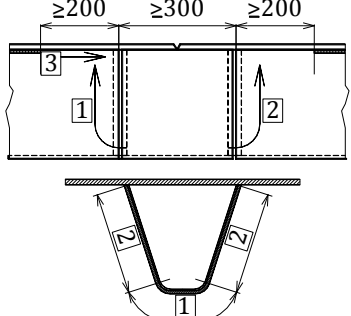
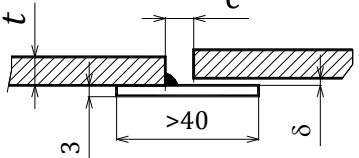
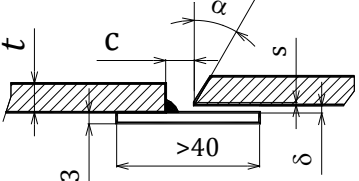
№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
Стикові односторонні шви листів настилу ортотропних плит на знімній підкладці (скло-мідній, або мідній із склотканиною, керамічні), що виконані автоматичним зварюванням під флюсом з ручною або механізованою підваркою кореня шва без послідувочої підкладки.			
2,1	 <p>Параметри  <math>t = 12 - 40</math> мм; <math>a = 30^0 \pm 2^0</math>;  <math>s = 1 \pm 1</math>; <math>c = 5 \pm 1</math> мм; <math>\delta \leq 2</math> мм</p>	Контроль перед зварюванням: 1. Геометрія кромки; 2. Стан кромки (конденсат, пил, масло, корозія, тощо); 3. Щільність установки підкладки	Форми кромки можуть бути змінені на основі розроблених WPS.
2,2		Контроль перед зварюванням:  Те саме, що і для основної конструкції	Вивідні планки, форма яких відповідає формі кромки основної конструкції. Шви приварки планок виконують спочатку з боків а потім зверху з перерізом 2–4 мм.
2,3	 <p>1 – ручна або механізована підварка кореня шва;  при <math>t = 12 - 40</math> мм;  <math>t_1 = 8-10</math> мм.</p>	Шов I категорії. Візуальний і УЗД контроль	Підкладка і режими відповідно до WPS.

Таблиця М.12 – Стикові шви листа настилу на залишковій підкладці

№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
Стикові шви листа настилу на залишковій підкладці, що виконаний механізованим або ручним зварюванням			
3,1	 <p>Параметри, що рекомендуються  <math>t = 12 - 40</math> мм; <math>a = 30^0 \pm 2^0</math>;  <math>s = 1 \pm 1</math>; <math>c = 6 - 8</math> мм; <math>\delta \leq 2</math> мм</p>	Контроль перед зварюванням: 1. Геометрія кромки; 2. Стан кромки (конденсат, пил, масло, корозія, тощо); 3. Щільність установки підкладки і якість кореневого шва.	Зварювання використовується тільки у випадках, коли установка знімних підкладок неможлива. Порядок виконання має бути вказаний в WPS.

3,2		Шов I категорії	
-----	---	-----------------	--

Таблиця М.13 – Шви замкнених поздовжніх ребер

№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
Підготовка перед зварюванням.			
4,1		<p>Контроль перед зварюванням:</p> <p>1 – Кромка для заводського зварювання.</p> <p>2 – Кромка з розділкою для монтажного зварювання.</p> <p>3 – Залишкова підкладка.</p>	Розміри вставки і розпусків можуть бути зменшені на 30% для товщини ребра 6 мм.
4,2		<p>С.1 – стиковий шов вставки ребра</p> <p>С.2 – кутові шви стінок</p> <p>С.3 – кутові шви в стелю.</p> <p>Черговість виконання показані цифрами 1, 2 і 3.</p>	
Стикові шви ребра на залишковій підкладці			
4,3	 <p><math>t = 6 \text{ мм}</math> <math>c \geq 7 \text{ мм}</math> – при механізованому зварюванні;  <math>c \geq 8 \text{ мм}</math> при ручному зварюванні;  <math>\delta \leq 2 \text{ мм}</math></p>	<p>100% ВВК перед і після зварювання. Механічна зачистка після зварювання.</p> <p>Крім того контролюються:</p>	<p>Допуск зварювальників до роботи можливий тільки після атестації на основі зварювання двох зразків.</p> <p>Матеріали, що рекомендуються:</p> <p>1. Метало-порошковий дріт діаметром 1,2–1,6 мм.</p> <p>2. Покриті електроди <math>\phi</math> 3–4 мм.</p>
4,4	 <p><math>t = 6 \text{ мм}</math> <math>c \geq 7 \text{ мм}</math> – при механізованому зварюванні;  <math>c \geq 8 \text{ мм}</math> при ручному зварюванні;  <math>\alpha = 30^\circ</math>; <math>s = 1 \pm 1</math>; <math>\delta \leq 2 \text{ мм}</math>.</p>	<p>1. Кореневий шов підкладки катет 3–3,5 мм</p> <p>2. Зазор між підкладкою і ребром <math>\leq 0,7 \text{ мм}</math>.</p>	

4,5		<p>Число проходів показане для товщини ребра <math>t = 8</math> мм.</p>	
<p>Однобічний кутовий шов приварки стінки ребра до листа настилу</p>			
4.6		<p>100% ВВК (тут і далі Візуально-Вимірювальний Контроль) перед і після зварювання. Кромки I категорії.</p>	<p>Заводські шви виконуються в нижньому положенні автоматичним зварюванням під флюсом. Переріз шва:</p>
4.7		<p>Контроль режимів на основі металографічних досліджень макрошліфів через кожні 500 м заводських швів.</p>	<p>Монтажні шви в зоні стику виконані в напів-стелю. Переріз шва: <math>a \geq s</math></p>
4.8		<p>Переріз шва: <math>a \geq s</math></p>	<p>Тільки для пішохідних зон. Переріз шва: <math>a \geq s</math></p>

Таблиця М.14 – Кутові шви приварки стінки поперечної балки до ребра

№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
5.1		<p>100 % ВВК перед і після зварювання. Кромки I категорії. Зазор <math>g \leq 3</math> мм.</p>	<p>Переріз шва «а» визначається за розрахунком, при цьому: при <math>g \leq 2</math> мм <math>a = a_{nom}</math> при <math>g &gt; 2</math> мм <math>a = a_{nom} + (g - 2)</math></p>
5.2			<p>Переріз шва «а» – за розрахунком. Без розрахунку – «а» слід приймати рівним <math>\frac{1}{2}</math> товщини стінки поперечної балки.</p>
5.3			

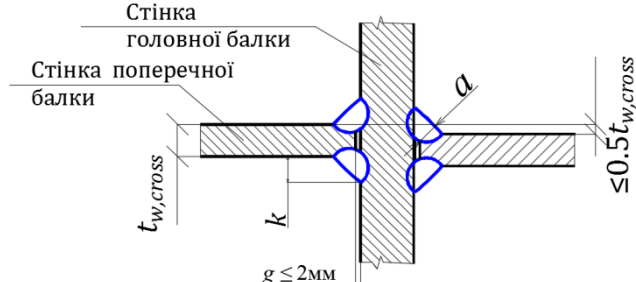
5.4		Для А $g_r \leq 2$ мм Для В $g_r \leq 1$ мм	А) – рекомендується для автомобільного проїзду. В) – рекомендується для руху потягів.
-----	--	--	--

Таблиця М.15 – Стик ребра зі стінкою поперечної балки (без вирізу в стінці)


№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
6.1	<p>Позначено: Зазор <math>g \leq 2</math> мм; Несоосність стінки ребра <math>\delta \leq 2</math> мм</p>	100 % ВВК перед і після зварювання.	Однобічний шов з повним проплавленням без підкладок. Застосовується: 1. Для кінцевої поперечної балки, що примикає до деформаційного шва. 2. Для пішохідних мостів.
6.2	<p>Позначено: несоосність стінки ребра <math>\delta \leq 2</math> мм</p>	Переріз шва “а” не менше товщини ребра.	Однобічний шов з повним проплавленням на залишковій підкладці. Застосовується: 3. Для кінцевої поперечної балки, що примикає до деформаційного шва. 4. Для пішохідних мостів.

Таблиця М.16 – Стик поперечної балки з головною балкою

№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
7.1		100 % ВВК перед і після зварювання. Контролюються зварювальні зазори і співвісність стінок поперечних балок. Розміри і якість	Стики з повним проплавленням.

<p>7.2</p>	 <p>Неспівпадання осей стінок не більше половини товщини поперечної балки.</p>	<p>ШВІВ.</p>	<p>Стики із швами перерізу “а”, які визначаються розрахунком.</p>
------------	---	--------------	---

**Таблиця М.17** – Стикові шви листів настилу ортотропних плит

№	Деталь	Параметри, що контролюються	Примітки
<p>8.1</p>	<p>Виступ зварного шва над поверхнею ортотропного настилу</p>  <p>Основні функціональні допуски не зазначено</p>	<p>Виступ <math>A_r</math> зварного шва відносно поверхні настилу</p>	<p>Дозволений відхил  <math>- A_r = 0</math> мм  <math>+ A_r = 1</math> мм</p>

**Додаток Н**  
**(обов'язковий)**  
**ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ**

**Н.1 РОЗРАХУНКИ ШВІВ**

**Н.1.1** Базовими показниками для розрахунків швів зварювання є характеристичні значення опору текучості і тимчасового опору металу шва  $R_{w,yn}$  і  $R_{w,un}$ <sup>1</sup>. Ці значення надаються в стандартах і в сертифікатах виробника зварювальних матеріалів. Для основних типів стандартизованих зварювальних матеріалів, механічні властивості наплавленого металу надані в таблицях додатку Б.

**Н.1.2** Розрахункові значення опорів зварних з'єднань знаходяться відповідно до таблиці Н.1.

**Н.1.4** Коефіцієнт надійності для розрахунків зварних з'єднань  $\gamma_{M2} = 1,25$  приймається відповідно до таблиці 7.3.

**Н.1.6** Коефіцієнт надійності для стикових і кутових швів на границі сплавлення приймається як для основного металу  $\gamma_{M0}$  відповідно до таблиці 7.3.

**Таблиця Н.1** – Розрахункові значення опорів зварних з'єднань

Зварні з'єднання	Напружений стан		Розрахункові опори зварних з'єднань	№№ формул
Стикові	Стиск, розтяг і згин (приймається як для основного металу)	за границею текучості	$R_{w,y} = R_{yn} / \gamma_{M0}$	(Н.1)
		за тимчасовим опором	$R_{w,u} = R_{un} / \gamma_{M0}$	(Н.2)
		зріз	$R_{w,s} = 0,58 \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}$	(Н.3)
Кутові шви	Зріз (умовний) по металу шва		$R_{w,f} = 0,55 \cdot R_{un} / \gamma_{M2}$	(Н.4)
	Зріз (умовний) по металу границі сплавлення		$R_{w,z} = 0,45 \cdot R_{un} / \gamma_{M0}$	(Н.5)

<sup>1</sup> Індекс w в позначеннях опорів характеризує відношення до зварного з'єднання

**Н.1.8** Міцність металу шва приймається таким чином, щоб розрахунковий опір зрізу по металу шва і по границі сплавлення перевищував розрахунковий опір зрізу основного металу і виконувалися умови:

$$R_{w,f} \geq 0,58 \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (\text{Н.6})$$

$$R_{w,z} \geq 0,58 \cdot R_{un} / \gamma_{M0}. \quad (\text{Н.7})$$

Загалом, такі показники як напруження текучості, тимчасового опору, відносного видовження при розриві та мінімальне значення ударної міцності металу шва має бути рівним або кращим за показники основного металу. Твердість металу швів обмежена 350 одиницями за шкалою Віккерсу (HV). Для кутових швів з катетом 5–7 мм твердість допускається 400 одиниць.

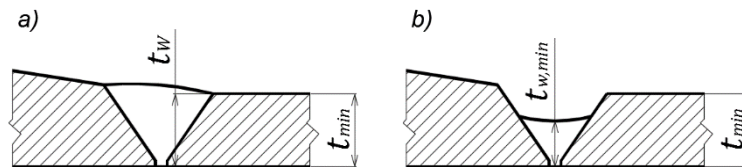
**Н.1.9** Розрахункову висоту перерізу стикових зварних швів необхідно приймати рівною:

– деталей, що зварюються з повним проплавленням,

$$t_w = t_{\min}, \quad (\text{Н.8})$$

– деталей, що зварюються з неповним проплавленням,

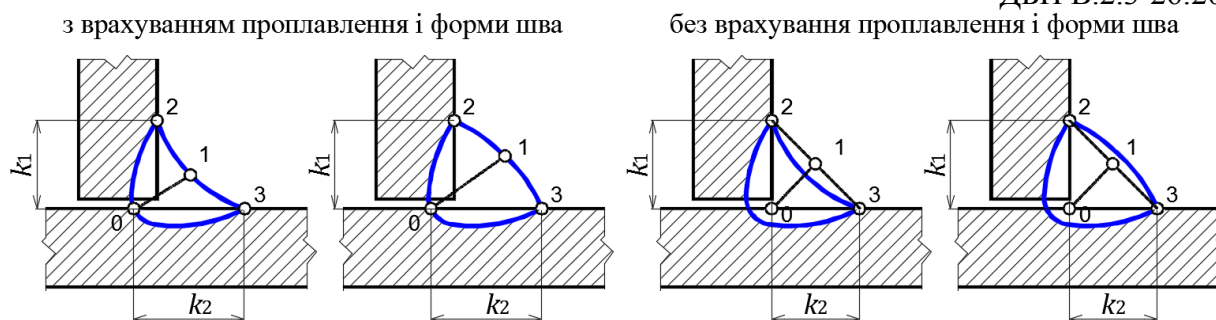
$$t_w = t_{w,\min}. \quad (\text{Н.9})$$



**Рисунок Н.1** – Перерізи стикових швів

**Н.1.10** Геометричні параметри кутових швів залежать від типу зварювання, положення в якому виконується зварювання, режимів зварювання, тощо. Тільки в тому випадку, коли є можливість виміряти переріз швів на мікрошліфах, і технологічні режими зварювання гарантовано незмінні, тоді допускається приймати фізично виміряні розміри швів з врахуванням проплавлення для виконання розрахунків (згідно рисунку **Н.2**).





**Рисунок Н.2** – Характерні розміри кутових швів:

ліворуч – з врахуванням проплавлення; праворуч – без врахування проплавлення

Розрахункові значення перерізів швів слід приймати рівними:

0–1 – по металу шва – мінімальний переріз шва  $a_f$  ;

0–2 або 0–3 – по границі сплавлення з базовим металом  $a_z$  ;

У всіх інших випадках слід знаходити перерізи швів за формулами:

– по металу шва

$$a_f = \beta_f \cdot k_f, \quad (\text{H.10})$$

– по металу границі сплавлення

$$a_z = \beta_z \cdot k_f, \quad (\text{H.11})$$

де  $t_{\min}$  – найменша з товщин деталей, що зварюються;

$t_{w,\min}$  – найменша товщина перерізу стикового шва при зварюванні деталей з неповним проплавленням;

$k_f$  – найменший з катетів кутового шва;

$\beta_f$  і  $\beta_z$  – коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів, за таблиці

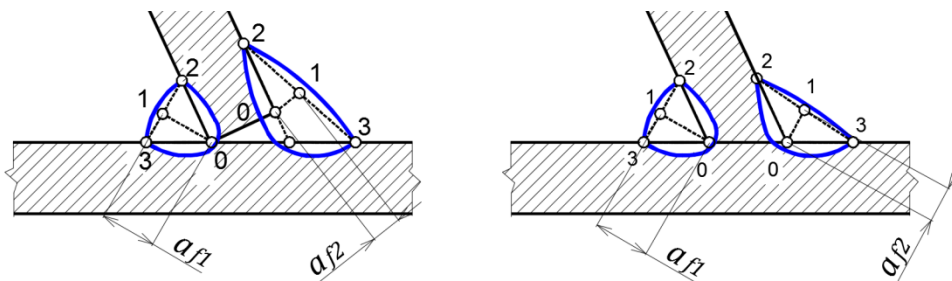
Н.2.

**Таблиця Н.2** – Коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів

Положення шва при зварюванні	Коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів $a_f$ і $a_z$				
	Позначення	при катетах швів $k_f$ , мм			
		3–8	9–12	14–17	$\geq 18$
Автоматичне зварювання під флюсом при діаметрі дроту 3–5 мм					
в човник	$\beta_f$	1,1		0,7	
	$\beta_z$	1,15		1,0	
нижнє	$\beta_f$	1,1	0,9		

	$\beta_z$	1,15	1,05	1,0
Автоматичне та механізоване зварювання при діаметрі дроту 1,4–2 мм				
в човник	$\beta_f$	0,9	0,8	0,7
	$\beta_z$	1,05	1,0	1,0
нижнє	$\beta_f$	0,9	0,8	0,7
	$\beta_z$	1,05	1,0	1,0
Ручне та механізоване дротом суцільного перерізу при діаметрі дроту < 1,4 мм, або порошковим дротом				
всі положення	$\beta_f$	0,7		
	$\beta_z$	1,0		

**Н.1.11** Розрахункові розміри кутових швів  $a_f$ , які виконані під гострими і тупими кутами, слід приймати згідно з рисунком **Н.3**.



**Рисунок Н.3** – Характерні перерізи кутових швів для з'єднань, які виконані під гострими і тупими кутами: ліворуч – кромка перпендикулярна; праворуч – кромка під кутом

**Н.1.12** Розрахунок міцності зварних стикових з'єднань потрібно виконувати за наступних обставин:

– при зварюванні деталей зі сталей різного класу міцності, а також при зварюванні матеріалами, для яких  $R_{w,y} \leq R_y$  (у цих випадках  $R_{w,y}$  має бути зазначене в проекті);

– при наявності викружок або послаблень у зоні стику, якщо

$$l_w \leq b, \text{ або } l_{w,\min} \leq t, \text{ або } A_{w,n} \leq A$$

де  $l_w$  – повна довжина стикового шва;

$b$  і  $t$  – ширина та товщина з'єднуваних деталей;

$A_{w,n}$   $A$  – площа нетто послабленого (наприклад, отворами) перерізу стикового шва і площа брутто (або нетто) перерізу з'єднуваних деталей у зоні стику, відповідно.

**Н.1.13** Розрахунок міцності зварних стикових з'єднань треба виконувати за формулами:

$$\sigma_w \leq R_{w,y} \cdot m, \quad (\text{Н.12})$$

$$\tau_w \leq R_{w,s} \cdot m, \quad (\text{Н.13})$$

$\sigma_w$  і  $\tau_w$  – нормальні і дотичні напруження в будь якій точці зварного шва, відповідно;

$R_{w,y}$  і  $R_{w,s}$  – розрахункові опори зварного шва текучості та зрізу, відповідно. Значення приймаються за таблицею Н.1.

**Н.1.14** Стикові шви зварювання стінок та інших елементів, що зазнають впливу нормальних напружень у двох площинах та зрізу слід виконувати як для основного металу за формулою (7.1) приймаючи  $R_{w,yn} = R_{yn}$ .

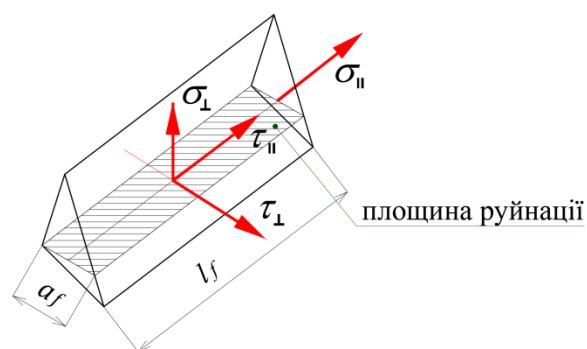
**Н.1.15** Міцність кутових швів зварювання може бути оцінена за формулою:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \beta_f \cdot \frac{m \cdot R_{w,um}}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{Н.14})$$

$R_{w,um}$  – номінальне значення тимчасового опору металу шва;

$\gamma_{M2}$  – коефіцієнт надійності за матеріалом шва = 1,25 (таблиця 7.3):

$\beta_f$  – коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів, за таблицею Н.2.



**Рисунок Н.4** – Напруження в перерізі кутового шва шириною  $a_f$  і довжиною

$l_f$

На рисунку Н.4 показані зрізні і нормальні напруження, які діють в перерізі кутового шва на площі шириною  $a_f$  і довжиною  $l_f$ .

$\tau_{\perp}$  – дотичні напруження в площині перерізу шва перпендикулярно до напрямку шва;

$\tau_{\parallel}$  – дотичні напруження в площині перерізу шва вздовж напрямку шва;

$\sigma_{\perp}$  – нормальні напруження, перпендикулярні до площини руйнації.

Нормальні напруження  $\sigma_{\parallel}$ , які викликають стиск-розтяг шва в напрямку вздовж шва в цілому, не враховуються в розрахунках.

**Н.1.16** Міцність кутових швів допускається перевіряти за спрощеною процедурою без врахування складової від нормального напруження  $\sigma_{\perp}$ , на умовний зріз за двома перерізами (рисунок **Н.2**):

1) переріз металу шва 0–1:

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq m \cdot R_{w,f}, \quad (\text{Н.15})$$

2) переріз в місці сплавлення з основним металом 0–2 або 0–3:

$$\sqrt{\tau_{z,\perp}^2 + \tau_{z,\parallel}^2} \leq m \cdot R_{w,z}. \quad (\text{Н.16})$$

де  $\tau_{z,\perp}$  і  $\tau_{z,\parallel}$  дотичні напруження в площині перерізу шва перпендикулярно до напрямку шва і вздовж шва в місці сплавлення з основним металом.

## Н.2 РОЗРАХУНКИ ШВІВ СКЛАДЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Н.2.1** Зварні шви, що з'єднують окремі листові деталі перерізу складених суцільностінчастих стиснутих елементів слід розраховувати на фіктивну поперечну силу  $Q_{fic}$ , прийняту постійною по всій довжині елемента й визначувати за формулою:

$$Q_{fic} = \frac{\pi \cdot W}{l} \cdot (R_{yn} - \phi \cdot R_y), \quad (\text{Н.17})$$

де  $W$  – момент опору перерізу елемента бруто в площині, що перевіряється, (послаблення листових деталей перфораціями припускається не враховувати);

$l$  – довжина складеного елемента;

$\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього згину при розрахунку стійкості елемента в площині, що перевіряється.

Ті ж зварні шви в стиснуто-зігнутих складених елементах треба розраховувати на поперечну силу  $Q_1$  що дорівнює сумі поперечних сил – умовної  $Q_{fc}$  визначуваної за формулою (Н.17), і фактичної.

Якщо в перерізі складеного елемента існують дві і більше паралельно розташовані листові деталі, то прикріплення кожної з них треба розраховувати на поперечну силу  $Q_i$ , що знаходиться за формулою:

$$Q_i = Q_1 \cdot t_i / \sum_1^n t_i; \quad (\text{Н.18})$$

де  $t_i$  – товщина листової деталі, що кріпиться;

$n$  – число паралельно розташованих листових деталей.

**Н.2.2** При прикріпленні до вузлів головних ферм складених суцільностінчастих елементів, окремі частини перерізу яких безпосередньо не прикріплюються до вузлових фасонки, зварні шви приєднання неприкріпленої частини перерізу до прикріпленої треба розраховувати на передачу зусилля, що припадає на неї, приймаючи при цьому коефіцієнти умов роботи  $m$  такими, що дорівнюють:

$m = 0,8$  – при відношенні площі прикріпленої частини перерізу  $A_v$  до всієї площі перерізу елемента  $A_v/A$  менше 0,6;

$m = 0,9$  – при відношенні  $A_v/A$  понад 0,6 і до 0,8;

$m = 1,0$  – при відношенні  $A_v/A$  понад 0,8.

Розрахункову довжину зварного шва при цьому необхідно приймати такою, що дорівнює довжині перекриття елемента вузловою фасонкою ферми.

Геометричні параметри зварних швів залежать від різновиду зварювання, положення в якому виконується зварювання та режимів зварювання. Якщо при проектуванні конструкції існує можливість виміряти переріз швів на зразках і технологічні режими зварювання є відпрацьованими, то в цьому випадку можна приймати для розрахунків фактичні розміри швів з врахуванням проплавлення.

**Додаток О**

## Додаток П

(довідковий)

## ДЕФОРМАЦІЙНІ ШВИ

## П.1 СТРОК СЛУЖБИ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ШВА

Строк служби деформаційного шва залежить від багатьох факторів, основними з яких є:

- якість проєктування і виготовлення конструкції шва (з врахуванням величини навантажень і кількості циклів навантажень);
- якість установки (монтажу);
- якість експлуатації (заміни деталей і обслуговування).

Виготовлення шва є тільки одним з факторів, що визначає можливість безремонтної експлуатації шва. У разі інтенсивності, що дорівнює 500 000 машин на рік, довговічність швів розділена на чотири категорії, таблиці П.1.

Таблиця П.1 – Довговічність швів при інтенсивності 500 000 машин на рік

Категорія строку служби	Кількість років
1	10
2	15
3	25
4	50

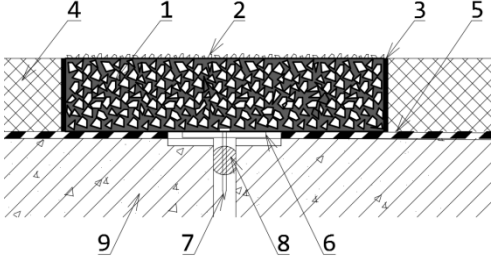
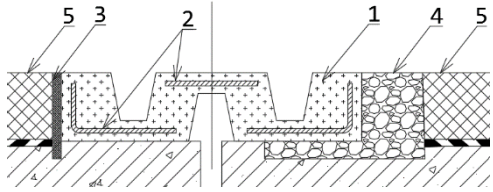
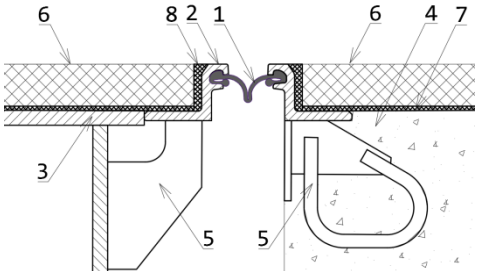
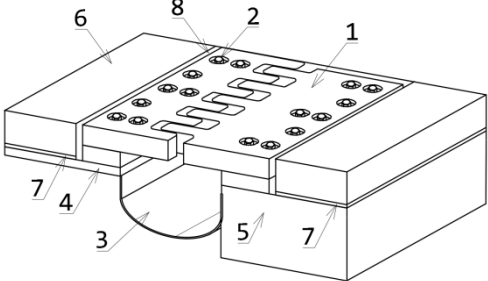
## П.2 ТИПИ І ВИКОРИСТАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ

## П.2.1 Типи і використання деформаційних швів

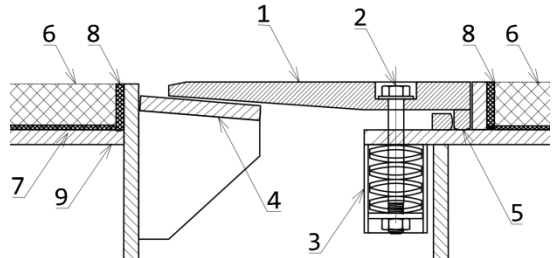
Для сталевих прогонових будов сталевих мостів слід використовувати деформаційні шви під номерами 4, 5 або 7 відповідно до таблиці П.2. Деформаційні шви інших типів можуть використовуватися лише за умови спеціальних обґрунтувань.

Таблиця П.2 – Типи деформаційних швів

ЕТАГ № 032	Схема шва	Типи деформаційних швів
Частина 2	 <p>1 – герметик або мембрана; 2 – армування на поверхні; 3 – герметик на поверхні; 4 –</p>	<p><i>Перекритий деформаційний шов</i> Переміщення до 15 мм. Шов з еластичною мембраною, яка деформується і перекривається матеріалом покриття. Строк служби 10 років.</p>

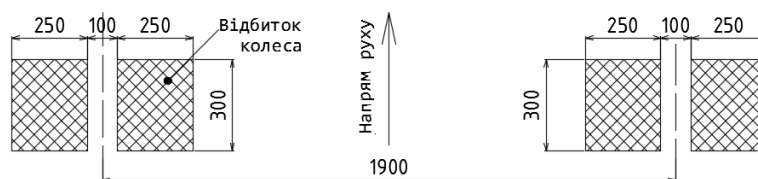
	поверхневий шар; 5 – гідроізоляція плити; 5 – плита моста; 6 – конопачення.	
Частина 3	 <p>1 – пружний матеріал; 2 – поверхнева обробка; 3 – шов з герметиком; 4 – покриття; 5 – гідроізоляція плити; 6 – плита перекриття; 7 – фіксатор; 8 – конопачення; 9 – плита мосту.</p>	<p><i>Гумово-бітумний деформаційний шов</i></p> <p>Переміщення до 25 мм. Шов влаштовується по місцю з бітумного матеріалу з заповненням. Матеріал має велику розтяжність і спирається на металеві елементи для перекриття зазору.</p> <p>Строк служби 10 років.</p>
Частина 5	 <p>1 – пружний матеріал; 2 – арматура; 3 – шов з герметиком; 4 – полімерна заливка; 5 – покриття мосту.</p>	<p><i>Матовий деформаційний шов</i></p> <p>Призначений для компенсації переміщень до 50 мм. Шов має підготовані кромки з обох боків, зазор між якими заповнюється пружним армованим матом, який заповнює проміжок в рівень з поверхнею.</p> <p>Строк служби 10 років.</p>
Частина 4	 <p>1 – гумовий профіль; 2 – носовий профіль; 3 – лист плити; 4 – бетон плити; 5 – елементи анкеріння; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов.</p>	<p><i>Стрічковий деформаційний шов</i></p> <p>Призначений для компенсації переміщень до 80 мм. Шов має підготовані кромки з обох боків, і використовує деформаційні якості армованого пружного матеріалу, що закріплюється до країв мосту.</p> <p>Типи закріплень гуми і типи носових профілів можуть різнитися.</p> <p>Строк служби до 50 років.</p>
Частина 6	 <p>1 – гребінка; 2 – болти закріплення; 3 – лоток водовідводу; 4 – лист настилу; 5 – бетон плити; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов.</p>	<p><i>Консольний деформаційний шов</i></p> <p>Гребінчасті та інші шви які жорстко закріплюються з обох боків від шву і несуть навантаження за схемою консолі.</p> <p>Строк служби до 50 років.</p>



<p>Частина 7</p>	 <p>1 – лист перекриття; 2 – болти закріплення; 3 – стакан з пружиною; 4 – опорний лист; 5 – шарнірна опора; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов; 9 – лист настилу плити.</p>	<p><i>Деформаційний шов з листом перекриття.</i> Шви, що перекриваються елементом, який шарнірно обпертий на одній стороні і ковзає по іншій стороні. Строк служби до 15 років.</p>
<p>Частина 8</p>	 <p>1 – рейка модулю; 2 – гумовий профіль; 3 – елемент ковзання; 4 – траверса; 5 – короб траверси; 6 – бетон плити(опори); 7 – сталевая конструкція; 8 – перехідний шов; 9 – гідроізоляція; 10 – покриття.</p>	<p><i>Модульний деформаційний шов</i> Деформаційні шви, які складаються з окремих балок (модулів) розміщених вздовж шва, і обпертих на балки, що орієнтовані в основному поперек шву. Модулі об'єднані між собою елементами з пружного матеріалу для герметизації шва. Строк служби до 50 років.</p>

### П.3 РОЗРАХУНОК ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ І ЕЛЕМЕНТІВ КРІПЛЕННЯ

**П.3.1** Характеристичне значення вертикальної сили на шов  $Q_{v,k}$  в межах проїзду від дії коліс тандемів слід приймати у вигляді відбитків коліс осі, як показано на рисунку П.1.



**Рисунок П.1** – Відбитки коліс тандему

Сили від дії тандему АК слід приймати у вигляді навантаження на вісь тандему на першій смузі  $Q_{v,k}$

$$Q_{v,k} = Q_{v,1}, \quad (\text{П.1})$$

**П.3.2** Характеристичне значення горизонтальної сили вздовж мосту на шов в межах проїзду коліс тандемів від дії сили тяги/гальмування слід приймати у вигляді ваги одної осі  $Q_{v,1}$  з понижувальним коефіцієнтом  $b_k = 0,4$ .

$$Q_{l,k} = 0,4 \cdot Q_{v,1}, \quad (\text{П.2})$$

**Примітки:**

1. При відповідному обґрунтуванні допускається враховувати другий тандем.
2. Сила може бути прикладена одним колесом, або його частиною.
3. Сили гальмування, що відхиляються від прямолінійного напрямку враховувати не слід.

**П.3.3** Характеристичне значення горизонтальної відцентрової сили поперек мосту на шов в межах проїзду слід приймати у вигляді сили  $Q_{tk}$ , яка дорівнює силі від суми ваги осей тандемів, які розміщуються на шві, помноженій на зменшувальний коефіцієнт 0,2.

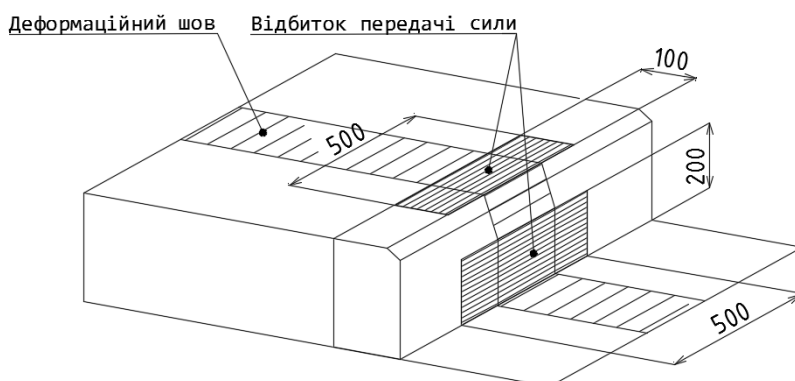
$$Q_{tk} = 0,2 \cdot (Q_{v,1} + Q_{v,2} + Q_{v,3}), \quad (\text{П.3})$$

**П.3.4** Горизонтальні сили від тяги/гальмування і відцентрової сили одночасно не розглядаються.

**П.3.5** С Вертикальні зусилля на шов в зоні тротуару слід приймати у вигляді характеристичної сили 3,5 т на відбитку  $200 \times 200$  мм.

**П.3.6** Характеристичне значення аварійного навантаження, при виїзді автомобіля на тротуар, слід приймати від колеса з відбитком, показаним на рисунку **П.2**, з тиском на вісь  $Q_{t,A} = 10$  т.

**П.3.7** Наїзд на шов в зоні бордюру моделюється двома силами. Характеристичне значення горизонтальної сили в поперечному напрямку на бордюру дорівнює  $F_h = 10$  т на площу  $200 \times 500$  мм; вертикальної сили  $F_v = 5$  т на верх бордюру на площу  $100 \times 500$  мм.



**Рисунок П.2** – Дія аварійного навантаження колеса на бордюру

**П.3.8** Розрахункові комбінації при розкритому і закритому шві слід приймати відповідно до ЕТАГ 032 Частина 1.

**П.3.9** Коефіцієнти надійності і динамічні коефіцієнти до навантажень слід примати відповідно до ДБН В.1.2-15.

**П.3.10** Зусилля, які передаються на опори, від сил тертя і від опору пружних матеріалів в деформаційних швах слід враховувати як навантаження, які діють одночасно з силами тертя в опорних частинах.

Характеристичну силу, що діє на кожний лінійний метр модульного шва від його переміщень слід враховувати за формулою:

$$\text{горизонтальна } F_{h,ej} = (3,5 \cdot n) / l, \text{ КН/м} \quad (\text{П.4})$$

$$\text{вертикальна } F_{v,ej} = (2,0 - (n - 1)) / l, \text{ КН/м} \quad (\text{П.5})$$

$n$  – кількість модулів;

$l$  – відстань між траверсними балками.

## **П.4 ПРОЄКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ**

**П.4.1** Особливості проєктування і експлуатації деформаційного шва, у порівнянні з плитою проїзду мосту наступні:

- елементи шва мають вільно переміщуватися від температурних і транспортних навантажень;
- елементи шва піддані збільшеним динамічним впливам від коліс машин;
- шов є місцем, де збирається бруд і присутня вологість.

Такі особливості вимагають зосередитися на рішенні таких технічних проблем:

- зробити механізм переміщення шва безвідмовним, і таким, що не залежить від технічного стану шва;
- зробити плавний проїзд автомобілю через шов (без поштовхів) за рахунок точності його установки; точкові відхилення між триметровою лінійкою, покладеною поперек шва на поверхню проїзду, не мають перевищувати  $\pm 5$  мм;

– збільшити динамічний коефіцієнт для розрахунків деталей шва і елементів його прикріплення, у порівнянні з плитою мосту; виконати оцінку витривалості елементів шва і його прикріплення до балки мосту;

– створити повну герметичність деформаційного шва;

– посилити захист від корозії, у порівнянні з основними конструкціями мосту.

– для міських мостів слід застосовувати шви із зменшеним рівнем шуму при проїзді транспорту.

**П.4.2** Довговічність деформаційного шву до повної заміни слід приймати відповідно до категорії (таблиці П.1). При виборі типу деформаційного шва слід віддавати перевагу шву з більшою довговічністю. Виробник, при складанні контракту, має вказувати строк роботи шва до його заміни.

**П.4.3** Перелік параметрів, які слід надати на комплектах креслень проекту, що стосуються деформаційних швів:

– геометричні параметри плити в рівні поверхні автомобільного проїзду і тротуарів, в місці розташування деформаційного шва: перерізи по фасаді мосту; переріз поперек мосту; план;

– креслення елементів прикріплення деформаційного шва до прогонової будови або опори мосту: в разі приєднання до сталеві конструкції, розробити комплект креслень КМ, з перерізами швів зварювання елементів кріплення; в разі приєднання до залізобетонної конструкції – комплект креслень КЗ (Конструкції Залізобетонні);

– дані про горизонтальні та кутові переміщення деформаційного шва від монтажних, температурних, сейсмічних і інших навантажень;

– таблиця зазорів в шві, в залежності від температури прогонової будови і настанова, що до виставлення зазорів в шві, при фіксації його сторін до прогонових будов, або до прогонової будови і опори;

зусилля, які виникають в елементах фіксації шва при температурних переміщеннях на стадії монтажних операцій; якщо виробником шва не

надаються відповідні значення зусиль, то слід примати 0,5 т на лінійний метр шва;

– дані про конструкцію примикання покриття проїзду і тротуарів до елементів шва, гідроізоляцію контуру шва і дренаж в комплекті ПЧ (Проїзна Частина).

**П.4.4** Приєднання деформаційних швів до прогонових будов або до прогонової будови і опори може виконуватися з одночасним закріпленням кінців, або з почерговим. При почерговому закріпленні кінців шва роботи виконуються за два етапи:

– на першому етапі виконується зварювання (або бетонування шва) до прогонової без контролю зазорів; інша сторона шва вільна;

– на другому етапі, коли закріплюється друга сторона шва, зазори в шві мають бути виставлені за температурою прогонової будови.

## Додаток Р

### (обов'язковий)

## ОПОРНІ ЧАСТИНИ

### Р.1 ТИПИ ОПОРНИХ ЧАСТИН

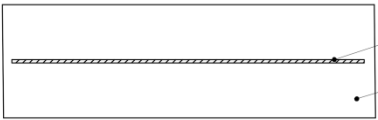
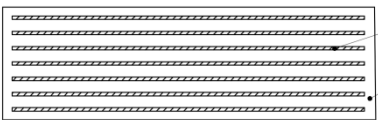
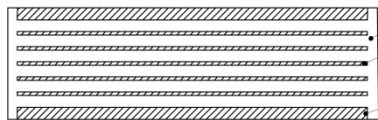
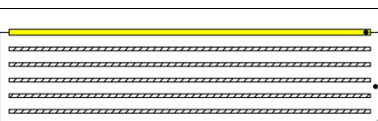
До найбільш поширених типів ОЧ, що застосовуються при проектуванні мостів, відносять гумові армовані, чашкові (різновид пружних опорних частин), сферичні і коткові. Для спеціальних задач, що можуть виникнути при проектуванні, наприклад, для опорних частин, що працюють на розтяг, поглинають сейсмічні впливи, тощо, мають бути застосовані інші типи опорних частин.

#### Р.1.1 Гумові опорні частини

Гумові армовані опорні частини є різновидом пружних опорних частин. Правила проектування гумових опорних частин надаються в ДСТУ Б EN 1337-3.

Розрізняють чотири основних типи А, В, С і D гумових армованих опорних частин (далі ГАОЧ), опис яких наданий в таблиці Р.1.

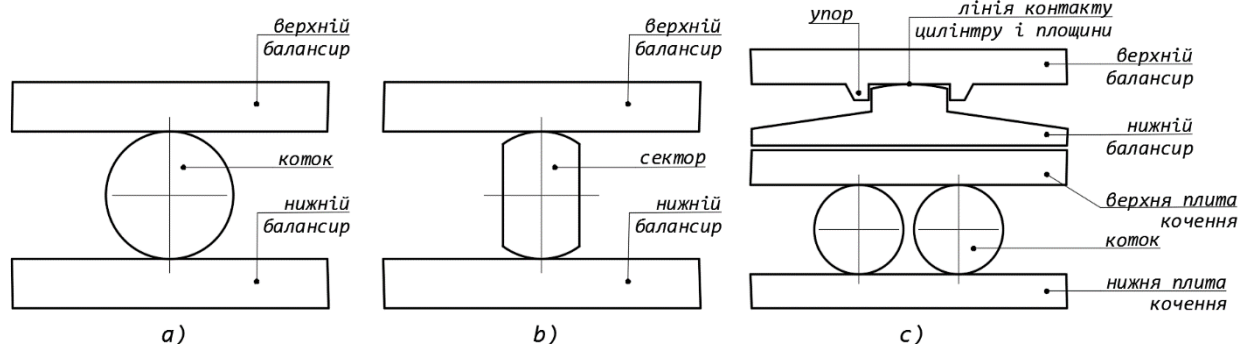
**Таблиця Р.1** – Опис конструкції опорних частин

Типи	Вигляд перерізу	Опис конструкції опорної частини
А		Містить один сталевий лист і рівні по товщині шари гуми.
В		Містить більше одного сталевого листа і зовнішніх шарів гуми
С		Містить більше одного сталевого листа і зовнішні сталеві плити для анкеріння, які завулканізовані у гуму
Д		Те саме, що тип В, але з верхнім листом ковзання товщиною 15 мм завулканізованим у гуму

#### Р.1.2 Коткові опорні частини

Правила проектування коткових опорних частин надаються в ДСТУ Б EN 1337-4. Горизонтальні переміщення опорних частин, показаних на

рисунку **Р.1**, реалізуються за рахунок перекочування циліндричної поверхні по горизонтальній площині балансирів. Кут пороту для однокоткових опорних частин реалізується автоматично, а у випадку розміщення двох, або більше котків для реалізації кута повороту потрібен балансирний пристрій.

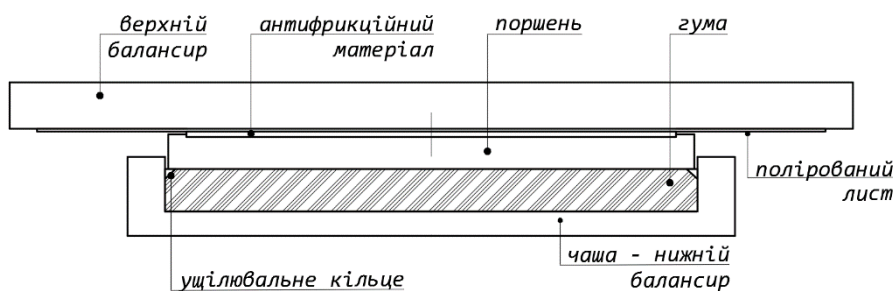


**Рисунок Р.1** – Опорні частини: а) коткові; б) секторні; с) коткові с балансиром.

Правила проєктування балансирних (тангенційних) опорних частин і балансирного пристрою коткових опорних частин надаються в ДСТУ Б EN 1337-6.

### Р.1.3 Чашкові опорні частини

Правила проєктування чашкових опорних частин надаються в ДСТУ Б EN 1337-5. Схема опорних частин показана на рисунку **Р.2**.



**Рисунок Р.2** – Чашкова опорна частина

Горизонтальне переміщення в чашкових опорних частинах реалізується за рахунок застосування антифрикційного матеріалу, мастила і аустенітної полірованої сталі ковзання. Кут повороту в чашкових опорних частинах реалізується за рахунок переміщення гуми в чаші в замкненому об'ємі під поршнем.

### Р.1.4 Сферичні опорні частини

Правила проектування сферичних опорних частин надаються в ДСТУ Б EN 1337-7. Схема опорних частин показана на рисунку Р.3.

Горизонтальне переміщення в сферичних опорних частинах реалізується за рахунок застосування антифрикційного матеріалу, мастила і аустенітної полірованої сталі ковзання. Кут повороту в сферичних опорних частинах реалізується за рахунок ковзання аустенітної полірованої поверхні сфери по антифрикційному матеріалу.

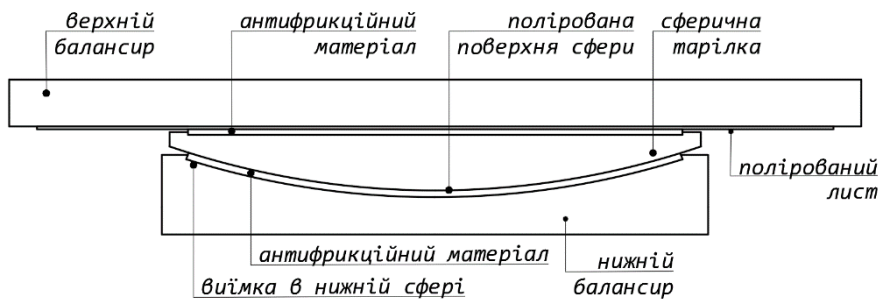


Рисунок Р.3 – Сферична опорна частина

## Р.2 ОПІР ПЕРЕМІЩЕННЮ ОПОРНИХ ЧАСТИН

### Р.2.1 Опір зсуву гумових армованих опорних частин

Горизонтальне переміщення зсуву ГАОЧ на величину  $v_{xy}$  викликає реактивну горизонтальну силу, яка визначається за формулою:

$$R_{xy} = \frac{v_{xy}}{T_c} \cdot A \cdot G \quad (\text{Р.1})$$

де  $R_{xy}$  – горизонтальна сила від зсуву;

$A$  – повна площа ГАОЧ;

$T_e$  – сумарна товщина шарів гуми;

$G$  – слід визначати для найбільш низької температури експлуатації приймаючи модуль зсуву гуми рівним  $3 \cdot G_{23^0}$ ;  $G_{23^0}$  – модуль, що надається виробником для температури  $23^0\text{C}$ .

### Р.2.2 Коефіцієнти тертя для антифрикційних ОЧ



Р.2.2.1 Значення коефіцієнтів тертя залежать від антифрикційного матеріалу, чистоти поверхні полірованого листа, ступені зносу антифрикційного матеріалу, температури, тощо.

Р.2.2.2 Проєктувальник має враховувати 2 фактори:

- температуру ОЧ (приймається температура найбільш холодної п'ятиденки);
- тиск на антифрикційний матеріал (приймається тиск від характеристичних постійних навантажень).

Р.2.2.3 Максимальний коефіцієнт тертя розраховується за формулами, в яких тиск в МПа на антифрикційний матеріал, позначено як  $\sigma_p$ .

Р.2.2.4 Матеріал політетрафторетилен РТФЕ згідно ДСТУ EN 1337-2, хімічна формула  $C_2F_4$  (він також має назву тефлон) є основним антифрикційним матеріалом для опорних частин і має граничний опір стиску 90 МПа. Значення максимального коефіцієнта тертя для змащеної поверхні РТЕ для ковзання по аустенітній полірованій сталі слід прийняти по формулам ДСТУ EN 1337-2:

$$\mu_{\max} = 0,8 / (10 + \sigma_p) \text{ – для температур вище } -5^\circ\text{C}, \quad (\text{P.2})$$

$$\mu_{\max} = 1,2 / (10 + \sigma_p) \text{ – для температур від } -5^\circ\text{C до } -35^\circ\text{C}. \quad (\text{P.3})$$

Р.2.2.5 Матеріал MSM® фірми Maurer має граничний опір стиску 180 МПа. Значення максимального коефіцієнта тертя для змащеної поверхні MSM® для ковзання по аустенітній полірованій сталі слід приймати по формулам:

$$\mu_{\max} = 1,2 / (15 + \sigma_p) \text{ – для температур вище } -5^\circ\text{C}, \quad (\text{P.4})$$

$$\mu_{\max} = 1,6 / (15 + \sigma_p) \text{ – для температур від } -5^\circ\text{C до } -35^\circ\text{C}, \quad (\text{P.5})$$

$$\mu_{\max} = 2,8 / (30 + \sigma_p) \text{ – для температур від } -35^\circ\text{C до } -50^\circ\text{C}. \quad (\text{P.6})$$

MSM, або Maurer Sliding Material різновид ультра-високо молекулярного поліетилену (ultra-high molecular polyethylene UHMWPE) модифікованого різними добавками з покращеними характеристиками ковзання не охоплений

ДБН В.2.3-26:202Х

стандартом ДСТУ EN 1337, але має Європейський Технічний Сертифікат ETA 06/0131. Безремонтний строк експлуатації матеріалу MSM в опорних частинах фірми Маурер становить 50 років.

Р.2.2.6 Збільшення тиску на матеріал ковзання, призводить до зменшення коефіцієнта тертя. Тиск  $\sigma_p$  в формулах (Р.2) – (Р.6) – це тиск від характеристичного навантаження власною вагою, з врахуванням (або без) впливів від усадки і повзучості.

Для автомобільних мостів допускається приймати наступний рівень навантажень від ваги прогонових будов, в частках від розрахунковий максимальних:

- для залізобетонних – 60 – 65 %;
- для сталезалізобетонних – 45 – 55 %;
- для сталевих – 34 – 45 %.

Для залізничних прогонових будов тиск  $\sigma_p$  має бути оцінений розрахунком.

### Р.2.3 Коефіцієнти тертя для каткових і балансирних опорних частин

Для коткових і секторних опорних частин коефіцієнти тертя майже нульові, але за умови відповідної твердості поверхонь, деформацій в межах пружності, відсутності корозії і забруднення. В практичних умовах, експлуатація виконується при певному забрудненні, що створює опір коченню. Розрахункові значення максимальних коефіцієнтів тертя

для коткових опорних частин –  $\mu_{\max} = 0,05$ ;

для опорних частин, що качаються і для підвісів –  $\mu_{\max} = 0,02$ ;

для балансирних (тангенційних) –  $\mu_{\max} = 0,40$ .

Для коткових опорних частин при застосуванні сталі твердості  $\geq 300$  НV, розрахунковий коефіцієнт тертя допускається знижувати до  $\mu_{\max} = 0,02$ , але при умові гарантії належної експлуатації.

### Р.2.4 Оцінка величини коефіцієнтів тертя для групи ОЧ

Р.2.4.1 До одної групи ОЧ слід відносити такі, що мають однакову конструкції та матеріали і однаковий напрямок переміщень.

Р.2.4.2 Якщо ОЧ встановлені таким чином що сили тертя в одних опорних частинах частково компенсуються силами тертя в інших ОЧ, то коефіцієнти тертя мають бути прийняті наступним чином:  $\mu_a$  – для основної дії;  $\mu_r$  – для компенсуючої дії.

$$\mu_a = 0,5 \cdot \mu_{\max} (1 + a), \quad (P.7)$$

$$\mu_r = 0,5 \cdot \mu_{\max} (1 - a), \quad (P.8)$$

де  $\mu_a$  – коефіцієнт тертя для несприятливих дій;

$\mu_r$  – коефіцієнт тертя для сприятливих дій;

$\mu_{\max}$  – максимальний коефіцієнт тертя (дивись розділ Р.2.2);

$a$  – коефіцієнт.

Коефіцієнт "a" слід знаходити:

– для опорних частин ковзання згідно таблиці Р.2.

– для опорних частин кочення згідно таблиці Р.3.

– для гумових армованих опорних частин слід приймати  $\mu_a = \mu_r = \mu_{\max}$  ;

при цьому, всі опорні частини на споруду мають бути виготовлені з гуми одної марки.

**Таблиця Р.2** – Коефіцієнт  $a$  для опорних частин ковзання

Число ОЧ в групі, $n$	Коефіцієнт $a$
$\leq 4$	1
$4 < n < 10$	$a = (16 - n)/12$
$\geq 10$	0,5

**Таблиця Р.3** – Коефіцієнт  $a$  для опорних частин кочення

Число ОЧ в групі, $n$	Коефіцієнт $a$
$\leq 4$	1
$4 < n < 10$	$a = (12 - n)/8$
$\geq 10$	0,25

## Р.3 ЗАКРІПЛЕННЯ ОПОРНИХ ЧАСТИН

**Р.3.1** Анкерування (закріплення) опорних частин до опор та прогонових будов слід проектувати за розрахунками 1 групи граничних станів. Тертя, що

виникає на контактi опорної частини з опорами та прогоновими будовами, має бути враховане, крім вказаного в (Р.3.1.3).

$$F_{xy,Ed} \leq F_{xy,Rd}, \quad (P.9)$$

$F_{xy,Ed}$  – розрахункове значення сили зсуву, що діє на опорну частину;

$F_{xy,Rd}$  – розрахункове значення опору зсуву опорної частини.

$$F_{xy,Rd} = F_{z,Ed} \frac{\mu_k}{\gamma_\mu} + F_{xy,a,Rd}, \quad (P.10)$$

$F_{z,Ed}$  – мінімальне розрахункове значення опорної реакції;

$F_{xy,a,Rd}$  – розрахункове значення опору деталей анкеріння опорної частини в горизонтальній площині;

$\mu_k$  – характеристичне значення коефіцієнта тертя на контактi з опорною частиною;

$\gamma_\mu$  – значення коефіцієнтів надійності для тертя може бути прийнято рівним:

= 1,25 – на контактi сталі по бетону;

= 2,0 – на контактi сталі по сталі.

**Таблиця Р.4** – Характеристичні значення коефіцієнтів тертя

Стан поверхні сталевих компонентів	Сталь по сталі	Сталь по бетону
Непокрита сталь вільна від олії	0,4	0,6
Металеві розпилені покриття		
Покриття з цинк-силікату		
Інша поверхня	На основі тесту	На основі тесту

Р.3.1.2 При динамічних навантаженнях мінімальне значення  $F_{z,Ed}$  слід знаходити з врахуванням всіх можливих динамічних варіацій трафіку.

Р.3.1.3 Для залізничних мостів, та для мостів розташованих у сейсмічних зонах, слід приймати  $F_{z,Ed} = 0$ .

Р.3.1.4 У випадку, коли анкерні болти або інші пристрої фіксують опорну частину проти будь якого горизонтального переміщення, то вони можуть бути розраховані лише на частину горизонтальної сили, тобто тертя може бути

враховане. У разі, коли анкерні болти поміщені в отвори, що мають люфт, то вони мають бути розраховані на повне горизонтальне зусилля  $F_{xy,Ed}$ .

Р.3.1.5 Слід брати до уваги, що нерухомі опори частини мають можливість переміщень до 2 мм. Такі переміщення не мають враховуватися, якщо вони покращують проєктну ситуацію. Якщо горизонтальну силу сприймає більше ніж одна опорна частина, то можливе переміщення 2 мм повинно братися до уваги при розподілі зусиль між опорними частинами.

### Р.3.2 Закріплення гумових опорних частин

Р.3.2.1 Установка ГАОЧ без додаткового закріплення проти проковзування при мінімальному стиску  $\sigma_{c,d \min} = F_{z,d \min} / A_r \geq 3$  МПа, допускається при умові:

$$F_{xy,d} \leq \mu_e \cdot F_{z,d \min}, \quad (\text{P.11})$$

де  $F_{xy,d}$  – сумарний вектор горизонтальних сил;

$F_{z,d \min}$  – мінімальна вертикальна сила;

$\mu_e$  – коефіцієнт тертя ГАОЧ по поверхні балки або підферменника;

$$\mu_e = 0,1 + 1,5 \cdot K_f / \sigma_m, \quad (\text{P.12})$$

$K_f = 0,6$  – для бетонної поверхні;  $K_f = 0,2$  – для всіх інших поверхонь;

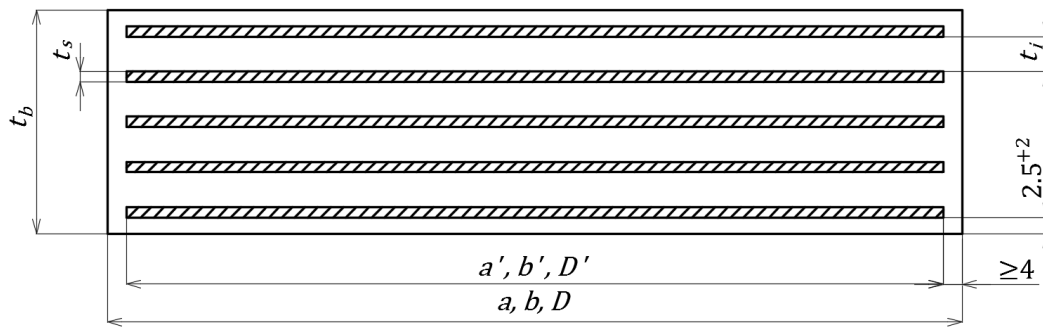
$\sigma_m$  – усереднене значення напружень стиску в МПа, під навантаженням  $F_{z,d \min}$ .

Р.3.1.2 Для опорних частин залізничних мостів, допускаються зменшувати коефіцієнт тертя.

## Р.4 ОСНОВНІ ДАНІ І РОЗРАХУНКИ ОПОРНИХ ЧАСТИН

### Р.4.1 Гумові армовані опорні частини

Р.4.1.1 Найбільш поширений тип ГАОЧ – тип В, може бути застосований для всіх типів мостів (рисунки Р.4).



**Рисунок Р.4 – ГАОЧ типу В. Переріз і позначення розмірів**

Р.4.1.2 ГАОЧ типу А можуть бути застосовані на стадії постійної експлуатації при сейсмічних навантаженнях і стадіях зведення конструкцій, коли потрібно забезпечити великі переміщення.

Р.4.1.3 ГАОЧ, крім типу А, практично не деформуються при стисканні, за рахунок роботи гуми в обоймі між сталевими листами, де гума може сприймати тиск до 30 МПа. При цьому, окремі шари гуми можуть зміщуватися, що забезпечує відносно легкий зсув і поворот. Саме ці типи опорних частин застосовуються на мостах при експлуатації.

Р.4.1.4 У разі отримання сертифікованих ГАОЧ, в яких виробник надає граничне навантаження, граничний тангенс зсуву і кут повороту, проектувальник має також отримати інформацію про довговічність виробу, конструкцію і модулі зсуву гуми в залежності від температури. При цьому, розрахунки ГАОЧ мають бути гарантовано забезпечити виконання перевірок міцності, деформацій і стійкості.

Р.4.1.5 Основні параметри, що використовують для характеристики ГАОЧ і їх позначення надані нижче:

$a, b$  або  $D$  – розміри контуру ГАОЧ в плані вздовж і поперек мосту, або діаметр круглої ГАОЧ; для зменшення опору від повороту слід приймати  $a \leq b$ ;

$a', b'$  або  $D'$  – відповідні розміри сталевих листів;

$t_b$  – висота ГАОЧ;

$t_s$  і  $t_i$  – товщина сталевих листів і товщина проміжних шарів гуми;

$t_e$  – сумарна товщина  $t_i$  проміжних шарів гуми  $+1,4 \cdot t_i$  – для зовнішніх

шарів гуми при їх товщині  $\geq 3$  мм;

$n$  – кількість проміжних шарів гуми;

$F_{z,d}$  – розрахункова вертикальна сила;

$\sigma_{Rd}$  – розрахунковий опір стиску ОЧ; рекомендовані значення:

$\sigma_{Rd} \leq 12$  МПа – для залізничних мостів;

$\sigma_{Rd} \leq 15$  – для всіх інших мостів;

$\tau_{Rd}$  – розрахунковий опір зсуву ОЧ; рекомендовані значення:

$\tau_{Rd} \leq 4$  МПа – для залізничних мостів;

$\tau_{Rd} \leq 5$  МПа – для всіх інших мостів;

$G$  – модуль зсуву гуми ОЧ;

$\nu = 0,5$  – коефіцієнт Пуассона.

Р.4.1.6 Основним параметром, який визначає реактивні зусилля на опори, є показник модулю зсуву  $G$ . Модуль зсуву збільшується із зниженням температури, і для мостів, найбільш несприятливою ситуацією є низька температура. У разі, якщо існує необхідна інформація, то модуль зсуву приймається при температурі найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченість 0,98 для сталевих і сталезалізобетонних прогонових будов і 0,92 для залізобетонних. Інакше, розрахункові значення модулю зсуву  $G$  допускається приймати рівними:

$G=1,0$  МПа – при температурі  $-25^{\circ}\text{C}$ ,

$G=3,0$  МПа – при температурі  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Р.4.1.7 Розрахунковий опір стиску  $\sigma_{Rd}$ , визначений для ефективної площі  $A_r$  (дивись Р.4.1.10), допускається приймати відповідно до таблиці Р.5.

**Таблиця Р.5** – Розрахунковий опір стиску  $\sigma_{Rd}$ , визначений для ефективної площі  $A_r$

Відносна висота ГАОЧ (відносна висота дорівнює відношенню сумарної товщини шарів гуми до меншого розміру ОЧ в плані)	Розрахунковий опір стиску для мостів $\sigma_{Rd}$ , МПа	
	залізничних	всіх інших
$\leq 20$	12	15
0,25	10	15
0,30	8	12,5
0,45	–	7,5

Р.4.1.8 Граничні розрахункові значення тангенсів кутів зсуву допускається приймати відповідно до таблиці Р.6.

**Таблиця Р.6** – Граничні розрахункові значення тангенсів кутів зсуву

Навантаження і впливи	Граничні значення тангенсів кутів зсуву для мостів	
	залізничних	всіх інших
Постійні + температурний вплив (статичні)	0,6	0,7
Тимчасові (динамічні)	0,2	0,3
Статичні + динамічні	0,7	0,9
Сейсмічні (при умові закріпленнь ГАОЧ до балок і опор)	2	2

Р.4.1.9 Правила проєктування і основні перевірки і обмеження до ГАОЧ слід виконувати відповідно до вимог, наданих в ДСТУ Б EN 1337-3. Нижче надані формули для основних проєктних перевірок ГАОЧ, якщо необхідна інформація не надана виробником.

Р.4.1.10 Обмеження нормальних напружень. При перевірці міцності за напруженнями стиску  $\sigma_{c,d}$  від вертикальної сили  $F_{z,d}$  слід, замість повної площі використовувати ефективну площу  $A_r$  і визначати напруження за формулою:

$$\sigma_{c,d} = \frac{F_{z,d}}{A_r} \leq \sigma_{Rd}, \quad (P.13)$$

де  $\sigma_{c,d}$  – розрахункове напруження стиску;

$A_r$  – ефективна площа ГАОЧ знаходиться за формулою:

$$A_r = A_1 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{v_{x,d}}{a'} + \frac{v_{y,d}}{b'} \right) \right], \quad (P.14)$$

$A_1$  – площа сталевого листа з виключенням площі отворів;

$v_{x,d}$  і  $v_{y,d}$  – переміщення вздовж і поперек мосту.

Р.4.1.11 Обмеження дотичних напружень. Перевірка міцності за дотичними напруженнями від дії вертикальних навантажень  $F_{z,d}$  і переміщень горизонтальних  $v_{xy}$  і кута повороту  $a_d$  слід виконувати за формулою:

$$\tau_{c,d} = \tau_{z,d} + \tau_{v,d} + \tau_{a,d} \leq \tau_{Rd}, \quad (P.15)$$



де  $\tau_{z,d} = \frac{1,5 \cdot F_{z,d}}{S \cdot A'}$  – дотичні напруження від вертикальної сили  $F_{z,d}$ ,  $S$  –

коефіцієнт форми: відношення площі гуми під сталевим листом до площі бічних поверхонь;

$\tau_{xy,d} = \frac{v_{xy} \cdot G}{t_e}$  – дотичні напруження від переміщень  $v_{xy}$ ;

$\tau_{a,d} = G \cdot \frac{a_d}{2 \cdot n} \cdot \left( \frac{a'}{t_i} \right)$  – дотичні напруження від кута повороту  $a_d$ ;

$a_d = a_{0,d} + a_{w,d} + m \cdot a_{t,d} + a_i + a_0$  – сумарний кут повороту, рад.

$a_{0,d}$  – початковий кут повороту; допускається приймати = 0,01;

$a_{w,d}$  – кут повороту від постійних навантажень;

$a_{t,d}$  – кут повороту від транспортних навантажень;

$a_i$  – ухил верхньої поверхні відносно підферменника;

$m = 1$  – для автомобільного і  $m = 1,2$  – для залізничного навантаження.

$S$  – коефіцієнт форми: відношення площі гуми під сталевим листом до площі бічних поверхонь  $S = \frac{A_1}{I_p \cdot t_e}$ ;

$I_p$  – периметр сталевих листів з врахуванням отворів;

$t_e$  – ефективна товщина шару гуми; для внутрішніх шарів  $t_e = t_i$ ; для зовнішніх шарів  $t_e = 1,4 \cdot t_i$ .

Р.4.1.12 Обмеження деформацій. Сумарні відносні деформації  $e_{t,d}$  від дії розрахункового навантаження  $E_d$  в будь якій точці ГАОЧ слід визначати за формулою:

$$\varepsilon_{t,d} = K_L \cdot (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{a,q}), \quad (\text{Р.16})$$

$K_L$  – коефіцієнт навантаження  $K_L = 1,5$  – для динамічних навантажень;

$K_L = 1,0$  – для всіх інших навантажень;

$\varepsilon_{c,d}$  – розрахункова деформація розтягу;

ДБН В.2.3-26:202Х

$\varepsilon_{q,d}$  – розрахункова деформація зсуву;

$\varepsilon_{a,q}$  – розрахункова деформація повороту.

Сумарна відносна деформація  $\varepsilon_{t,d}$  не має перевищити граничне значення

$\varepsilon_{u,d}$ :

$$\varepsilon_{u,d} = \varepsilon_{u,k} / \gamma_m \geq \varepsilon_{t,d}, \quad (\text{P.17})$$

$\varepsilon_{u,k} \leq 7$  – максимальне значення для стадії експлуатації;

$\gamma_m = 1$  – коефіцієнт надійності, якщо не передбачено інакше.

Р.4.1.13 Опір переміщенням.

Горизонтальне переміщення зсуву ГАОЧ на величину  $v_{xy}$  викликає реактивну силу, яке визначається за формулою:

$$R_{xy} = \frac{A \cdot G \cdot v_{xy}}{T_e}, \quad (\text{P.18})$$

де  $R_{xy}$  – горизонтальна сила від зсуву;

$A$  – повна площа ГАОЧ;

$T_e$  – сумарна товщина шарів гуми.

Поворот ГАОЧ відносно осі вздовж розміру  $b$  викликає реактивний момент, який слід визначати за формулою:

$$M = G \cdot \frac{a \cdot a'^5 \cdot b'}{n \cdot t_i^3 \cdot K_s}, \quad (\text{P.19})$$

– для прямокутних

$$M = G \cdot \frac{a \cdot \pi \cdot D^6}{512 \cdot n \cdot t_i^3}, \quad (\text{P.20})$$

– для круглих

**Таблиця Р.7** – Коефіцієнти реактивного моменту  $K_s$

$b/a$	0,5	0,75	1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5
$K_s$	137	100	86,2	80,4	79,3	78,4	76,7	75,3
$b/a$	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	10	$\infty$
$K_s$	74,1	73,1	72,2	71,5	70,8	68,3	61,9	60

Р.4.1.14 Вертикальну деформацію ГАОЧ від вертикальної сили  $F_z$  слід визначати як суми деформацій шарів гуми за формулою:

$$v_c = \sum \frac{F_z \cdot t_i}{A'} \cdot \left( \frac{1}{5 \cdot G \cdot S_i^2} + \frac{1}{E_b} \right), \quad (\text{P.21})$$

$S_i$  – коефіцієнт форми шару гуми;

$E_h = 2000$  МПа – значення модуля об'ємної пружності гуми.

Р.4.1.15 Горизонтальну деформацію ГАОЧ від горизонтальної сили  $F_z$  слід визначати як суму деформацій шарів гуми за формулою:

$$v_{xy} = \frac{V_{xy} \cdot T_q}{G \cdot A'}, \quad (\text{P.22})$$

$V_{xy}$  – вектор горизонтальних сил;

$T_q$  – повна товщина всіх шарів гуми (зовнішні включно).

Р.4.1.16 Обмеження висоти ГАОЧ для забезпечення стійкості для прямокутних ОЧ слід перевіряти за формулою:

$$\frac{F_{z,d}}{A_r} < \frac{2 \cdot a' \cdot G \cdot S}{3 \cdot T_e}, \quad (\text{P.23})$$

Для круглих ОЧ,  $a'$  слід приймати як  $D'$ .

## Р.4.2 Коткові опорні частини

Р.4.3.1 Основним типом розрахунків коткових і балансирних опорних частин є перевірка міцності за контактними напруженнями. При розрахунках опорних частин с контактними поверхнями, що обминаються слід користуватися формулами, викладеними нижче.

Р.4.3.2 Розрахунки міцності котка на стиск на контакті циліндру котка з плоскою поверхнею опорної плити, слід застосовувати формулу (P.24):

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (\text{P.24})$$

$N'_{Ed}$  – діюча розрахункова вертикальна сила на одиницю довжини котка;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^2$  – розрахунковий опір на стиск на одиницю довжини котка;

$$N'_{Rd} = 23 \cdot r \cdot R_{un}^2 / E, \quad (\text{P.25})$$

ДБН В.2.3-26:202Х

де  $N'_{Rk}$  – характеристичне значення опору стиску на одиницю довжини котку;

$E$  – модуль деформації;

$R_{un}$  – тимчасовий опір;

$r$  – радіус циліндричної поверхні.

$\gamma_M = 1,0$  – коефіцієнт надійності (рекомендоване значення в EN 1337-4).

Р.4.3.3 Розрахунки міцності на контакті двох сферичних поверхонь на стиск на контакті циліндру котка з площиною опорної плити, слід застосовувати формулу (Р.26):

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}$$

$N'_{Ed}$  – діюча розрахункова вертикальна сила на сферу;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^2$  – розрахунковий опір на сфери на контакті;

$$N'_{Rk} = 220 \cdot \left( \frac{r_1 - r}{r_1 \cdot r} \right) \cdot R_{un}^3 / E^2, \quad (P.26)$$

де  $N'_{Rk}$  – характеристичне значення опору стиску на сфери на контакті;

$E$  – модуль деформації;

$R_{un}$  – тимчасовий опір;

$r$  – радіус опуклої поверхні.

$r_1$  – радіус увігнутої поверхні;

$\gamma_M = 1,0$  – коефіцієнт надійності (рекомендоване значення в EN 1337-4).

Р.4.3.4 Розрахунки міцності на контакті сферичної поверхні на стиск з плоскою поверхнею, слід застосовувати формулу (Р.28):

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}$$

$N'_{Ed}$  – діюча розрахункова вертикальна сила на сферу;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^2$  – розрахунковий опір на сфери на контакті;

$$N'_{Rk} = 220 \cdot r^2 \cdot R_{un}^3 / E^2, \quad (P.27)$$

де  $N'_{Rk}$  – характеристичне значення опору стиску на сфери на контактї;

$E$  – модуль деформації;

$R_{un}$  – тимчасовий опір;

$r$  – радіус опуклої поверхні сфери.

$\gamma_M = 1,0$  – коефіцієнт надійності (рекомендоване значення в EN 1337-4).

Р.4.3.5 Допускається, в запас, виконувати перевірки міцності циліндричної поверхні на контактї з плоскою поверхнею опорної плити, з використанням значення діаметрального стиску  $R_{cd}$ .

Перевірка навантаження на коток виконується за формулою:

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (\text{P.28})$$

$N'_{Ed}$  – діюча розрахункова вертикальна сила на коток;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_{M0}$  – розрахунковий опір котка на стиск;

$$N'_{Rk} = R_{cd,k} \cdot d \cdot l \cdot m, \quad (\text{P.29})$$

де  $R_{cd,k}$  – характеристичне значення опору діаметральному стиску одиниці довжини котка, знаходиться за формулами:

$$R_{cd,k} = 0,025 \cdot R_{un} \text{ при } R_{un} \leq 600, \text{ МПа,}$$

$$R_{cd,k} = \left( 0,025 + 0,042 \cdot 10^{-6} \cdot (R_{un} - 600)^2 \right) \cdot R_{un}, \text{ МПа при } R_{un} > 600, \text{ МПа.}$$

Для литих і кованих виробів значення  $R_{ck}$  надаються в таблицях додатку

Б.

$\gamma_{M0}$  – коефіцієнт надійності (таблиця 7.3).

$d$  – діаметр котка;

$l$  – довжина контакту котка;

$m$  – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1).

## Р.5 УСТАНОВКА ОПОРНИХ ЧАСТИН В ПРОЄКТНЕ ПОЛОЖЕННЯ

Установку опорних частин в проєктне положення слід виконувати відповідно до наданої в кресленнях інформації, користуючись настановами ДСТУ Б EN 1337-11. Допуски на планове і висотне положення опори і підферменника і граничний ексцентриситет осі обпирання відносно осі фундаменту надані в таблиці Р.8.

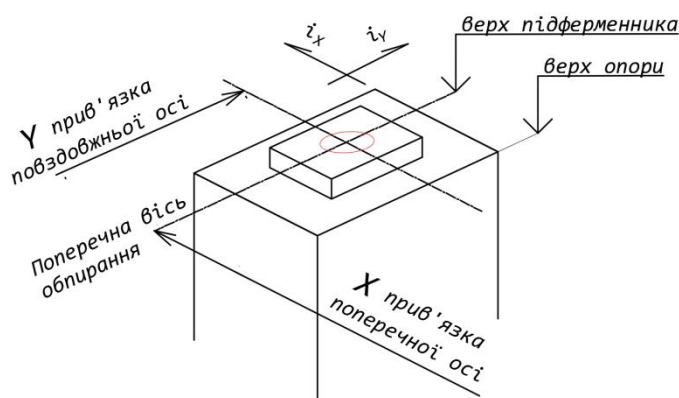


Рисунок Р.5 – Параметри, що мають контролюватися

Таблиця Р.8 – Допуски на положення опори і підферменника та граничний ексцентриситет

Параметри, що контролюються	Граничне значення відхилень при установці ОЧ	
	на підлитий розчин	на суху поверхню підферменника
Опора, підферменник і осі обпирання (данні для проєктування)		
Відмітка верху опори, мм	± 10	
Відмітка верху підферменника, мм	± 5	± 1
Ухили підферменника по X и Y	± 0,01	± 0,002
Точність геодезичної розбивки осей X и Y, мм	± 5±	
Зміщення осі обпирання відносно осі опори	0,01 ширини опори, але не більше ± 20 мм	

### Р.5.1 Ексцентриситети і допуски

Р.5.1.1 Слід розрізняти ексцентриситет осі обпирання балки на опору від переміщень верхніх плит (балансирів) ОЧ від температури і ексцентриситет, від похибок в положенні нижнього балансиру ОЧ відносно осі опори.

Р.5.1.2 Ексцентриситет відносно осі опори, що виникає при установці опорних частин – дорівнюють величині зміщення нижньої частини опорних частин, відносно осі опори.

Р.5.1.3 Ексцентриситет, що виникає від переміщень верхніх плит (балансирів) ОЧ слід враховувати для гумових і коткових опорних частин у розмірі половини величини переміщень осі обпирання балок відносно осі опор  $e = \Delta X_T / 2$ . Для ковзаючих ОЧ ексцентриситети не виникають (дивись рисунок Р.6).

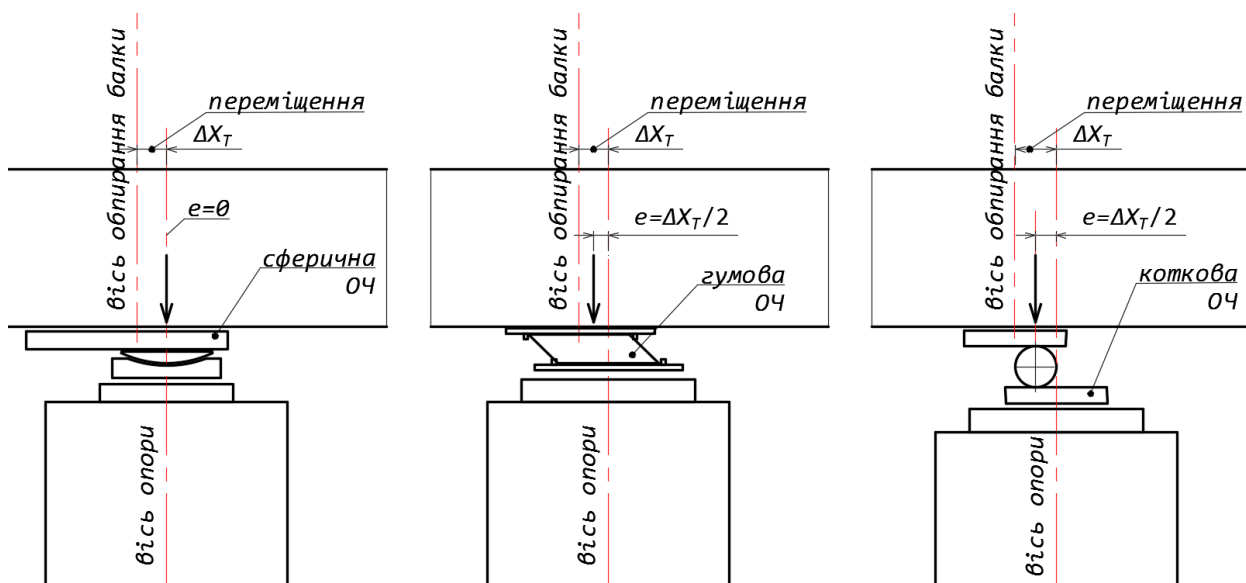


Рисунок Р.6 – Ексцентриситети, що виникають при переміщенні балки

Р.5.1.4 Для сталевих нерозрізних балок прогонових будов, наприклад, при спорудженні методом поздовжнього насування, похибка в положенні опорних перерізів може збільшуватися з довжиною. Помилки пов'язані із зварювальними деформаціями в стиках окремих монтажних марок (зварювальна усадка в кожному стиковому шві може становити 3–4 мм). Тому, рекомендується на кресленні монтажної схеми надавати один монтажний стик на прогін з припусками для прирізання по місцю, і надавати допуск на положення опорних перерізів  $\pm 20$  мм, для кожного прогону і між крайніми опорними перерізами.

Р.5.1.5 У тому випадку, коли допуск на установку нижнього балансиру в проєкті не вказаний, то відносний ексцентриситет положення нижнього

балансиру відносно осі опори слід приймати як суму похибок в положенні опорних перерізів балки і похибок при спорудженні опор:

- за рахунок похибок в довжині балки  $\Delta X_{beam} \pm 20$  мм;
- за рахунок похибок при спорудженні опор  $\Delta X_{pier} \pm 20$  мм.

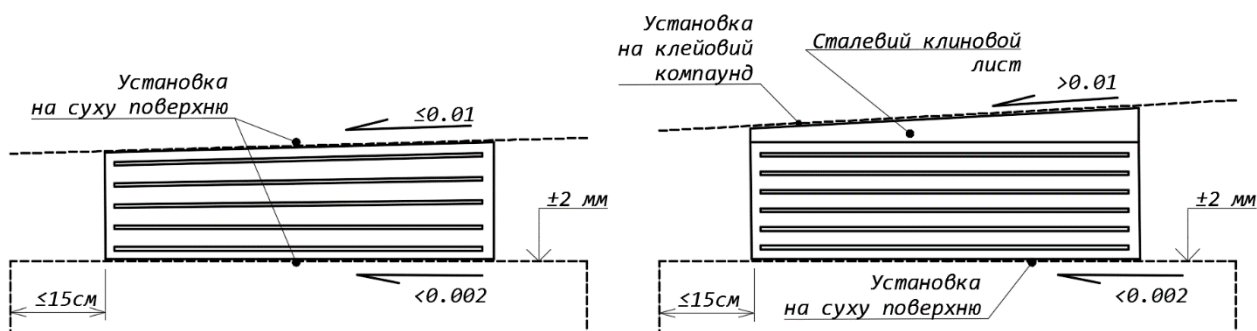
Похибку на температуру прогонової будови при установці враховувати не потрібно.

Р.5.1.6 Сумарний ексцентриситет опорної реакції балки відносно осі опори  $e_{total}$  становить суму похибок при установці нижнього балансиру і ексцентриситету від температурних переміщень балки для гумових і коткових опорних частин, і знаходиться за формулою:

$$e_{total} = \Delta X_T / 2 + \Delta X_{beam} + \Delta X_{pier}, \quad (P.30)$$

## Р.5.2 Установка ГАОЧ в проектне положення

Р.5.2.1 Установка ГАОЧ під залізобетонні балки при їх монтажі на опори відрізняється від установки сталевих рухомих опорних частин тим, що не має можливості виконувати коригувати їх положення в залежності від температури. Температура, при якій виконується монтаж балок може відрізнитися від установочної температури балки, близької до 10°C для мостів України.



**Рисунок Р.7** – Установка ГАОЧ типу В: ліворуч – при ухилі балки до 0,01; праворуч – з клиновим листом при ухилі балки більше 0,01

Р.5.2.2 ГАОЧ типу В може бути установлена на суху чисту поверхню підферменника, а балка вільно обперта на неї при ухилах балки до 0,01. При більших ухилах балки слід на ГАОЧ встановлювати клиновий лист для компенсації ухилу. Клиновий лист може бути встановлено на ГАОЧ на суху

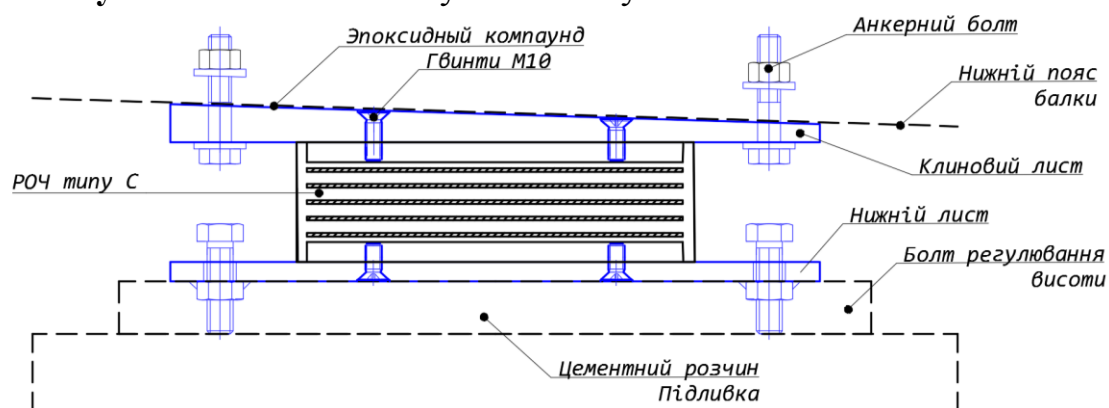


поверхню, на гумовий клей, мати фрикційне покриття або рифлену поверхню. Приєднання клинового листа до балки може бути виконане на епоксидному компаунді (суміші піску, цементу і епоксидного клею).

Р.5.2.3 У випадках, коли потрібно запобігти зсуву опорних частин відносно балки або підферменника, ГАОЧ типу В встановлюють в сталеву обойму, як показано на рисунку Р.8. Анкерні болти для приєднання до залізобетонної балки можуть бути відсутні, або замінені гнучкими анкерами.



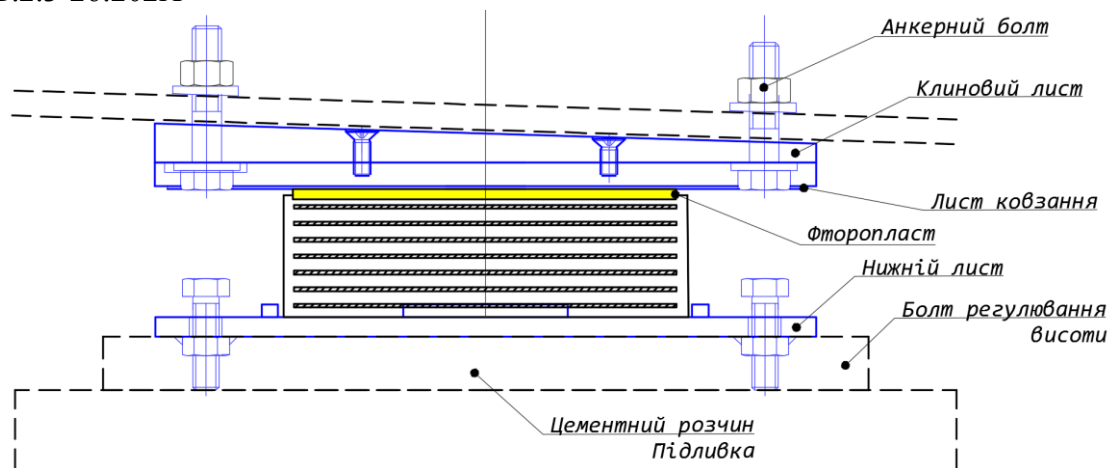
**Рисунок Р.8 – ГАОЧ типу В. Схема установки в сталевій обоймі**



**Рисунок Р.9 – ГАОЧ типу С. Схема установки**

Р.5.2.4 Для опорних частин типу С, схема установки показана на рисунку Р.9. Як і в попередньому випадку, анкерні болти для приєднання до залізобетонної балки можуть бути відсутніми, або замінені гнучкими анкерами.

Р.5.2.5 Для опорних частин типу D, схема установки показана на рисунку Р.10. ГАОЧ типу D може бути використана як на стадії монтажу так і на стадії експлуатації.



**Рисунок Р.10** – ГАОЧ типу D. Схема установки

### Р.5.3 Установка рухомих опорних частин

Р.5.3.1 Опорні частини мають бути приєднані до прогонових будов і до підферменників опор, для запобігання зміщень опорних частин відносно прогонових будов та опор. Допускається, при відповідному обґрунтуванні, підферменники не влаштовувати.

Р.5.3.2 Приєднання опорної частини до прогонової будови слід виконувати на болтах, що дозволяє демонтувати ОЧ, або виконати її заміну в майбутньому. Між верхнім балансиrom і прогоною будовою за правило слід встановлювати клинові елементи, що дозволяють виставити верхній балансиr в горизонтальне положення. Щілини між ОЧ і клиновими прокладками, та клиновими прокладками і прогоною будовою мають бути герметизовані. Рекомендується заповнювати проміжки полімерним компаундом з наповненням карборундовим порошком.

Р.5.3.3 Розрізняють два способи установки опорних частин. У першому випадку, ОЧ може бути заздалегідь установлена в проектне положення на опорі, а далі на неї буде установлена прогонова будова. У другому випадку, ОЧ може бути приєднана до прогонової будови, і тільки після цього до опори. Вибір способу установки залежить від технологічних обставин.

Р.5.3.4 У випадку попереднього приєднання ОЧ до прогонової будови, нижній балансиr має бути виставлений за температурою, для чого його потрібно горизонтально перемістити в потрібну позицію (не допускаючи,

протягом переміщення, роз'єднання сферичних та чашкових опорних частин по вертикалі).

Під нижній балансир має бути підлитий розчин (цементний або полімерний) шаром 20–30 мм. У цьому положенні нижній балансир ОЧ має бути зафіксований і утримуватися, поки розчин підливки не набере потрібну міцність.

**Р.5.3.5** Допуски на виставлення балансирів опорних частин перед підливанням:

– непаралельність між балансирами вздовж і поперек мосту не більше 1,5 мм/м; для коткових і балансирних ОЧ – тільки вздовж мосту;

– відхилення нижнього балансиру від горизонтального положення вздовж і поперек мосту не більше 2 мм/м.

**Р.5.3.6** До підливання розчину поверхня підферменника і анкерних ніш має бути очищена, бути вільною від льоду та олії. Перед підливанням розчину навколо нижнього балансиру слід встановити збірно-розбірну рамку, з висотою більшою за шар підливки.

Як розчин підливки слід застосовувати водно-цементні безусадочні суміші з міцністю, не менше ніж на 30 % більше, ніж розрахунковий середній тиск опорної частини. Час набору міцності розчину має бути максимально прискорений за рахунок підігріву, або введення добавок. Може також застосовувати полімерний (епоксидний) компаунд з жорстким скелетом (дивись таблицю Р.9); консистенція суміші повинна забезпечити вільне заповнення горизонтальної поверхні під нижнім балансиrom.

**Таблиця Р.9** – Суміші для розчину підливки

№№	Матеріал	Процентний склад, %
1	Епоксидна смола + отверджувач + розчинник	10–13
2	Портландцемент М 400	35
3	Пісок кварцовий	55

#### **Р.5.4** Установка нерухомих опорних частин

**Р.5.4.1** Установка нерухомих опорних частин має виконуватися за регламентом, в якому визначений порядок не призведе до руйнації підливки під час тужавіння і твердіння. Горизонтальні зусилля на опорну частину, які

ДБН В.2.3-26:202Х

можуть виникнути під час добової зміни температури під час твердіння розчину, має бути визначені в регламенті.

Р.5.4.2 Горизонтальні зусилля, які передаються на опорну частину від температурних впливів мають бути мінімізовані, для чого підливання розчином рекомендується виконувати в дощові або похмурі дні.

## **Р.6 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОПОРНИХ ЧАСТИН**

**Р.6.1** Експлуатація опорних частин полягає:

– в дотриманні всіх елементів опорних частин в чистоті (особливо елементів ковзання), у ліквідації місць замочування та застою води, а також у ліквідації місць появи корозії;

– в контролі геометричного проєктного положення опорної частини (1 раз на рік слід виконувати реєстрацію переміщень опорних частини з фіксацією температур);

– в нагляді за елементами анкеріння до прогонової будови і до опори, в перевірці стану підферменників.

**Р.6.2** При фарбуванні прогонових будов слід прийняти всі засоби перестороги для запобігання попадання фарби на елементи ковзання опорних частин.

**Р.6.3** Можливість заміни опорних частин має бути передбачена в Проєкті Експлуатації мосту шляхом визначення місць установки домкратів, їх вантажоспроможності і висоти підйому при заміні ОЧ. Проєкт експлуатації замовляє Замовник проєктній організації за спеціальним завданням.

## **Р.7 ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ**

Сталеві конструкції опорних частин мають бути захищені від корозії з пошкодженнями, які не перевищують с 1 % площі, відповідно до Rі3 згідно ISO 4628-3, до строку заміни опорних частин, тобто на строк до 40 років.

## Р.8 ГОРИЗОНТАЛЬНІ РЕАКЦІЇ НА ОПОРИ

При визначенні горизонтальних реакцій на опори, де встановлені коткові або опорні частини що ковзають, слід знаходити несприятливий та сприятливий коефіцієнт тертя, відповідно до Р.2.4.

### Р.8.1 Визначення температурних переміщень

Р.8.1.1 Характеристичні значення температур для теплого  $t_{n,T}$  і холодного  $t_{n,X}$  періоду року слід приймати відповідно до п.22.1 ДБН В.1.2-15. Розрахункові значення переміщень слід отримувати при коефіцієнті надійності  $\gamma_f = 1,2$ .

Р.8.1.2 Рекомендується температурні переміщення знаходити враховуючи особливості, які виникають при установці опорних частин, наступним чином.

Найбільші  $t_w$  і найменші  $t_c$  значення температур слід знаходити за формулами:

$$t_w = T_{\max} + \Delta, \quad (\text{Р.31})$$

$$t_c = T_{n,c}, \quad (\text{Р.32})$$

$T_{\max}$  – абсолютний максимум температури повітря;

$\Delta$  – нагрів сонцем (= 10°C для сталевих, = 5°C – для сталезалізобетонних і =0°C – для залізобетонних).

$t_c$  – температура повітря найбільш холодної п'ятиденки з забезпеченням 0,98 для сталезалізобетонних і сталевих, і 0,92 – для залізобетонних мостів.

Розрахунковий розмах температур (відхилення від середнього значення) знаходиться за формулою:

$$\Delta T_d = \Delta T_k + \Delta T_y + \Delta T_0, \quad (\text{Р.33})$$

де  $\Delta T_k$  – характеристичне значення розмаху температур знаходиться за формулою:

$$\Delta T_k = 0,5(|t_w| + |t_c|), \quad (\text{Р.34})$$

$\Delta T_y = 5^\circ\text{C}$  – добавка на похибку при установці;

$\Delta T_0 = 0^\circ\text{C}$  – при можливості коригуванні положення ОЧ по температурі  
 $=15^\circ\text{C}$  – без можливості коригування положення ОЧ по температурі, при  
 установці в період температури повітря  $\pm 10^\circ\text{C}$ .

Р.8.1.3 При визначенні переміщень, коефіцієнти лінійного розширення слід приймати рівними:

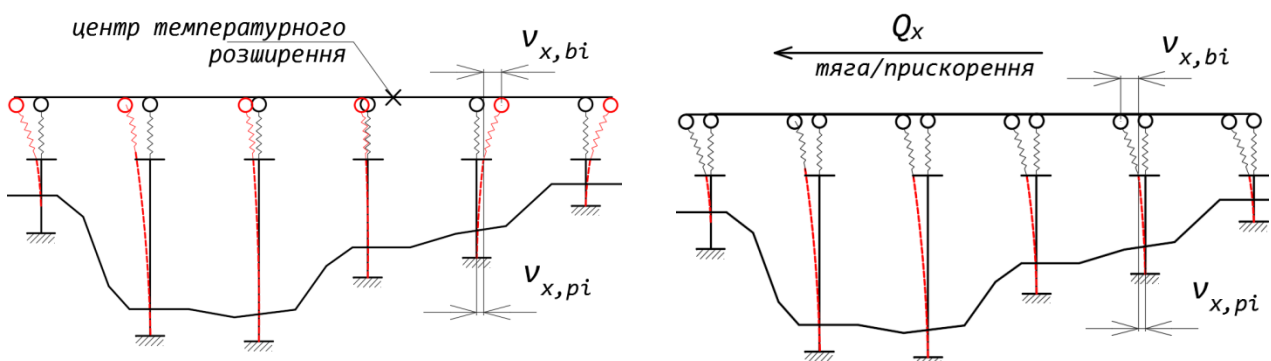
0,000010 – для залізобетону;

0,000012 – для сталевих і сталезалізобетонних прогонових будов.

### Р.8.2 Визначення зусиль на опори з ГАОЧ

Р.8.2.1 При визначенні горизонтальних зусиль на опори і центру розширення від температурних деформацій і від горизонтальних сил, слід враховувати пружність ГАОЧ, а також пружність опор на згин, у випадках, коли їх висота в температурній гілці відрізняється  $\geq 10\%$ .

Р.8.2.2 Опорні частини мають бути заданими стержнями в розрахункових схемах, горизонтальне переміщення верху яких відносно опори, еквівалентне переміщенню (зсуву) ГАОЧ. У випадках різної висоти або жорсткості опор, вони мають бути також відображені в розрахункових схемах (рисунок Р.11).



**Рисунок Р.11** – Розрахункова схема для визначення горизонтальних сил на опори: ліворуч – від температури; праворуч – від сил тяги/прискорення

Р.8.2.3 Значення коефіцієнтів тертя або модулів пружності (для пружного матеріалу) слід приймати за даними виробника опорних частин.

**Р.8.3** Визначення горизонтальних зусиль на опори від температурних переміщень

Р.8.3.1 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору  $F_{x,i}$ , на якій встановлений один ряд опорних частин слід визначати за формулою:

$$F_{x,i} = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a, \quad (\text{Р.35})$$

де  $\sum F_{z,a}$  – сума вертикальних реакцій від характеристичних постійних навантажень:

$\mu_a$  – коефіцієнт тертя для несприятливої комбінації.

При числі ОЧ на опорі менше 5 шт., формула приймає вид:

$$F_{x,i} = \sum F_{z,a} \cdot \mu_{\max}, \quad (\text{Р.36})$$

Р.8.3.2 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору  $F_x$ , на якій встановлені два кінця прогонових будов на ОЧ що ковзають, визначаються за формулою:

$$F_x = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{Р.37})$$

де  $\sum F_{z,a}$  і  $\sum F_{z,r}$  – сума більших та менших вертикальних опорних реакцій для основної і компенсуючої дії;

$\mu_a$  і  $\mu_r$  – коефіцієнти тертя для основної і компенсуючої дії.

При числі ОЧ на опорі менше 5 шт., формула має вид:

$$F_x = F_{z,a} \cdot \mu_{\max}, \quad (\text{Р.38})$$

Р.8.3.3 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору  $F_H$ , на якій встановлені два кінця прогонових будов на ОЧ: один на рухомі, а другий на нерухомі, слід визначати за формулою:

$$F_H = F_{H,F} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{Р.39})$$

де  $F_{H,F}$  – горизонтальне зусилля на нерухомі ОЧ;

$F_{z,r}$  – вертикальна реакція на рухомі ОЧ, для компенсуючої дії;

$\mu_r$  – коефіцієнт тертя для компенсуючої дії.

При числі рухомих ОЧ менше 5 шт. під кінцем прогонової будови, формула приймає вигляд:

$$F_H = F_{H,F}, \quad (\text{Р.40})$$

Р.8.3.4 Характеристичні горизонтальні зусилля на ряд нерухомих ОЧ визначаються як різниця, від добутку суми основних і компенсуючих сил по різні боки від нерухомих ОЧ визначаються за формулою:

$$F_H = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{P.41})$$

$F_H$  – характеристичне горизонтальне зусилля на нерухомі ОЧ;

$F_{z,a}$  і  $F_{z,r}$  – сума вертикальних реакцій більших та менших для основної і компенсуючої дії, по різні боки від нерухомих ОЧ;

Р.8.3.5 Розрахункове значення горизонтальних зусиль визначається за формулою:

$$F_{H,d} = \gamma_f \cdot F_H, \quad (\text{P.42})$$

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності для сил тертя; рекомендоване значення  $\gamma_f = 1,0$ .

**Р.8.4** Визначення горизонтальних зусиль на опори від сил тяги-гальмування

Р.8.4.1 Горизонтальні зусилля розподіляються між рухомими і нерухомими опорними частинами порівну, поки сили тертя не перевищені (при однакові жорсткості опор на згин).

Р.8.4.2 Після того, як утримуюча сила тертя перевищена, зусилля на нерухому ОЧ знаходиться за формулою:

$$F_{H,k} = Q_{lk} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{P.43})$$

де  $Q_{lk}$  – характеристичне значення зусиль тяги-гальмування;

$F_{X,F}$  – характеристичне значення горизонтальних зусиль на нерухому ОЧ;

$F_{z,r}$  – сума вертикальних опорних реакцій на рухому ОЧ;

$\mu_r$  – коефіцієнт тертя для компенсуючої дії;

При числі рухомих ОЧ менше 5 шт., формула приймає вид:

$$F_{H,k} = Q_{lk}, \quad (\text{P.44})$$



Розрахункове значення зусилля на нерухому ОЧ слід знаходити за формулою:

$$F_{H,d} = Q_{lk} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r \cdot \quad (P.45)$$

$Q_{ld} = Q_{lk} \cdot \gamma_f$  – розрахункове значення зусилля тяги-гальмування.

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності до рухомих навантажень.

## **Р.9 ОПОРНІ ЧАСТИНИ В КОМПЛЕКТІ КРЕСЛЕНЬ КМ**

**Р.9.1** У проєктах мостів для стандартних рішень, якщо не передбачено інакше, рекомендуються використовувати два типи опорних частин:

- для переміщень до 100 мм і реакцій до 800 т пружні ОЧ (гумові армовані);
- для переміщень понад 50 мм і реакцій понад 400 т сферичні ОЧ.

Межі застосування, а саме, переміщення і опорні реакції, можуть бути змінені, при відповідному обґрунтуванні. При цьому, застосування інших типів ОЧ не забороняється.

У проєктах мостів, в яких, крім передачі сил стиску, кутів повороту і лінійних переміщень, опорні частини мають виконувати інші функції (наприклад, ОЧ рухомих мостів), допускається використовувати ОЧ інших типів, а також розробляти проєкти ОЧ, керуючись чинними нормами і настановами розділів ДСТУ Б EN 1337.

**Р.9.2** Робочі креслення мосту повинні містити повну інформацію відносно схем розташування і установки, а також креслення конструкцій закріплення опорних частин. У разі індивідуального проєктування, слід надати окремий комплект деталізованих креслень опорних частин.

**Р.9.3** У разі використання ОЧ від сертифікованого виробника (відповідність виробів ДСТУ Б EN 1337), в комплекті креслень слід надати наступну інформацію:

- таблицю ОЧ з відомостями про основні технічні параметри, схему розташування по фасаду та в плані з позначенням напрямів та величин

ДБН В.2.3-26:202Х

переміщень з таблицею установочних температур; для еластичних опорних частин – місця установки і допуски на похибку температури при установці;

– креслення закріплення опорних частин до опори та прогонової будови; специфікація елементів та матеріалів закріплення.

– на розрахунковому кресленні надати інформацію про опорні реакції і горизонтальні сили на опори.

**Р.9.4** Технічна документація ОЧ повинна містити наступну інформацію:

– креслення ОЧ з наданням основних розмірів;  
– розрахункова максимальна реакція на ОЧ і ефективна площа матеріалу ковзання;

– розрахунковий тиск на бетон підферменника;

– розрахунковий опір анкерних болтів зсуву;

– граничні переміщення: лінійні і кутові;

– допуски на лінійні і кутові переміщення при установці;

– безремонтний строк служби.

Виробник ОЧ повинен надавати документ про відповідність продукції вимогам ДСТУ Б EN 1337. Проектувальник при погодженні креслень ОЧ, може внести пропозиції що до зміни параметрів, елементів кріплення і додаткових пристроїв при установці.

**Додаток С**  
**(довідковий)**

**СИМВОЛИ І ПОЗНАЧЕННЯ**

Позначення величин літерами наводяться у порядку їх знаходження в тексті. Якщо для розділу не наведено значення позначення, то воно має значення наведене вище (якщо не вказано, що дане позначення стосується лише певного розділу).

**С.1 ПОЗНАЧЕННЯ РОЗДІЛІВ ОСНОВНОГО ТЕКСТУ**

Розділ 6.

$R_{yn}$  – опір текучості; приймається як характеристичне (нормативне) значення;

$R_{in}$  – тимчасовий опір; приймається як характеристичне (нормативне) значення;

$E$  – модуль пружності;

$G$  – модуль зсуву;

$\nu^0$  – коефіцієнт Пуассона у пружній стадії;

$\alpha$  – коефіцієнт лінійного температурного розширення.

Розділ 7.

$E_d$  – функція навантаження (значення розрахункового узагальненого впливу – зусилля, деформації, тощо).

$E_k$  – характеристичного значення функції навантаження;

$R_d$  – функція опору (значення розрахункового узагальненого опору перерізу або з'єднання).

$R_k$  – характеристичного значення функції опору;

$m$  – коефіцієнт умов робіт для конкретного випадку.

$\gamma_m$  – коефіцієнт надійності (враховує відхилення від номінальних значень механічних властивостей матеріалу і геометричних параметрів).

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності до навантаження;

$\gamma_r$  – коефіцієнт надійності до відповідальності;

$1+\mu$  – динамічний коефіцієнт.

$R_{s,k}$  – опір зрізу; характеристичне значення;

$R_{p,k}$  – опір зминання торцевої поверхні; характеристичне значення;

$R_{lp,k}$  – опір зминання циліндричної поверхні; характеристичне значення;

$R_{w,f}$  – опір кутового шва зрізу по наплавленому металу;

$R_{w,z}$  – опір кутового шва зрізу по металу сплавлення.

$R_{w,un}$  – тимчасовий опір наплавленого металу шва.

$\gamma_{M0} - \gamma_{M7}$  – коефіцієнти надійності опору матеріалу в залежності від типів розрахунків, від різновиду елементів і з'єднань; позначення надані в табл. 6.3;

$\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  – нормальні напруження в критичній точці вздовж осей  $x$ ,  $y$  і дотичні напруження;

## Розділ 8.

$N_{Ed}$ ,  $M_{x,Ed}$  і  $M_{y,Ed}$  – діючі в перерізі розрахункова нормальна сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$ .

$N_{Rd}$ ,  $M_{x,Rd}$  і  $M_{y,Rd}$  – розрахункові опори перерізу нормальній силі і згину відносно осей  $x$  і  $y$ .

$A_n$  – площа перерізу нетто.

$b_{eff}$  – ефективна ширина плит;

$A_{eff}$ ,  $W_{eff,x}$  і  $W_{eff,y}$  – ефективні: площа, і моменти опору перерізу відносно осей  $x$  і  $y$ , відповідно.

$\kappa_x$  і  $\kappa_y$  – коефіцієнти збільшення опору перерізів за рахунок появи обмежених пластичних деформацій, відносно головних осей  $x$  і  $y$ .

$N_{Rd}$  – розрахунковий опір перерізу отворами;

$\sigma_{\max}$  і  $\sigma_{\min}$  – розрахункові максимальні і мінімальні (зі своїми знаками) нормальні напруження в точці, що перевіряється;

$\tau_1$  і  $\tau_2$  – дотичні напруження в точці, що перевіряється (з урахуванням їх знаків), обчислені відповідно від тих же навантажень, що і  $\sigma_{\max}$  та  $\sigma_{\min}$ ;

$Q_{Ed}$  – розрахункова поперечна сила в перерізі;

$S_x$  – статичний момент частини, що зсувається;

$I_x$  – момент інерції перерізу;

$t$  – товщина;

$Q_{pl,Rd}$  – розрахунковий пластичний опір зрізу оцінюється виходячи з прямокутної епюри напружень в стінках;

$A_Q$  – площа зрізу;

$h_w$  – висота стінки;

$t_w$  – товщина стінки.

$M_y$  і  $M_x$  – нормальна сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$ ;

$A$ ,  $I_x$  і  $I_y$  – площа і моменти інерції відносно осей  $x$  і  $y$ ;

$y$ ,  $x$  – координати для точки відносно головних осей;

$B_\omega$  – бімомент;

$\omega$  – секторіальна координата;

$I_\omega$  – секторіальний момент інерції;

$W_\omega = I_\omega / \omega$  – секторіальний момент опору;

$(1 - \rho)$  – зменшувальний коефіцієнт до розрахункового опору текучості для перерізів 2-го класу;

де  $\rho = (2 \cdot Q_{Ed} / Q_{pl,Rd} - 1)^2$  – при зрізі;

$\rho = (2 \cdot Q_{Ed} / Q_{pl,T,Rd} - 1)^2$  – при крученні;

Розділ 10.

ДБН В.2.3-26:202Х

$\lambda$  – гнучкість

$l_{ef}$  – розрахункова або ефективна довжина елемента;

$i$  – радіус інерції перерізу в напрямку осі найбільшої гнучкості;

$e$  – розрахунковий ексцентриситет;

$e_{rel}$  – відносний ексцентриситет;

$\eta$  – коефіцієнт форми перерізу;

$e_{ef}$  – приведений відносний ексцентриситет;

$\lambda_{ef}$  – приведена гнучкість;

$\lambda_a$  – гнучкість гілки наскрізного елемента;

$l_{ef,a}$  – ефективна довжина гілки наскрізного елемента;

$i_a$  – радіус інерції перерізу гілки відносно власних осей вигину.

$i_{min}$  – мінімальний радіус інерції одної гілки.

$N_{Ed}$  і  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  – діючі розрахункові сила і згинальні моменти відносно осей  $x$  і  $y$ , відповідно;

$N_{Rk}$  і  $M_{Rk,x}$ ,  $M_{Rk,y}$  – характеристичні опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей  $x$  і  $y$ , відповідно;

$A$  і  $W_{x,c}$ ,  $W_{y,c}$  – площа перерізу і моменти опорів для найбільш стиснутого волокна перерізу відносно осей  $x$  і  $y$ .

$N_{Rd}$  і  $M_{Rd,x}$ ,  $M_{Rd,y}$  – розрахункові опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей  $x$  і  $y$ , відповідно;

$\gamma_{M1}$  – коефіцієнт надійності для розрахунків стійкості, що дорівнює 1,1.

$\varphi_c$  і  $\varphi_b$  – коефіцієнти поздовжнього вигину для стиснутих і для зігнутих стержнів;

$e_y$  і  $e_x$  – ексцентриситети сили  $N_{Ed}$  відносно центра ваги перерізу в напрямі осей  $y$  і  $x$ , відповідно;

$\eta$  – коефіцієнт впливу форми перерізу;

$\sigma_{f,h}$  – найбільше напруження в стиснутому поясі від дії згинального моменту в горизонтальній площині в перерізі, що знаходиться в межах середньої третини незакріпленої довжини стиснутого поясу балки;

$\sigma_{f,v}$  – те саме, в вертикальній площині.

$\lambda$  і  $\lambda_y$  – гнучкості при згинально-крутній формі втрати стійкості.

## Розділ 11.

$k$  – параметр для оцінки стійкості пластинки;

$\sigma_{x,c}$  – напруження стиску вздовж пластинки при рівномірному розподілу напружень по ширині;

$b$  – розрахункова ширина пластинки;

$t^0$  – товщина пластинки;

$D$  – діаметр циліндричних труб;

$\alpha$  – коефіцієнт для оцінки стійкості пластинки;

$\sigma_{x,cr,ef}$  – приведені критичні напруження;

$\sigma_{x,cr}$  – критичні напруження для знаходження  $\sigma_{x,cr,ef}$

$\nu$  – коефіцієнт защемлення пластинки;

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує перекис епюри напружень;

$\delta = b_f / h_w$  – відношення ширини поясу до ширини стінки;

$\beta = t_w / t_f$  – відношення товщини стінки до товщини поясу;

## Розділ 12.

$\mu$  – коефіцієнт розрахункової довжини;

$\xi$  – коефіцієнт для розрахунку стійкості відкритих поясів;

$d$  – відстань по довжині мосту між рамами, що утримують пояс від поперечних горизонтальних переміщень;

$\delta$  – найбільше горизонтальне переміщення вузла рами від одиничної сили  $F = 1$ ;

$I_m$  – середнє значення моменту інерції стиснутого поясу балки (ферми) відносно вертикальної осі;

ДБН В.2.3-26:202Х

$l$  і  $l_{ef}$  – довжина прогону арки і розрахункова довжина арки;

$a = f / l$  – коефіцієнт відношення  $f$  – стрілки арки до прогону арки;

$\zeta$  – коефіцієнт для розрахунку стійкості арок;

Розділ 14.

$\sigma_{\max,ef}$  – абсолютне найбільше значення нормальних напружень – додатне при розтяганні;

$\tau_{\max,ef}$  – абсолютне найбільше значення дотичних напружень для розрахунків кутових швів ;

$\gamma_{fat}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок втомленості;

$\zeta$  – коефіцієнт дорівнює 1,0 для залізничних мостів;

$\vartheta$  – коефіцієнт, що залежить від довжини завантаження  $\lambda$ ;

$\nu$  і  $\xi$  – коефіцієнти, що враховують міцність сталі і концентрацію напружень;

$\alpha$  і  $\delta$  – коефіцієнти, що враховують марку сталі і змінність режиму навантаження;

$\beta$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

$\rho$  – коефіцієнт асиметрії циклів змінних напружень;

Розділ 14

$N_d$  і  $N_c$  – зусилля відповідно в розкосі і розпірці в'язей;

$N_{d,l}$  і  $N_{d,r}$  – зусилля в розкосі відповідно з лівої і правої сторони від розпірки;

$\sigma_f$  – нормальне напруження в поясі головної ферми;

$\sigma_{mf}$  – середні напруження в нижньому поясі поперечної балки;

$A_d$  і  $A_c$  – площа перерізу відповідно розкосу і розпірки в'язей;

$I$  – момент інерції поясу головної ферми відносно вертикальної осі;

$\alpha$  – кут між розкосом в'язей і поясом головної ферми;



$N_c$  – зусилля в розпірці в'язей;

$l_m$  – відстань між центрами вузлів прикріплення елементів до поясу;

$F$  – опорна реакція поперечної балки;

$a$  – відстань між віссю перерізу поясу головної ферми і віссю перерізу поздовжньої балки;

$B$  – відстань між осями поясів головних ферм;

$l_m$  – довжина панелі головної ферми (відстань між поперечними балками);

$H$  – розрахункова довжина підвіски або стійки з площини ферми;

$I_{bal}$  – момент інерції перерізу бруто поперечної балки по середині її довжини;

$I_c$  – момент інерції перерізу бруто підвіски чи стійки відносно осі, паралельної до площини головної ферми;

$I_t$  – момент інерції вільного кручення поясу ферми, що примикає до поперечної балки;

Розділ 16.

$t_f$  – товщина поясу;

$b_{w,c}$  – ширина стінки поперечного ребра;

## **С.2 ПОЗНАЧЕННЯ, ЩО НАДАНІ В ДОДАТКАХ**

Додаток А

$M_{Rd}$  – граничний момент опору перерізу;

$W_{el}$  – пружний момент опору;

$R_{yn}$  – опір сталі текучості; характеристичне значення;

$\gamma_{M0}$  – коефіцієнт надійності;

$m$  – коефіцієнт умов робіт.

$\alpha$  – коефіцієнт обмежених залишкових деформацій;

$\varepsilon_{pl}$  – залишкові деформації;

ДБН В.2.3-26:202Х

$A$  – площа перерізу;

$a$  – відстань між центрами ваги половинних площ;

$b_f$  і  $t_f$  – ширина і товщина звису поясу;

$b_w$  і  $t_w$  – ширина і товщина стінки;

$\rho$  – зменшувальний коефіцієнт;

$\alpha$  – коефіцієнт;

$Q_{Ed}$  – діюча поперечна сила;

$Q_{Rd}$  – розрахунковий опір перерізу зрізу;

$h_w$  і  $h_w$  – висота і товщина стінки.

Додаток Б

$R_{yn}$  – опір текучості (характеристичне значення), напруження при якому залишкові деформації становлять 0,2 % із забезпеченістю 95 %;

$R_{un}$  – тимчасовий опір (характеристичне значення), напруження, яке дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передуює руйнації, до початкової площі зразка;

$l_i$  – довжина зразка;

$A_0$  – площа поперечного перерізу зразку;

$CEV$  – вуглецевий коефіцієнт;

$WPS$  – (Welding Procedure Specification) – це документ, який є настановою для виконання зварювання, яке відповідає вимогам норм та виробничих стандартів.

$R_{w,yn}$  – характеристичні значення наплавленого металу шва опору текучості;

$R_{w,un}$  – характеристичні значення наплавленого металу шва тимчасового опору.

Додаток В

$b_0$  – фактична ширина плити;

$\beta$  – коефіцієнт редуkcії;

$b_{eff}$  – ефективна ширина плити;

$A_{sl}$  – площа поздовжніх ребер плити;

$t$  – товщина листа настилу;

$L_e$  – ефективна довжину прогону;

$a_0$  – коефіцієнт врахування площі ребер ортотропних плит;

$\sigma_2$  і  $\sigma_1$  – найменші і найбільші нормальні напруження в плиті;

$\nu_1$  – коефіцієнт редуkcії  $i$ -того відрізка;

$b_1$  – ширина  $i$ -того відрізка;

$\alpha$  – коефіцієнт відношення напружень

$\varepsilon_{yn}$  – деформація при напруженні  $\sigma_{yn}$ , яка знаходиться за формулою

$$\varepsilon_{yn} = \sigma_{yn} / E;$$

$\varepsilon_{pl}$  – пластична деформація;

$c_{pl}$  – коефіцієнт умовного зміцнення, за рахунок появи обмежених пластичних деформацій;

$A_\sigma$  – площа, що дорівнює площі епюри нормальних напружень;

$\sigma_{max}^*$  – максимальне нормальне напруження на плиті.

Додаток Г

$I_t$  і  $W_t$  – момент інерції і момент опору перерізу;

$I_p$  і  $W_p$  – момент полярний і полярний момент опору перерізу;

$d$  і  $d_1$  – зовнішній і внутрішній діаметр труби;

$s$  і  $t$  – розміри суцільного перерізу;

$\alpha$  і  $\beta$  – коефіцієнти для підрахунку геометричних перерізів при крученні;

$M_t$  – момент при вільному крученні;

$s_i$  і  $t_i$  – довжина і товщина  $i$ -тої ділянки контуру;

$s$  – довжина середньої лінії тонкостінного перерізу постійної товщини, або більший розмір перерізу прямокутного бруса;

$t$  – товщина стінки тонкостінного перерізу, або менший розмір перерізу прямокутного бруса;

$A$  – площа, що утворена середньою лінією замкнутого контуру тонкостінного перерізу;

$I_p, I_x, I_y$  і  $r$  – моменти інерції полярний, відносно осі  $x$ , відносно осі  $y$  і радіус круглого перерізу

$G$  і  $E$  – модуль зсуву і модуль пружності;

$M_\omega$  – момент при стисненому крученні;

$B_\omega$  – бімомент;

$I_\omega$  – секторіальний момент інерції;

$S_\omega$  – секторіальний статичний момент;

$\omega$  – секторіальна площа (координата);

$W_\omega = I_\omega / \omega$  – секторіальний момент опору;

$t$  – товщина стінки профілю.

$e_{rel}$  – відносний ексцентриситет;

$\eta$  – коефіцієнт форми поперечного перерізу;

$\bar{\lambda}$  – умовна гнучкість;

$\lambda, \lambda_x, \lambda_y, \lambda_{ef}$  – гнучкості відносно осей та приведена гнучкість;

$\lambda_{ef}$  – приведена гнучкість;

$N_{cr}$  – критична сила;

$M_{cr}$  – критичний момент згину;

$A_f$  – площа полиць;

$A_w$  – площа стінок;

$M$  – найбільше значення згинального моменту по довжині стержня.

$\varphi, \varphi_c, \varphi_b$  – коефіцієнти поздовжнього згину;

$N_x$  – критична сила при вигині вздовж осі  $y$ ;

$N_y$  – критична сила при вигині вздовж осі  $x$ ;

$N_{\omega}$  – критична сила при крученні;

$E$  і  $G$  – модуль деформації і модуль зсуву;

$L_x$  і  $L_y$  – ефективні довжини елементів при вигині вздовж осей  $x$  та  $y$ ;

$A$ ,  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_T$  – площа, моменти інерції відносно осей  $x$  та  $y$ , і момент інерції при вільному крученні;

$I_{\omega}$  – секторіальний момент інерції;

$a_{cr}$  – чисельний параметр, при якому конструкція втрачає стійкість при зусиллях рівних  $F_0$ . Де,  $F_0$  – зусилля від дії розрахункових навантажень.

$e_{ef, M1}$  – ексцентриситет визначається за формулою:

$M_1$  – найбільший момент в перерізі стержня;

$M_2$  – найменший момент в перерізі стержня;

$\eta$  – коефіцієнт форми перерізу;

$\delta = M_2 / M_1$  – коефіцієнт форми епюри моментів;

$M_{max}$  – найбільший згинальний момент у межах довжини стержня;

$M_1$  – найбільший згинальний момент у межах середньої третини довжини стержня, але не менше, ніж  $0,5 \cdot M_{max}$ ;

$N_{cr}$  і  $M_{cr}$  – критичні зусилля;

$a_{ult, k}$  – мінімальне значення коефіцієнта збільшення розрахункового навантаження для досягнення граничного стану за міцністю для найбільш навантаженого елементу;

$a_{cr}$  – мінімальне значення коефіцієнта зростання навантаження для досягнення граничного стану за стійкістю;

$\phi$ , – коефіцієнт для розрахунку стійкості;

$\chi$  – редуційний (зменшувальний) коефіцієнт;

ДБН В.2.3-26:202Х

$b_f$  і  $t_f$  – ширина и товщина стиснутого поясу;

$h$  – відстань в осях поясів.

Додаток Е

$N$  – нормальна сила (позитивна при стисканні), що діє на переріз мосту;

$M$  – згинальний момент (найбільший) в розрахунковому перерізі мосту;

$Q$  – поперечна сила (найбільша) в розрахунковому перерізі мосту;

$p$  – розподілена сила (по  $y$ ), прикладена до поясу;

$F$  – зосереджена сила (по  $y$ ), прикладена до поясу;

$s_x$  – потік нормальних зусиль по  $x$  від локальних дій;

$s_y$  – потік нормальних зусиль по  $y$  від локальних дій;

$s_{xy}$  – потік дотичних напружень від локальних дій;

$I$  – момент інерції перерізу мосту;

$S_i$  – статичний момент по крайках  $i$ -го відсіку;

$n$  – кількість відсіків по висоті;

$i$  – відсік, що розглядається;

$h_w$  – висота стінки;

$h_i$  – висота  $i$ -го відсіку;

$a_i$  – ширина  $i$ -го відсіку;

$t_i$  – товщина  $i$ -го відсіку;

$c_{ef}$  – довжина розподілення прикладеної до поясу сили на рівні кромки стінки;

$y_i$  – ордината рівня розрахунку напружень в  $i$ -тому відсіку від навантаженого поясу.

$\sigma_{x,i,max}$ ,  $\tau_{x,i,max}$  – максимальні напруження в  $i$ -тому відсіку; нормальні (позитивні при стисканні) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{x,i,min}$ ,  $\tau_{x,i,min}$  – мінімальні напруження в  $i$ -тому відсіку; нормальні (позитивні при стисканні) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{y,i,\max}$  – максимальні поперечні напруження в  $i$ -тому відсіку (позитивні при стисканні);

$d_i$  – менша із сторін  $i$ -го відсіку  $a_i$  або  $h_i$ ;

$\xi_i = 1 - \sigma_{x,i,\min} / \sigma_{x,i,\max}$  – коефіцієнт перекосу епюри напружень в межах  $i$ -го відсіку;

$\mu_i = a_i / h_i$  – коефіцієнт форми  $i$ -го відсіку;

$\mu_1 = \mu$  при  $a_i \geq h_i$ , інакше  $\mu_1 = 1 / \mu$ ;

$\chi$  – коефіцієнт пружного утримання стінки поясом балки;

$\zeta$  – коефіцієнт, що враховує локальний характер дії сили;

$z$  – коефіцієнт, що враховує форму відсіку;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує форму відсіку;

$\sigma_{x,cr,ef}$ ,  $\sigma_{z,cr,ef}$  і  $\tau_{xz,cr,ef}$  приведені критичні нормальні і дотичні напруження;

$\varepsilon$  – коефіцієнт враховує відношення сторін відсіку і ступінь перекосу епюри напружень по висоті стінки

$\zeta$  – коефіцієнт враховує локальний характер дії зосередженої сили;

$\gamma$  – коефіцієнт враховує защемлення пластинки стінки поясом балки;

$t_f$  і  $b_f$  – товщина і ширина поясу балки;

$t_i$  і  $h_i$  – товщина і висота відсіку стінки;

$\omega_1$  – коефіцієнт враховує форму епюри нормальних напружень;

$\chi$  – коефіцієнт враховує пружне защемлення відсіку стінки поясом;

$l$  – прогін поздовжнього ребра між поперечними балками;

$I_p$  – полярний момент інерції ребра відносно листа настилу;

$b_1$  і  $t_1$  – висота і товщина стінки ребра;

$b_2$  і  $t_2$  – ширина і товщина полки ребра;

$e$  – відстань від центру ваги тавра до листа настилу;

$I_x$  і  $I_y$  – моменти інерції відносно осей  $x$  і  $y$ ;

$I_{\omega}$  – секторіальний момент інерції при стисненому крученні;

$I_t$  – момент інерції перерізу тавра при чистому крученню;

$A$  – площа тавра.

$L$  – прогін поперечної балки;

$l$  – відстань між поперечними балками;

$I_s$  – момент інерції поперечної балки;

$A_{s,l}$  – площа повного перерізу поздовжнього ребра;

$I_{s,l}$  – момент інерції повного перерізу поздовжнього ребра;

$k$  – число поздовжніх ребер;

$\psi$  – коефіцієнт: 0,055 при  $k=1$ ; 0,15 при  $k=2$ ; 0,2 при  $k \geq 3$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт;

$l$  – відстань між поперечними балками;

$L$  – прогін поперечних балок;

$l_{ef}$  – розрахункова довжина поздовжніх ребер;

$\omega$  – коефіцієнт - функція від  $\alpha$ .

$\alpha$  – коефіцієнт оцінює жорсткість поперечної балки.

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує деформацію листа з ребрами з площини;

$I_t$  – момент інерції перерізу поздовжнього ребра при вільному крученні;

$t$  – товщина листа настилу;

$b_1$  – відстань між поздовжніми ребрами.

Додаток Ж

$R_{yn}$  – характеристичне значення опору текучості;

$\Delta\sigma$  – розмах нормальних напружень від діючих розрахункових навантажень;

$\Delta\tau$  – розмах дотичних напружень від діючих розрахункових навантажень;



$\Delta\sigma_{R,n}$  – пороги витривалості нормальних напружень при певній кількості циклів навантажень  $n$ ;  $\Delta\sigma_c$  – поріг витривалості при 2 млн. циклів;  $\Delta\sigma_D$  – поріг витривалості при 5 млн. циклів;  $\Delta\sigma_L$  – поріг витривалості при 5 млн. циклів;

$\Delta\tau_{R,n}$  – пороги витривалості дотичних напружень при певній кількості циклів навантажень  $n$ .  $\Delta\tau_c$  – поріг витривалості при 2 млн. циклів;  $\Delta\tau_D$  – поріг витривалості при 5 млн. циклів;  $\Delta\tau_L$  – поріг витривалості при 5 млн. циклів;

$\gamma_{fM}$  – коефіцієнт надійності з оцінки порога витривалості;

$P_k$  – характеристичний тиск осі тандему;

$\gamma_s$  – коефіцієнт, що враховує локального навантаження;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням;

$1+\mu$  – динамічний коефіцієнт;

$N$  – кількість циклів навантажень, що підрахований за період експлуатації мосту;

$n_D$  – кількість днів в році;

$n_Y$  – проєктний строк служби мосту в роках;

$n_C$  – кількість циклів від проходу одного потягу;

$n_T$  – середня денна кількість потягів, що проходять в одному напрямку по мосту за день;

$N$  – кількість циклів розмаху напружень від проходу одного тандему в одному напрямку по мосту протягом проєктного строку служби;

$n_D = 365$  – число днів в році;

$n_Y = 100$  – проєктний строк мосту;

$n_C = 1$  – число циклів від проїзду одного тандему в одному напрямку;

$n_T$  – середня денна кількість тандемів, які проходять по мосту в одному напрямку по одній смузі;

ДБН В.2.3-26:202Х

$N_i$  – гранична кількість циклів;

$n_1, n_2 \dots n_i$  – це фактична кількість прогнозованих циклів при розмахах діючих напружень  $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2 \dots \Delta\sigma_i$ .

Додаток И

$\beta$  – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;

$m_f$  – коефіцієнт, що враховує вплив зсувів по контактах з'єднаних елементів.

Додаток К

$A$  – відстань від края отвора до кромки провушини вздовж зусилля;

$B$  – відстань від края отвора до кромки провушини поперек зусилля;

$C$  – проміжок між площинами листів провушин;

$d$  – діаметр пальця;

$d_0$  – діаметр отвору;

$n$  – кількість площин зрізів (болтів та інш.);

$t$  – товщина провушини;

$e_1$  – відстань від кромки елемента з'єднання вздовж зусилля;

$e_2$  – відстань від кромки елемента з'єднання поперек зусилля;

$p_1$  – відстань від між болтами вздовж зусилля;

$p_2$  – відстань від між болтами поперек зусилля;

$A_b, A_r$  і  $A_p$  – площа стержня болта, заклепки або пальця;

$A_s$  – площа площини зрізу;

$A_{net}$  – площа болта нетто;

$R_u$  – тимчасовий опір елементів з'єднання; характеристичне значення;

$R_{un}$  – тимчасовий опір; характеристичне значення;

$R_{ub}$  – тимчасовий опір болта; характеристичне значення;

$R_{yn}$  – опір текучості; характеристичне значення;

$F_{Ed}$  – розрахункова сила;

$F_{Ed,ser}$  – сила у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристикних навантажень;

$F_{Rd}$  – розрахунковий опір;

$F_{Rd,ser}$  – опір у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристикних навантажень;

$M_{Ed}$  – розрахунковий момент в пальці;

$c$  – проміжок між площинами листів провушин;

$t_1$  – товщина парної провушини;

$M_{Ed,ser}$  – діючий момент в пальці у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристикних навантажень.

Додаток Л

$K$  – коефіцієнт розривного зусилля;

$f$  – коефіцієнт суцільності;

$k_s$  – коефіцієнт спіральності;

$N_{Ed}$  – розрахункова найбільша сила в канатному елементі

$N_{Rd}$  – граничне розрахункове значення опору канатного елемента

$N_{Rk}$  – характеристикне значення розривного зусилля канатного елемента з анкерами;

$m$  – коефіцієнт умов робіт;

$m_k$  – коефіцієнт умов робіт канатного елемента;

$m_1$  – коефіцієнт умов роботи для несних канатних елементів мостів;

$m_2$  – коефіцієнт умов роботи для канатів з врахуванням перегинання;

$\gamma_{M2} = 1,6$  – коефіцієнт надійності канату;

$N_{min}$  мінімальне розривне зусилля каната в цілому.

ДБН В.2.3-26:202Х

$s$  – коефіцієнт зменшення несної спроможності за рахунок послаблення опору в анкерах;

$d$  – діаметр канату;

$R_r$  – мінімальне розривне напруження дротів канату;

$A_{cross}$  – площа металевого перерізу;

$L_1$  – довжина канату на контактi з сідлом від характеристикних найбільш несприятливої комбінації навантажень, включаючи ефект провисання канатів;

$L_2$  – додаткове ложе для контакту;

$R$  – радіус сідла;

$d'$  – діаметр відбитка на контактi каната з сідлом;

$\Delta\sigma_c$  – поріг витривалості при 2 млн. циклів.

Додаток М

$t_D$  – товщина листа настилу;

$h_{w,cross}$  – висота стінки поперечної балки;

$t_{f,cross}$  – товщина поясу поперечної балки;

$h_{stif}$  – висота поздовжнього ребра;

$t_{stif}$  – товщина стінки ребра;

$h_w$  – товщина стінки поперечної балки;

$e_{sL}$  – відстань в осях поздовжніх ребер;

$e_r$  – відстань в осях стінок поздовжніх ребер;

$l$  – відстань між поперечними балками;

$L$  – відстань між головними балками;

$h_s$  – товщина покриття проїзду;

$t_D$  – товщина листа настилу;

$e_{sL}$  – відстань між ребрами;

$e_r$  – відстань між стінками ребер;

$h_{stif}$  – висота ребра;

$l$  – відстань між поперечними балками;

$h_{cross}$  – висота стінки поперечних балок;

$t_{stif}$  – товщина ребра;

$t_{w,cross}$  – товщина стінки поперечної балки;

$t_{f,cross}$  – товщина поясу поперечної балки;

$e_E$  – відстань до крайньої поперечної балки;

$A$  – площа замкненого контуру, утвореного ребром;

$s_i$  – довжина  $i$ -того відрізка контуру;

$t_i$  – товщина  $i$ -того відрізка контуру;

$M_{\min}^{\max}$  – екстремальні значення згинальних моментів;

$Q_{\max}$  – максимальна поперечна сила;

$Q_{rel}$ ,  $M_{rel}$  і  $N_{rel}$  – відповідні значення інших компонентів зусиль;

$\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  і  $\tau_{xy}$  – сумарні напруження від дії локальних і глобальних

навантажень в напруженій точці листа настилу;

$Q_k$  – поперечна сила;

$I$  – момент інерції перерізу балки

$S$  – статичний момент зсуву листа настилу, відносно перерізу А–А;

$e_{sL}$  – відстань між ребрами в осях;

$h$  – плече листа настилу відносно перерізу А–А;

$W_{A-A}$  – момент опору перерізу стінки А–А;

$F_{D,loc}$  – розрахунковий тиск колеса;

$b$  – ширина перерізу А–А;

$t_w$  – товщина стінки.

$a$  – відстань між поздовжніми ребрами;

$v=2K$  т/м – навантаження на одиницю довжини колії.

Додаток Н

$t_{\min}$  – найменша з товщин деталей, що зварюються;

$t_{w,\min}$  – найменша товщина перерізу стикового шва при зварюванні деталей з неповним проплавленням;

$k_f$  – найменший з катетів кутового шва;

$\beta_f$  і  $\beta_z$  – коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів

$\sigma_w$  і  $\tau_w$  – нормальні і дотичні напруження в будь якій точці зварного шва, відповідно;

$R_{w,y}$  і  $R_{w,s}$  – розрахункові опори зварного шва текучості та зрізу, відповідно;

$R_{wint}$  – номінальне значення тимчасового опору металу шва;

$\gamma_{M2}$  – коефіцієнт надійності за матеріалом шва;

$\tau_{\perp}$  – дотичні напруження в площині перерізу шва перпендикулярно до напрямку шва;

$\tau_{\parallel}$  – дотичні напруження в площині перерізу шва вздовж напрямку шва;

$\sigma_{\perp}$  – нормальні напруження, перпендикулярні до площини руйнації;

$W$  – момент опору перерізу елемента бруто в площині, що перевіряється, (послаблення листових деталей перфораціями припускається не враховувати);

$l$  – довжина складеного елемента;

$\phi$  – коефіцієнт поздовжнього згину при розрахунку стійкості елемента в площині, що перевіряється;

$t_i$  – товщина листової деталі, що кріпиться;

$n$  – число паралельно розташованих листових деталей.

Додаток П

$F_h$  – характеристичне значення горизонтальної сили в поперечному напрямку на бордюру;

$F_v$  – характеристичне значення вертикальної сили на бордюр;

$Q_{tk}$  – характеристичне значення горизонтальної відцентрової сили поперек мосту на шов в межах проїзду

$Q_{v,A}$  – характеристичне значення аварійного навантаження;

$Q_{v,1}$ ,  $Q_{v,2}$  і  $Q_{v,3}$  – навантаження на вісь тандему на першій, другій і третій смугах;

$Q_{lk}$  – характеристичне значення горизонтальної сили вздовж мосту на шов в межах проїзду коліс тандемів від дії сили тяги/гальмування;

$F_{h,ej}$  – горизонтальна сила від сил тертя шва;

$F_{v,ej}$  – вертикальна сила від сил тертя шва.

Додаток Р

$R_{xy}$  – горизонтальна сила від зсуву;

$A$  – повна площа ГАОЧ;

$T_e$  – сумарна товщина шарів гуми.

$G$  – модуль зсуву гуми;

$\mu_{\max}$  – максимальний коефіцієнт тертя;

$\mu_a$  – коефіцієнт тертя для несприятливих дій;

$\mu_r$  – коефіцієнт тертя для сприятливих дій;

$\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від кількості ОЧ;

$F_{xy,Ed}$  – розрахункове значення сили зсуву, що діє на опорну частину;

$F_{xy,Rd}$  – розрахункове значення опору зсуву опорної частини;

$F_{z,Ed}$  – мінімальне розрахункове значення опорної реакції;

$F_{xy,a,Rd}$  – розрахункове значення опору деталей анкеріння опорної частини в горизонтальній площині;

$\mu_k$  – характеристичне значення коефіцієнта тертя на контакті з опорною частиною;

$\gamma_{\mu}$  – значення коефіцієнтів надійності для тертя опорної частини відносно балки (опори);

$F_{xy,d}$  – сумарний вектор горизонтальних сил;

$F_{z,d \min}$  – мінімальна вертикальна сила;

$\mu_e$  – коефіцієнт тертя ГАОЧ по поверхні балки або підферменника;

$\sigma_m$  – усереднене значення напружень стиску в МПА, під навантаженням

$F_{z,d \min}$  ;

$a, b$  або  $D$  – розміри контуру ГАОЧ в плані вздовж і поперек мосту, або діаметр круглої ГАОЧ;

$a', b'$  або  $D'$  – відповідні розміри сталевго листа;

$t_b$  – висота ГАОЧ;

$t_s$  і  $t_i$  – товщина сталевго листа і товщина проміжних шарів гуми;

$t_e$  – сумарна товщина  $t_i$  проміжних шарів гуми  $+1,4 \cdot t_i$  – для зовнішніх шарів гуми при їх товщині  $\geq 3$  мм;

$n$  – кількість проміжних шарів гуми;

$F_{z,d}$  – розрахункова вертикальна сила;

$\sigma_{Rd}$  – розрахунковий опір стиску ОЧ;

$\tau_{Rd}$  – розрахунковий опір зсуву ОЧ;

$\nu = 0,5$  – коефіцієнт Пуассона.

$\sigma_{c,d}$  – розрахункове напруження стиску;

$A_r$  – ефективна площа ГАОЧ знаходиться за формулою:

$A_l$  – площа сталевго листа з виключенням площі отворів;

$v_{x,d}$  і  $v_{y,d}$  – переміщення вздовж і поперек мосту;

$\tau_{xy,d}$  – дотичні напруження від переміщень  $v_{xy}$  ;

$\tau_{a,d}$  – дотичні напруження від кута повороту  $v_{xy}$  ;



$a_d = a_{0,d} + a_{w,d} + m \cdot a_{t,d} + a_i + a_0$  – сумарний кут повороту, рад.

$a_{0,d}$  – початковий кут повороту; допускається приймати =0,01;

$a_{w,d}$  – кут повороту від постійних навантажень;

$a_{t,d}$  – кут повороту від транспортних навантажень;

$a_i$  – ухил верхньої поверхні відносно підферменника;

$m = 1$  – для автомобільного і  $m = 1.2$  – для залізничного навантаження.

$S$  – коефіцієнт форми: відношення площі гуми під сталевим листом до площі бічних поверхонь;

$l_p$  – периметр сталевих листів з врахуванням отворів;

$t_e$  – ефективна товщина шару гуми;

$K_l$  – коефіцієнт навантаження;

$\varepsilon_{c,d}$  – розрахункова деформація розтягу;

$\varepsilon_{q,d}$  – розрахункова деформація зсуву;

$\varepsilon_{a,q}$  – розрахункова деформація повороту.

$\varepsilon_{t,d}$  – сумарна відносна деформація;

$\varepsilon_{u,d}$  – граничне значення відносної деформації;

$\varepsilon_{u,k}$  – максимальне значення для стадії експлуатації;

$\gamma_m$  – коефіцієнт надійності;

$S_i$  – коефіцієнт форми шару гуми;

$E_b$  – модуль об'ємної пружності гуми;

$V_{xy}$  – вектор горизонтальних сил;

$T_q$  – повна товщина всіх шарів гуми (зовнішні включно);

$N'_{Rk}$  – характеристичне значення опору стиску на одиницю довжини котку;

$E$  – модуль деформації;

ДБН В.2.3-26:202Х

$R_{un}$  – тимчасовий опір;

$r$  – радіус циліндричної поверхні;

$N'_{Rk}$  – характеристичне значення опору стиску на сфери на контакті;

$r$  – радіус опуклої поверхні;

$r_1$  – радіус увігнутої поверхні;

$e_{total}$  – сумарний ексцентриситет опорної реакції балки відносно осі опори.

**Додаток Т**  
**(довідковий)**  
**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. ТУ У 322-16-127-97 Прокат листовий з низьколегірованої сталі для мостобудування
2. ТУ У 27.1-0541-6923-085:2006 Прокат листовий зварювальний з якісної сталі класів міцності 355-590 для машинобудування
3. ЕТАГ 032 Настанова з європейського технічного впровадження. Деформаційні шви автодорожних мостів (Частини 1÷8)
4. NORSOK Standart M501. Підготовка поверхні і захисне покриття

ДБН В.2.3-26:202Х

**Ключові слова:** металеві конструкції, оцінювання якості, коефіцієнт використання, специфікація металопрокату.

Директор Державного підприємства  
«Державний дорожній науково-дослідний  
інститут імені М.П. Шульгіна»

А. Безуглий

Заступник директора з наукової роботи  
Державного підприємства «Державний  
дорожній науково-дослідний інститут імені  
М.П. Шульгіна» (науковий керівник)

В. Каськів

Головний інженер Товариства з обмеженою  
відповідальністю «Український інститут сталевих  
конструкцій імені В.М. Шимановського»  
(відповідальний виконавець)

В. Пасечнюк