



ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

МОСТИ І ТРУБИ
ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

ДБН В.2.3-26:202Х

(Проект, остаточна редакція)

Київ
Міністерство розвитку громад та територій України
202Х

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури»
- 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. Гордєєв**, 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. Дітковський**);
- Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона (**Л. Лобанов** акад. НАН України, **О. Гайворонський**, д-р техн. наук, **О. Синсок**, **В. Рябоконт**, **К. Рябцев**)
- 2 ВНЕСЕНО: Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України
- 3 ПОГОДЖЕНО: Державна служба України з надзвичайних ситуацій,
лист 03-330/261-4 від 04.01.2024
- Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України,
лист 2655/1/13-01/04-828/06-24 від 06.06.2024
- 4 ЗАТВЕРДЖЕНО: наказ Міністерства розвитку громад та територій України
від __._____.202_ р. №__
- НАБРАННЯ
ЧИННОСТІ з __._____.202_
- 5 НА ЗАМІНУ: ДБН В.2.3-26:2010

ЗМІСТ

1	Сфера застосування	1
2	Нормативні посилання	1
3	Терміни та визначення понять	7
4	Позначки та скорочення	15
5	Загальні положення	15
6	Матеріали та вироби	17
6.1	Прокат і сталеві вироби	17
6.2	Канатні елементи	18
6.3	Спеціальні вироби	18
7	Розрахунки. Загальні положення	19
7.1	Граничні стани	19
7.2	Класи перерізів	20
7.3	Розрахункові схеми	21
7.4	Коефіцієнти умов роботи	22
7.5	Опори перерізів і елементів	22
8	Розрахунки на міцність	24
8.1	Загальні положення	24
8.2	Розрахунки перерізів класу 1. Пружні розрахунки	24
8.3	Розрахунки перерізів класу 2. Пружно-пластичні розрахунки	26
8.4	Елементи, що піддані зрізу	27
8.5	Елементи, що піддані крученню	28
8.6	Елементи, що піддані згину і зрізу	30
9	Канатні елементи висячих і вантових мостів	31
10	Розрахунки стійкості стрижнів і балок	31
11	Розрахунки стійкості полиць і стінок елементів, не підкріплених ребрами жорсткості ...	38
12	Розрахункові довжини	43
13	Гранична гнучкість стрижневих елементів	48
14	Розрахунки витривалості елементів сталевих конструкцій	49
15	Особливості розрахунків несних елементів і з'єднань	52
15.1	Загальні вимоги	52
15.2	Розрахунки поздовжніх в'язей	53
15.3	Розрахунки елементів проїзду	55
15.4	Розрахунки з'єднань	58
16	Конструювання	58
16.1	Загальні вимоги	58
16.2	Конструювання залізничних мостів	59

16.3 Перерізи елементів	62
16.4 Заміна товщини поясних листів. Пакети з двох і більше листів	63
16.5 Ребра жорсткості відкритих балок і коробок	66
16.6 Попередньо напружені прогонові будови	67
16.7 Деталі конструкцій	67
16.8 Конструкція планок і перфорованих листів	71
16.9 Особливості конструкції болто-зварних прогонових будов	71
16.10 Конструкції ортотропних плит, опорних частин і деформаційних швів	74
Додаток А (обов'язковий) Характеристика класів перерізів	75
А.1 Класи перерізів	75
А.2 Клас 1. Пружна робота перерізу	75
А.3 Клас 2. Обмежені пластичні деформації	76
А.4 Клас 3. Необмежені пластичні деформації (пластичний шарнір)	77
Додаток Б (довідковий) Матеріали та вироби	79
Б.1 Загальна характеристика прокату і виробів	79
Б.2 Сталевий листовий, сортовий та фасонний прокат	80
Б.3 Виливки	84
Б.4 Критерії оцінювання прокату для використання в основних несних конструкціях мостів	84
Б.5 Матеріали для зварювання	86
Б.6 Кріпильні вироби	90
Додаток В (довідковий) Розрахунки ефективної ширини плит	91
В.1 Ефективні геометричні характеристики перерізів	91
В.2 Коефіцієнти редукції, отримані на основі формул	91
В.3 Коефіцієнти редукції, отримані на базі просторових розрахунків	94
Додаток Г (довідковий) Кручення	96
Г.1 Вільне кручення	96
Г.2 Стиснене кручення	97
Додаток Д (обов'язковий) Розрахунки стійкості стрижнів і споруд у цілому	98
Д.1 Основні положення	98
Д.2 Коефіцієнти поздовжнього згину у розрахунках стійкості стрижнів і балок	100
Д.3 Розрахунки приведених відносних ексцентриситетів	103
Д.4 Розрахунки критичних зусиль N_{cr} та M_{cr}	106
Д.5 Максимальні відстані між в'язями для стиснутого поясу	108
Додаток Е (обов'язковий) Розрахунки місцевої стійкості пластинок, ребер жорсткості і ортотропних плит	110
Е.1 Розрахунки місцевої стійкості стінок балок, підкріплених ребрами жорсткості	110
Е.2 Вимоги до ребер	124
Е.3 Розрахунки стійкості ортотропних плит	128
Додаток Ж (обов'язковий) Розрахунки витривалості	132
Ж.1 Сфера застосування	132
Ж.2 Оцінка витривалості	132
Ж.3 Розрахунок розмаху напружень	134

Ж.4 Підрахунок кількості циклів навантажень	135
Ж.5 Оцінка витривалості від сумісної дії автомобільного і рейкового транспорту	137
Ж.6 Таблиці категорій витривалості.....	138
Ж.7 Графік опору втомі.....	160
Додаток И (обов'язковий) Коефіцієнти для розрахунків витривалості.....	162
Додаток К (обов'язковий) З'єднання на болтах, заклепках і пальцях	167
К.1 Загальні положення.....	167
К.2 Отвори для болтових з'єднань.....	167
К.3 З'єднання на звичайних болтах	169
К.4 З'єднання на високоміцних болтах	176
К.5 Конструктивні вимоги і розрахунки болтових з'єднань.....	179
К.6 З'єднання на ін'єкційних болтах	185
К.7 З'єднання на пальцях	185
Додаток Л (обов'язковий) Сталеві канатні елементи	189
Л.1 Загальні вимоги	189
Л.2 Основа для проєктування.....	190
Л.3 Жорсткості канатних елементів.....	193
Л.4 Основа проєктування сидла	194
Л.5 Витривалість.....	195
Л.6 Групи канатних елементів та анкерні з'єднання.....	195
Додаток М (обов'язковий) Ортотропні плити	199
М.1 Ортотропні плити автопроїзду. Конструктивні вимоги	199
М.2 Ортотропні плити пішохідних мостів. Конструктивні вимоги	202
М.3 Ортотропні плити під рух потягів. Конструктивні вимоги	202
М.4 Розрахунки плит під автомобільний рух	205
М.5 Розрахунки плит під рух потягів	211
М.6 Особливості конструювання	213
Додаток Н (обов'язковий) Зварні з'єднання	219
Н.1 Розрахунки швів.....	219
Н.2 Розрахунки швів складених елементів	224
Додаток П (довідковий) Деформаційні шви	226
П.1 Строк експлуатації деформаційного шва.....	226
П.2 Типи і використання деформаційних швів	226
П.3 Розрахунок деформаційних швів і елементів кріплення	228
П.4 Проєктування деформаційного шва	230
Додаток Р (обов'язковий) Основні типи мостових опорних частин.....	232
Р.1 Типи опорних частин.....	232
Р.2 Коефіцієнти тертя для ковзних опорних частин	234
Р.3 Коефіцієнти тертя для коткових і балансирних опорних частин	235
Р.4 Закріплення опорних частин	236
Р.5 Основні дані і розрахунки опорних частин	238
Р.6 Ексцентриситети зусиль від опорних частин	246

Р.7 Загальні вимоги до опорних частин.....	248
Р.8 Горизонтальні реакції на опори	248
Додаток С (довідковий) Позначки	253
С.1 Позначки розділів основного тексту	253
С.2 Позначки, що надані в додатках	259
Додаток Т (довідковий) Бібліографія	276

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 будівельні норми (далі – норми) встановлюють правила проєктування сталевих конструкцій залізничних, автодорожніх, суміщених під рейковий і автомобільний транспорт мостів і дорожніх труб, пішохідних мостів; підземних переходів, призначених для руху пішоходів і велосипедистів під залізницями, автомобільними дорогами загального користування та вулицями і дорогами міст та інших населених пунктів; прогонових будов та опор розвідних мостів.

1.2 Норми не поширюються на проєктування механізмів розвідних мостів, складних спеціальних виробів, таких як сферичні опорні частини і модульні деформаційні шви.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих нормах є посилання на такі документи:

ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва

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

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

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

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

ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент

ДСТУ 8541:2015 Прокат сталевий підвищеної міцності. Технічні умови

ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови

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

ДБН В.2.3-26:202Х

ДСТУ 8814:2018 Транспортні споруди. Мости автодорожні. Терміни та визначення понять

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

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

ДСТУ 9286:2024 Система проектної документації для будівництва. Правила виконання проектної та робочої документації металевих будівельних конструкцій

ДСТУ Б А.2.4-43:2009 (ГОСТ 21.502-2007, MOD) Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій

ДСТУ Б В.2.6-177:2011 Конструкції будівельні сталеві. Умовні позначення (марки)

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

ДСТУ EN 1090-2:2019 (EN 1090-2:2018, IDT) Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій. Частина 2. Технічні вимоги до сталевих конструкцій

ДСТУ EN 1090-4:2019 (EN 1090-4:2018, IDT) Виконання сталевих та алюмінієвих конструкцій. Частина 4. Технічні вимоги до холодноформованих сталевих будівельних елементів та конструкцій для покрівель, стель, підлог і стін

ДСТУ EN 1337-2:2022 (EN 1337-2:2004, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 2. Елементи ковзання

ДСТУ EN 1337-3:2023 (EN 1337-3:2005, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 3. Еластомерні опорні частини

ДСТУ EN 1337-4:2022 (EN 1337-4:2004, IDT; EN 1337-4:2004/AC:2007, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 4. Коткові опорні частини

ДСТУ EN 1337-5:2022 (EN 1337-5:2005, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 5. Стаканні опорні частини

ДСТУ Б EN 1337-6:2015 Опорні частини будівельних конструкцій.

Частина 6. Балансирні опорні частини (EN 1337-6:2004, IDT)

ДСТУ EN 1337-7:2022 (EN 1337-7:2004, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 7. Сферичні та циліндричні опорні частини з ПТФЕ

ДСТУ EN 1337-8:2022 (EN 1337-8:2007, IDT) Опорні частини будівельних конструкцій. Частина 8. Напрямні та обмежувальні опорні частини

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проектування з'єднань (EN 1993-1-8:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, 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 10025-2:2022 (EN 10025 2:2019, IDT) Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей

ДСТУ EN 10025-3:2022 (EN 10025-3:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 3. Технічні умови постачання нормалізованого / нормалізованого прокату зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей

ДСТУ 10025-4:2022 (EN 10025-4:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 4. Технічні умови постачання для термомеханічного прокату зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей

ДСТУ EN 10025-5:2022 (EN 10025 5:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 5. Технічні умови постачання конструкційних сталей із підвищеною стійкістю до атмосферної корозії

ДСТУ EN 10025-6:2022 (EN 10025-6:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 6. Технічні умови постачання плоских виробів

ДБН В.2.3-26:202Х

із конструкційних сталей із високою межею текучості в загартованому та відпущеному стані

ДСТУ EN 10029:2022 (EN 10029:2010, IDT) Гарячекатаний сталевий лист завтовшки 3 мм і більше. Допуски на розміри та форму

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

ДСТУ EN 10051:2022 (EN 10051:2010, IDT) Неперервно гарячекатана смуга та плита/лист, вирізані з широкої смуги нелегованої та легованої сталі. Допуски на розміри та форму

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

ДСТУ 10058:2022 (EN 10058:2018, IDT) Гарячекатаний плоский сталевий пруток і сталевий широкий плоский прокат загального призначення. Розміри та допуски на форму та розміри

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 10067:2006 Штабобульб гарячекатаний. Розміри та допуски на розміри, форму і масу (EN 10067:1996, IDT)

ДСТУ EN 10162:2022 (EN 10162:2003, IDT) Холоднокатані сталеві профілі. Технічні умови постачання. Допуски на розміри та поперечні перерізи

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

час постачання. Частина 2. Лист і широка штаба

ДСТУ EN 10163-3:2016 Лист сталевий гарячекатаний товстий, широка штаба та профілі. Вимоги до якості поверхні під час постачання. Частина 3. Профілі (EN 10163-3:2004, IDT)

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 10213:2016 Виливки сталеві для роботи під тиском (EN 10213:2007 + A1:2016, IDT)

ДСТУ EN 10213-1:2005 Виливки сталеві для роботи під тиском. Технічні умови постачання. Частина 1. Загальні положення (EN 10213-1:1995, IDT)

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

ДСТУ EN 14399 Болтові комплекти конструкційні високоміцні для попереднього натягу. Частина 3, 4, 5, 6, 7, 8

ДСТУ EN 15048 Болтові комплекти конструкційні для застосування без попереднього натягу. Частина 1, 2

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

ДБН В.2.3-26:202Х

ДСТУ EN ISO 14171:2015 (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT)

Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація

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

ДСТУ EN ISO 17632:2019 (EN ISO 17632:2015, IDT; ISO 17632:2015, IDT)

Зварювальні матеріали. Дроти порошкові для дугового зварювання нелегованих і дрібнозернистих сталей у захисному газі чи без захисного газу. Класифікація

ДСТУ EN ISO 18275:2019 (EN ISO 18275:2018, IDT; ISO 18275:2018, IDT)

Зварювальні матеріали. Електроди для ручного дугового зварювання жароміцних сталей. Класифікація

ДСТУ EN ISO 26304:2019 (EN ISO 26304:2018, IDT, ISO 26304:2017, IDT)

Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом високоміцних сталей. Класифікація

ДСТУ EN ISO 2063-2:2022 (EN ISO 2063-2:2017, IDT; ISO 2063-2:2017, IDT) Напилення термічне. Цинк, алюміній та їхні сплави. Частина 2. Виконання систем антикорозійного захисту

ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури (ISO 4287:1997. IDT+ISO 4287:1997/Cor 1:1998. IDT+ISO 4287:1997/Cor 2:2005. IDT)

ДСТУ ISO 8501-1:2015 (ISO 8501-1:2007, IDT) Підготовка сталевих поверхонь перед нанесенням фарб і подібної продукції. Візуальне оцінювання чистоти поверхні. Частина 1. Ступені іржавіння та ступені підготовки непофарбованих сталевих поверхонь і сталевих поверхонь після повного видалення попередніх покриттів

ДСТУ ISO 12944 (ISO 12944, IDT) Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами (Частини 1–4)

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

ДСТУ EN ISO 1461:2022 (EN ISO 1461:2009, IDT; ISO 1461:2009, IDT)
Покриття, нанесене методом гарячого цинкування на вироби із чавуну та сталі.
Технічні вимоги та методи випробування

Примітка. Чинність норм та стандартів, на які є посилання в цих нормах, 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, слід застосовувати нові норми або стандарти, охоплюючи всі внесені зміни до них.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цих нормах використано терміни, встановлені у:

ДСТУ 8814 – деформаційний шов (*expansion joint*), лист настилу, підферменник, прогонова будова, розвідні мости;

ДСТУ EN 1337-2 – мастило, політетрафторетилен (ПТФЕ);

ДСТУ EN 1337-3 – армована опорна частина, еластомерна опорна частина;

ДСТУ EN 1337-4 – коткова опорна частина;

ДСТУ EN 1337-5 – стаканна опорна частина;

ДСТУ Б EN 1337-6 – балансир, балансирна плита;

ДСТУ EN 1337-7 – матеріал ковзання, сферична опорна частина з ПТФЕ, циліндрична опорна частина з ПТФЕ;

ДСТУ EN 1337-8 – напрямна опорна частина.

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

3.1 абсолютний поріг витривалості

Найбільше максимальне напруження за циклічного навантаження, під час якого ще не виникають втомні тріщини (втомне руйнування) за необмеженої кількості циклів (більшій ніж 100 млн)

3.2 анкер (socket)

Постійний замикальний елемент на кінцях каната для передачі зусиль з каната на іншу частину анкерного пристрою

3.3 анкерний пристрій (anchorage)

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

3.4 атмосферостійка сталь (structural steels with improved atmospheric corrosion resistance)

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

3.5 балансирна (тангенціальна) опорна частина

Сталева опорна частина, яка передає контактні зусилля по площі дотику плоскої і криволінійної, або обох криволінійних поверхонь. Криволінійна поверхня може бути частиною циліндра або сфери

3.6 вивідні планки

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

3.7 виливки (cast steel products)

Вироби, що отримані литтям з подальшою термічною, зварювальною або механічною обробкою

3.8 вирив

Різновид руйнування вузла в результаті розриву фасонки або накладки

3.9 високоміцні болти

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

3.10 витривалість

Властивість деталей і з'єднань протистояти втомі

3.11 відкритий поперечний переріз

Поперечний переріз, що складений з відрізків, які не утворюють замкнений контур

3.12 відносний поріг витривалості

Найбільше максимальне напруження за циклічного навантаження, під час якого ще не виникають втомні тріщини (втомне руйнування) за певної кількості циклів (2 млн або 5 млн)

3.13 вільне кручення

Кручення стрижня під дією моменту, коли в його перерізі виникають тільки дотичні напруження, а депланація постійна по довжині стрижня

3.14 всебічно-рухома опорна частина

Опорна частина, що уможливорює поворот між двома елементами конструкції та горизонтальне переміщення в обох напрямках

3.15 вуглецева сталь (*carbon (non-alloy) structural steels*)

Сталь з обмеженим умістом вуглецю не більше ніж 0,5 % без легувальних добавок

3.16 гарячекатана сталь (*hot-rolled steel*)

Сталь, яку деформують у розігрітому стані

3.17 граничний стан

Стан, за якого споруда в цілому або її частина перестають задовольняти заданим вимогам

3.18 гребінка

Елемент перекриття консольного деформаційного шва

3.19 група опорних частин

Сукупність однотипних опорних частин, що мають однаковий напрямок переміщень

3.20 демпфер (*damper*)

Пристрій для гасіння енергії коливань

3.21 депланація поперечного перерізу

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

3.22 деформована схема

Розрахункова схема, у рівняннях рівноваги якої враховуються

переміщення від початкового незавантаженого стану і зміни в положенні навантажень від деформацій

3.23 довговічність

Здатність споруди тривалий час зберігати робочий стан за відповідної системи технічного обслуговування і прийнятому порядку проведення ремонтів

3.24 допоміжні конструкції мосту

Конструкції, що є частиною проїзної частини, декоративного оформлення, експлуатаційних облаштувань тощо

3.25 дріт (*wire*)

Індивідуальне високоміцне сталеве волокно круглого або Z-подібного перерізу з діаметром до 8 мм

3.26 дротовий трос (*wire rope*)

Зібрані разом спіральні пасма, що розташовані по спіралі навколо сталевому або волоконного сердечника, як правило, із звиванням у зустрічних напрямках

3.27 залізничні решітчасті ферми

Наскрізна конструкція, схема і складові частини якої показані на рисунку 16.1.

3.28 замкнене ребро

Ребро, яке разом з перерізом листа настилу утворює замкнений контур

3.29 замкнений поперечний переріз

Поперечний переріз, що складений з відрізків, які утворюють замкнений контур

3.30 звичайні болти

Болти без попереднього натягу (рекомендовані класи міцності 3.6, 4.6 і 5.6)

3.31 знімна підкладка

Сталева підкладка, яку знімають після зварювання

3.32 зрізні з'єднання

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

3.33 кабель (*cable*)

Розтягнутий елемент, що включає один чи більше канатних елементів,

об'єднаних або розділених спеціальними пристроями по довжині

3.34 канат (*strand*)

Гнучкий виріб з дроту чи органічних волокон

3.35 канат з паралельних дротів (*parallel wire strand*)

Пучок прямих паралельних дротів, поєднаних в один елемент

3.36 канат закритого типу (*locked coil strand*)

Спіральний мостовий канат, у якого дроти зовнішнього шару мають Z-подібний переріз і щільно розташовані

3.37 ковани вироби (*forged products*)

Сталеві вироби, піддані нагріванню і обробці тиском зі зміною їхніх механічних властивостей

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

Низьколегована сталь, яка піддана нормалізації

3.39 контактні напруження

Напруження, що виникають під час взаємного натискання двох тіл, обмежених криволінійними поверхнями

3.40 корінь шва

Частина шва зварювання, що найбільш віддалена від лицевої поверхні

3.41 легована сталь (*alloy steel*)

Сталь, у яку додають інші метали (зокрема, нікель, хром, молібден) з метою надання їй додаткових властивостей. За ступенем легування сталі поділяють на низьколеговані з умістом легувальних елементів менше ніж 2,5 %, середньолеговані з умістом легувальних елементів у межах від 2,5 % до 10 % та високолеговані, де вміст легувальних елементів перевищує 10 %

3.42 матеріал заповнення анкеру (*socket filler material*)

Матеріал, який вводять у рідкому стані в порожнину анкерного стакану для фіксації дротів та герметизації в анкері

3.43 нерухома опорна частина

Опорна частина, що уможливорює поворот між двома елементами

конструкції, але запобігає переміщенням в усіх напрямках

3.44 оболонка каната (*sheath*)

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

3.45 опорна частина (ОЧ)

Пристрій, що призначений для передачі навантажень з прогонової будови на опору та забезпечує проєктні переміщення прогонової будови

3.46 ортотропна плита

Плита проїзної частини сталевий прогонової будови мосту, яка складається з листа настилу та привареного до неї набору поздовжніх і поперечних ребер

3.47 переріз шва

Найменший розмір поперечного перерізу шва зварювання, з урахуванням зони проплавлення

3.48 перехідний шов

Щілина між деформаційним швом та дорожнім покритвом заповнена герметиком

3.49 поздовжні ребра

Ребра відкритого і замкненого перерізів, що розміщені вздовж осі балки

3.50 позацентрово стиснуті стрижні

Стрижні, в яких сила стиску діє з постійним ексцентриситетом по всій довжині стрижня, епюра моментів прямокутна і поперечні сили відсутні

3.51 полірована аустенітна сталь

Сталь листів ковзання з малим коефіцієнтом тертя, за рахунок полірування до дзеркального вигляду (ступінь 1К), високої твердості і малого зносу під час переміщення антифрикційного матеріалу

3.52 поперечні ребра (балки)

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

3.53 пружні розрахунки

Розрахунки, в яких залежність між навантаженнями та деформаціями є лінійною

3.54 розрахунковий строк експлуатації

Період протягом якого конструкція відповідає проєктним вимогам, у разі виконання правил експлуатації

3.55 розрахункові значення ефектів навантаження

Добуток від множення характеристичних значень на коефіцієнт надійності за навантаженням без урахування (або з урахуванням) динамічних ефектів

3.56 розрахункові значення механічних характеристик прокату і виробів

Частка від ділення характеристичних значень на коефіцієнт надійності за матеріалом

3.57 сідло (*saddle*)

Ложе для канатів, розташоване на пілоні або стояні, яке дозволяє плавно перегинати канати, змінюючи їх напрям

3.58 сідло-сепаратор (*splay saddle*)

Сідло, що дозволяє розділяти окремі канати (пасма)

3.59 спіральний канат пасма (*spiral strand*)

Канат з малою кількістю дротів, що лежать по спіралі навколо прямого дроту, як правило, з 7 або 19 – дровою конфігурацією

3.60 спіральний мостовий канат (*spiral bridge strand*)

Канат з великою кількістю дротів, що лежать по спіралі навколо центрального прямого дроту (не менше ніж три шари) з наступними шарами зустрічних напрямків (як правило, але не обов'язково)

3.61 стаканна опорна частина (*pot bearing*)

Опорна частина будівельної конструкції, що складається з еластомерної прокладки (поворотний елемент), поміщеної у циліндр за допомогою пістону з щільним приляганням, та внутрішнього ущільнювача

3.62 стиснене кручення

Кручення стрижня за якого крім дотичних виникають напруження, нормальні до поверхні перерізу, а депланація змінюється по довжині стержня

3.63 стиснуто-зігнуті стрижні

Стиснуті стрижні, піддані згину поперечним навантаженням

3.64 стяжка (*clamp*)

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

3.65 тонкостінні перерізи

Перерізи, в яких товщина стінок, як мінімум у 10 разів менша за довжину контурної лінії поперечного перерізу

3.66 траверсна балка

Поперечна балка основних конструкцій мосту або модульного деформаційного шва, на яку спираються модулі (рейки і еластомерне заповнення)

3.67 утома (*fatigue of materials*)

Деградація механічних властивостей матеріалу деталей і з'єднань через накопичення пошкоджень під дією циклічних навантажень і появу втомних тріщин

3.68 фасонка

Листовий елемент конструкції, до якого приєднують інші елементи

3.69 фланцеве з'єднання

Роз'ємне болтове з'єднання металевих стрижневих (переважно трубчастих) елементів за допомогою фланців – товстостінних пластинчастих деталей з отворами, які закріплюють (приварюють) на кінцях з'єднуваних елементів, повністю їх перетинаючи

3.70 фрикційне з'єднання

Роз'ємне болтове з'єднання, в якому зусилля передаються силами тертя, а високоміцні болти з'єднання призначені лише для стиснення шорстких

поверхонь і працюють тільки на розтяг

3.71 характеристичні (нормативні) значення

Значення, що характеризують розрахунковий параметр з певною ймовірністю і наведені в нормативних документах. Розрізняють характеристичні значення ефектів навантажень і ефектів опору

3.72 центрально стиснуті стрижні

Стрижні, в яких рівнодійна сил стиску перетинає поперечний переріз у його геометричному центрі

3.73 штабове ребро

Платке ребро постійної товщини.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

CEV – вуглецевий еквівалент

EXC (*execution class*) – клас виконання

HV – твердість металу швів за шкалою Віккерса

ЕАОЧ – еластомерні армовані опорні частини

КМ – креслення металевих конструкцій

МСЕ – метод скінченних елементів

МСМ (MSM) – Маурер слизький матеріал (Maurer Sliding Material)

ОЧ – опорна частина

ПВ – висока площинність

ПО – особливо висока площинність

ПТФЕ – політетрафторетилен (матеріал ковзання)

Познаки за розділами та додатками наведено в додатку С.

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Ці норми встановлюють вимоги, за якими проєктують сталеві конструкції залізничних і автодорожніх мостів та дорожніх труб, пішохідних мостів, підземних переходів, призначених для руху пішоходів і велосипедистів під залізницями, автомобільними дорогами загального користування та вулицями і дорогами міст та інших населених пунктів, прогонових будов та опор

розвідних мостів, що відповідають своєму функціональному призначенню та мають такий рівень надійності, який гарантує безпечну експлуатацію протягом розрахункового строку експлуатації.

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 виконують відповідно до ДБН А.3.1-5, ДСТУ 9054, ДСТУ EN 1090-1, ДСТУ EN 1090-2 та ДСТУ EN 1090-4. Клас виконання несних конструкцій приймають ЕХС-3 для мостів усіх призначень. Для допоміжних конструкцій мостів приймають ЕХС-2.

5.3 Під час проектування сталевих конструкцій мостів рекомендовано:

- під час вибору статичних схем, приймати статичну схему, для якої відмова одного з елементів не призведе до руйнації споруди в цілому;
- забезпечити можливість огляду і ремонту елементів і вузлів споруди без зупинок під час експлуатації;
- обирати конструкції з більшим ресурсом втоми.

5.4 Безвідмовність роботи елементів мосту протягом розрахункового строку експлуатації вважається забезпеченою за умови:

- належного виготовлення конструкцій, їх монтажу і відповідного контролю на всіх етапах спорудження;
- виконання розрахунків витривалості, що підтверджують розрахунковий строк експлуатації без втомних тріщин;
- створення умов для заміни елементів, які потрібно з часом замінювати;
- оцінки в проєкті аварійних ситуацій;
- утворення спеціального захисту для несних конструкцій, розташованих поруч з проїздом, де наїзд транспорту вірогідний (наприклад, посиленої бар'єрної огорожі);
- захисту від корозії елементів і з'єднань. Фрикційні поверхні з'єднань на високоміцних болтах потребують захисту від будь-яких забруднень;
- забезпечення доступу для огляду і ремонту для підтримання проєктного

технічного стану (елементи, що 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, а у місцях можливого накопичення і застою води слід передбачати отвори діаметром від 20 мм до 25 мм);

- захисту сталевих ортотропних плит проїзду водонепроникним покриттям, що забезпечує гарантований зв'язок плити з покриттям;

- збільшення товщини прокату, застосовування біметалевого прокату або спеціального антикорозійного захисту для елементів, розташованих у ґрунті або у воді (наприклад, стінок труб фундаментів опор) за неможливості забезпечення їхньої нормальної експлуатації;

- збільшення товщини елементів ортотропної плити, параметри яких знайдено за критеріями міцності, стійкості та витривалості для забезпечення необхідної довговічності проїзної частини автодорожніх мостів.

5.5 Креслення сталевих конструкцій мостів усіх призначень необхідно виконувати відповідно до вимог ДСТУ 9286:2024.

5.6 Навантаження для проєктування та розрахунку міцності і стійкості сталевих водопропускних та дорожніх труб приймають згідно з ДБН В.1.2-15.

5.7 Розрахунок міцності та стійкості сталевих конструкцій водопропускних та дорожніх труб, а також їхніх елементів і з'єднань виконують відповідно до ДБН В.2.6-198.

5.8 Товщину засипки над трубами приймають за розрахунком, але не менше ніж вказано в ДБН В.2.3-22.

5.9 Систему антикорозійного захисту мостових конструкцій із сталі визначають відповідно до ДСТУ ISO 12944, ДСТУ EN ISO 1461, ДСТУ EN ISO 2063-2, ДСТУ EN 1090-1, ДСТУ EN 1090-2.

6 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

6.1 Прокат і сталеві вироби

6.1.1 Для несних та допоміжних конструкцій мостів рекомендовано

застосовувати матеріали та вироби, що наведені в додатку Б.

6.1.2 Базовими механічними характеристиками прокату і виробів, які використовують для розрахунків і надають у нормативних документах є:

R_{yn} – опір текучості; приймають як характеристичне (нормативне) значення;

R_{un} – тимчасовий опір; приймають як характеристичне (нормативне) значення.

6.1.3 У розрахунках показники матеріалу для конструкційних сталей потрібно 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. Під час розрахунку впливів на сталезалізобетонну конструкцію від різниці температур залізобетонної плити і сталевий балки коефіцієнт лінійного температурного розширення приймають рівним $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

6.2 Канатні елементи

6.2.1 Розрахунки канатних елементів і технічні умови виготовлення мають відповідати наданим у додатку Л.

6.2.2 Розтягнуті елементи з суцільних стрижнів із зварними або різьбовими закріпленнями можна проєктувати за цими 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 у додатках П і Р.

6.3.3 Ці норми поширюються на проєктування коткових і балансирних (тангенціальних) опорних частин та деформаційних швів, за виключенням 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 аварійного руйнування конструкції, розділені на:

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

Під час розрахунків 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);
- стан втомних тріщин у другорядних (не основних) елементах конструкції;
- стійкість другорядних (не основних) елементів конструкції;
- стан корозії елементів і з'єднань.

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:

- 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, оцінюють розрахунками витривалості елементів плит

Обмеження експлуатаційного граничного стану приймають згідно з чинними нормами. Додаткові обмеження залежно від конструктивної схеми мосту і його призначення можуть встановлюватись в завданні на проєктування.

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 γ_f , на динамічні коефіцієнти $(1 + \mu)$, а також на коефіцієнт надійності за відповідальністю γ_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 γ_m ;

m – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1);

γ_m – коефіцієнт надійності (враховує відхил від номінальних значень механічних властивостей матеріалу і геометричних параметрів).

7.2 Класи перерізів

7.2.1 Перевірку перерізів елементів виконують за класами перерізів залежно від появи пластичних деформацій, характеру навантажень і виду розрахунків (див. додаток А).

7.2.2 Під час виконання всіх розрахунків, опір локальній втраті стійкості елементів перерізу має бути забезпечений для всіх класів перерізів.

7.3 Розрахункові схеми

7.3.1 Розрахункові схеми у перерізах яких слід знаходити поздовжні і поперечні сили, згинальні моменти і, в разі необхідності, крутильні моменти будують на основі стрижневих елементів. На основі цих зусиль виконують перевірку міцності поперечних перерізів стрижня.

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

Розрахункові схеми, складені з нестрижневих скінчених елементів, розглядають як допоміжні. Їх використовують для оцінки нерівномірності розподілу напружень у місцях різкої зміни форми елементів або інтенсивності навантажень.

7.3.2 Під час визначення зусиль в елементах конструкцій навантаження, впливи та відповідні коефіцієнти приймають згідно з ДБН В.1.2-15, а для розрахунків витривалості згідно з додатком Ж.

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

Для врахування перерозподілу внутрішніх зусиль від пластичних деформацій матеріалу розрахунок слід виконувати у фізично нелінійній постановці задачі.

7.3.3 Для розрахунку решітчастих ферм рекомендовано використовувати розрахункові схеми з жорстким приєднанням стрижнів до вузлів або до вузлових вставок. Допускається приймати з'єднання шарнірним, якщо за такого припущення конструкція зберігає свою незмінюваність. Це не стосується поясів головних ферм у місцях приєднання підвісок і елементів головних ферм з відношенням висоти перерізу до довжини елемента більшим ніж 1:15. Для них жорстке приєднання є обов'язковим.

7.3.4 За вісь стрижневих елементів приймають лінію, що з'єднує центри

ваги їх перерізів. Під час визначення положення центру ваги перерізу ослаблення його отворами болтових з'єднань не враховують, а ослаблення перфорацією приймають постійним по всій довжині елемента.

7.3.5 Ексцентриситет приєднання стрижневого елемента до вузла можна не враховувати, якщо він не перевищує:

- для двотаврових та П-подібних, коробчастих і елементів з двох швелерів 1,5 % висоти перерізу;
- для Т та Н-подібних елементів 0,7 % висоти перерізу.

В елементах кутикових в'язей з болтовими з'єднаннями, центрованих по рисках, найближчих до обушка, ексцентриситет можна не враховувати.

7.3.6 Розраховуючи міцність і витривалість конструкцій слід застосовувати геометричні характеристики перерізів – нетто, а для розрахунків стійкості – брутто.

7.4 Коефіцієнти умов роботи

7.4.1 Коефіцієнти умов роботи для елементів і з'єднань приймають 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 із залізницею; пішохідні мости;	0,9
	Всі інші типи мостів	1,0
Монтаж і транспортування	Для всіх мостів	1,0
Примітка 1. Залізничними мостами тут названі мости, що розраховані на навантаження СК відповідно до ДБН В.1.2-15. Примітка 2. Мости під потяги метро або інший міський рейковий транспорт (крім електропоїздів) не відносяться до залізничних мостів.		

7.4.2 Для елементів суміщених мостів із 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 приймають 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 залежно від типів розрахунків, від різновиду елементів і з'єднань. Коефіцієнти, що надані в таблиці 7.3, характеризують похибки в оцінюванні опорів матеріалів і з'єднань, що 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 (з підгонкою)	$R_{p,k} = R_{un}$
Зминання циліндричних поверхонь у шарнірах (цапфах) опорних частин за щільного дотику	$R_{lp,k} = 0,5 \cdot R_{un}$
Болтові з'єднання	Опір зминанню, зрізу і розтягу приймають відповідно до додатку К
Провушини	Опір зминанню циліндричних поверхонь пальця і провушини, опір зрізу пальця, опір розриву і зрізу провушини приймають відповідно до додатку К
Коткові опорні частини	Опір зминанню на контакті циліндричної і сферичної поверхні з плоскою поверхнею, або двох сферичних поверхонь між собою приймають відповідно до додатку Р
Стикові шви: – стиск-розтяг, – зріз і згин.	Приймають, як для основного металу, відповідно до додатку Н
Кутові шви: – зріз умовний по металу шва – зріз умовний по металу сплавлення	Приймають 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, за яких залишкові деформації становлять 0,2 % із забезпеченістю 95 %. R_{un} – тимчасовий опір, напруження, яке дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передує руйнуванню, до початкової площі зразка. $R_{w,un}$ – тимчасовий опір наплавленого металу шва.	

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнтів надійності опору

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

8 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

8.1 Загальні положення

Розрахунки міцності виконують 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 і стиск, згин і зріз. За необхідності виконують розрахунки на кручення.

8.2 Розрахунки перерізів класу 1. Пружні розрахунки

8.2.1 Перевірку міцності під час виконання пружних розрахунків 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 σ_x , σ_y і τ_{xy} – нормальні напруження в критичній точці вздовж осей x , y і дотичні напруження від дії розрахункових навантажень;

m – коефіцієнт умов роботи, приймають за таблицею 7.1;

R_{yn} – опір текучості (характеристичне значення);

γ_{M0} – коефіцієнти надійності, приймають за таблицею 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 у перерізі зусиль N_{Ed} , M_{Ed} , Q_{Ed} .

8.2.2 Пружні розрахунки перерізів елементів, підданих дії поздовжньої сили і згину в двох площинах відносно осей x і y , виконують 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 поздовжня сила і згинальні моменти відносно осей x і y .

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

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

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

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

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 знаходять з використанням *ефективної* ширини плит b_{eff} згідно з додатком В.

8.2.3 Формулу (8.2) слід використовувати і тоді, коли один або два з членів навантажень N_{Ed} , $M_{x,Ed}$ і $M_{y,Ed}$ дорівнюють нулю.

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

визначати 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);
 γ_{M0} і γ_{M2} – коефіцієнти надійності, за таблицею 7.3;
 A_n – площа перерізу нетто.

8.2.5 Розтягнуті елементи мостів та підвісних систем з прокату (не тільки округлої форми), слід відносити до розтягнутих елементів групи А і розраховувати згідно з додатком Л.

8.3 Розрахунки перерізів класу 2. Пружно-пластичні розрахунки

8.3.1 Розрахунки міцності позацентрово-стиснутих і стиснуто-зігнутих, позацентрово-розтягнутих і розтягнуто-зігнутих стрижнів під час згину у двох головних площинах виконують 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 знаходять з використанням коефіцієнтів редукції β для перерізів у пружно-пластичному стані за додатком В.3.

κ_x і κ_y – коефіцієнти збільшення опору перерізів за рахунок появи обмежених пластичних деформацій, відносно головних осей x і y .

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

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

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 Під час розрахунків з урахуванням появи пластичних деформацій, для елементів, що сприймають зусилля різних знаків, обмежують розмах напружень за пружних розрахунків 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, обчислені з припущення пружної роботи матеріалу;

τ_1 і τ_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 τ для перерізів класу 1 під час виконанні пружних розрахунків 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 зазнає зсуву;

I_x – момент інерції перерізу;

t – товщина стінки.

За наявності ослаблення стінки отворами болтових з'єднань замість товщини стінки t у формулу (8.11) підставляють 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, оцінюють виходячи з прямокутної епюри напружень у стінках:

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

де A_Q – площа зрізу, яка дорівнює:

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

– 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 (через малість напружень), а в замкнених перерізах допускається не враховувати вплив стисненого кручення. Тобто, рекомендується виконувати розрахунки елементів відкритого перерізу на стиснене кручення, а елементів замкнутого перерізу на вільне кручення.

8.5.2 Одночасний вплив вільного і стисненого кручення допускається не враховувати.

8.5.3 Напружений стан у випадку вільного кручення характеризують появою дотичних напружень, які визначають за формулою:

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

де M_t – діючий крутильний момент у перерізі;

W_t – крутильний момент опору (знаходити згідно з додатком Г).

8.5.4 Напружений стан за стисненого кручення характеризують появою нормальних напружень за формулою:

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

де B_{ω} – бімомент;

ω – секторіальна координата;

I_{ω} – секторіальний момент інерції;

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

8.5.5 Загальний напружений стан елемента, що підданий впливу поздовжньої сили, згинальних моментів і стисненому крученню, визначають за 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 – поздовжня 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;

ω – секторіальна площа (координата).

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

нормальних напружень, що виникають за стисненого кручення.

У перерізах стрижня, крім нормальних напружень можуть виникнути і дотичні, обчислювані за формулою:

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

де M_{ω} – момент за стисненого кручення;

I_{ω} – секторіальний момент інерції;

S_{ω} – секторіальний статичний момент;

δ – товщина стінки відкритого профілю.

Момент M_{ω} та бімомент B_{ω} і визначають з дотриманням положень теорії тонкостінних стрижнів.

8.6 Елементи, що піддані згину і зрізу

8.6.1 Для перерізів класу 1 перевірку міцності для критичної точки перерізу виконують за формулою (8.1).

8.6.2 Для перерізів класу 2 у випадку дії дотичних напружень менших ніж 50 % від граничних, впливом зрізу на опір згину можна нехтувати. Якщо дотичні напруження перевищують 50 % від граничних $\left(\tau \geq 0,5 \cdot \frac{R_{yn}}{\sqrt{3}} \right)$, під час розрахунку опору перерізів на згин, слід вводити зменшувальний коефіцієнт $(1 - \rho)$ до розрахункового опору текучості і користуватися формулою:

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

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

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

$Q_{pl,Rd}$ знаходять за формулою (8.14);

$$Q_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \cdot R_{yn} / \sqrt{3}}} \cdot Q_{pl,Rd} \text{ – для двотаврів;}$$

$$Q_{pl,T,Rd} = \left[\sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1,25 \cdot R_{yn} / \sqrt{3}}} - \frac{\tau_{\omega,Ed}}{1,25 \cdot R_{yn} / \sqrt{3}} \right] \cdot Q_{pl,Rd} \text{ – для швелерів;}$$

$$Q_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{R_{yn} / \sqrt{3}}} \cdot Q_{pl,Rd} \text{ – для замкнених перерізів,}$$

де $\tau_{t,Ed}$ і $\tau_{\omega,Ed}$ розрахункові дотичні напруження при вільному і стисненому крученні за формулами (8.15) і (8.18).

8.6.3 Для перерізів класу 3 за умови дії розрахункової сили зрізу, більшої ніж 50 % від сили опору, розрахунковий опір на згин зменшують, відповідно до п. А.4.6 додатку А.

9 КАНАТНІ ЕЛЕМЕНТИ ВИСЯЧИХ І ВАНТОВИХ МОСТІВ

9.1 Розрахунки міцності сталевих канатів виконують відповідно до додатку Л.

9.2 Поздовжню повзучість $\varepsilon_{cr,x}$ сталевих спіральних і закритих канатів слід приймати за даними виробника, але не меншу ніж 0,15 мм/м. Для зменшення величини $\varepsilon_{cr,x}$ можна виконати 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 можна не враховувати.

10 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ СТРИЖНІВ І БАЛОК

10.1 Розрахунки стійкості виконують у межах пружності у припущенні лінійної залежності між зусиллями і деформаціями сталі. Розрізняють плоску форму втрати стійкості, яку характеризує згин в одній площині, і згинально-крутильну форму, яку характеризує згин із скручуванням.

10.2 Плоску форму втрати стійкості суцільностінчастих елементів замкнутого і відкритого перерізів, підданих центральному стиску, стиску зі згином і позацентровому стиску зі згином у площині найбільшої гнучкості, перевіряють з використанням нерівності:

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

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 – площа перерізу елемента, брутто;

R_{yn} – характеристичний опір текучості сталі;

φ – коефіцієнт поздовжнього згину, який визначають за розділом Д.2

додатку Д залежно від гнучкості елемента λ і приведеного відносного ексцентриситету e_{ef} ;

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

m – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1).

Гнучкість елемента λ визначають за формулою:

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

де l_{ef} – розрахункова або ефективна довжина елемента (див. розділ 12);

i – радіус інерції перерізу відносно осі найбільшої гнучкості.

Приведений відносний ексцентриситет e_{ef} визначають за таблицею 10.1.

Таблиця 10.1 – Визначення ексцентриситетів

Формула	Визначення	Пояснення
$e = M/N$	Розрахунковий ексцентриситет	Знаходять, як частку від ділення моменту на силу стиску. M – момент знаходять згідно з п. 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, знаходять як частку від ділення напружень стиску від дії моменту на напруження стиску від дії сили $e_{rel} = \sigma_M / \sigma_N$
η	Коефіцієнт форми перерізу	Знаходять згідно з розділом Д.3 додатку Д
$e_{ef} = \eta \cdot e_{rel}$	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 приймають для одного й того ж самого сполучення навантажень. Значення M потрібно приймати таким, що дорівнює:

- для елементів постійного перерізу – найбільшому моменту в межах довжини елемента;
- для елементів з одним зацмеленим, а іншим вільним кінцем – моменту в зацмеленні, але не меншим ніж момент у перерізі, що знаходиться на третині довжини елемента від зацмелення;
- для стиснутих поясів ферм, що сприймають позавузлове навантаження, – найбільшому моменту в межах середньої третини довжини панелі поясу, який визначають розрахунком поясу як нерозрізної балки;

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

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

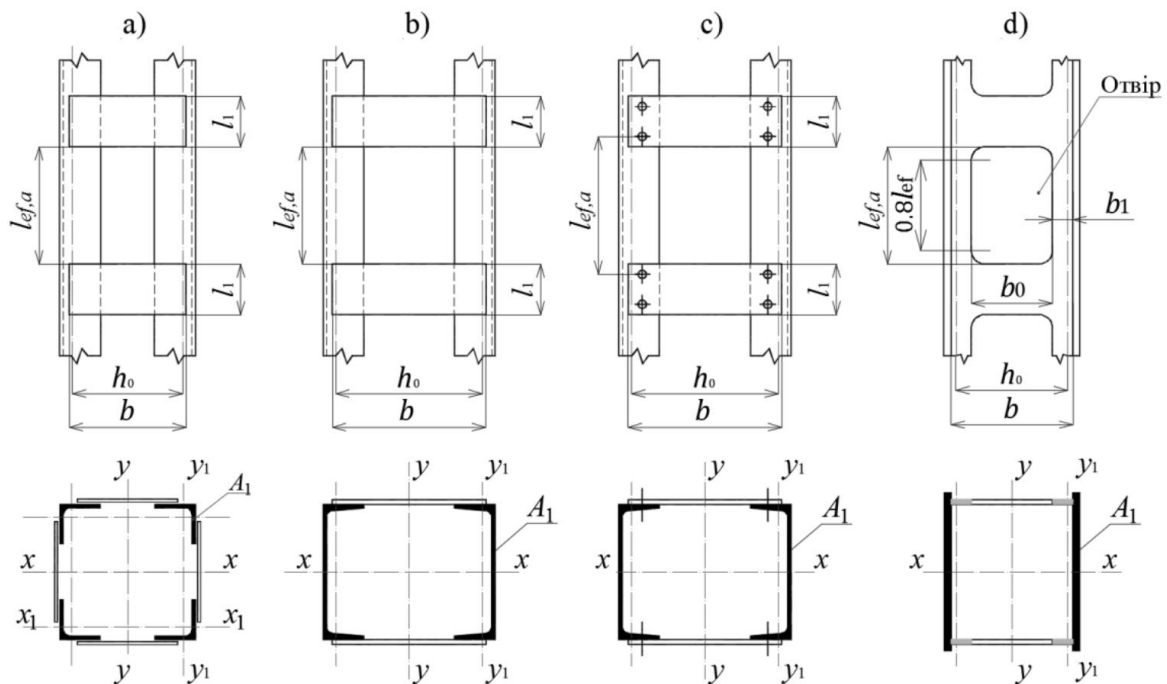


Рисунок 10.1 – Наскрізні прямокутні стрижні з планками і перфорованими листами

Розрахунки для плоскої форми втрати стійкості наскрізних елементів замкнутого перерізу, гілки яких з'єднано планками або перфорованими листами під дією центрального стиску, стиску зі згином і позacentровому стиску виконують за формулою (10.1).

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

– елемента в цілому – залежно від гнучкості гілки λ_{ef} під час згину в площині, що перпендикулярна і паралельна до площини планок і перфорованих листів, відносно осей $x-x$ і $y-y$, відповідно;

– окремих гілок – у залежності від гнучкості гілки λ_a , що розрахована відносно осі, для якої жорсткість на згин найменша.

Приведену гнучкість наскрізного елемента λ_{ef} у площині з'єднувальних

планок і перфорованих листів визначають 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;

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

l_{ef} – розрахункова довжина наскрізного елемента в цілому;

$l_{ef,a}$ – розрахункова довжина окремої гілки, приймають 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 згину.

Підраховуючи площу перерізу, момент інерції і радіус інерції елемента слід приймати еквівалентну товщину t_{ef} , яку визначають:

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

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

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

$\sum A_t$ – 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, розраховують 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, що приймають для складених таврових або двотаврових перерізів відносно осі, паралельної площині розташування прокладок; для хрестових перерізів радіус інерції – мінімальним. У межах довжини стиснутого елемента має бути не менше двох прокладок.

10.4 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 у місцях контактів сприймається з'єднанням;
- виконується умова, що наведена в таблиці 10.2.

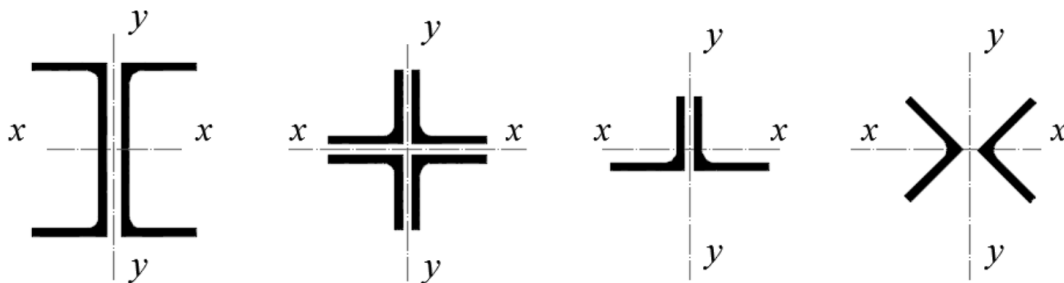


Рисунок 10.2 – Складені елементи з близько розташованими гілками

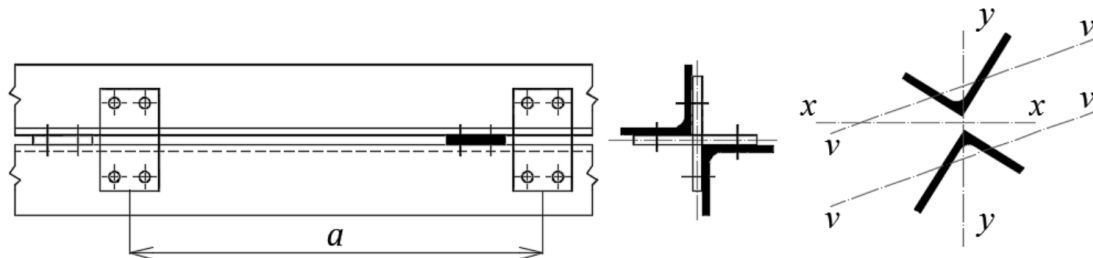


Рисунок 10.3 – Складені зіркоподібні елементи з парою прокладок

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 (рисунок 10.2)	$20 \cdot i_{min}$
Елементи з'єднані парою прокладок (рисунок 10.3)	$70 \cdot i_{min}$
де i_{min} – мінімальний радіус інерції одної гілки	

Для випадку нерівнополичних кутиків (рисунок 10.3), стійкість відносно осі $x - x$ можна визначити за формулою:

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

де i_0 – мінімальний радіус інерції складеного елемента.

10.5 Для суцільностінчастих елементів, що мають тільки одну вісь симетрії, втрата стійкості виникає за згинально-крутильною формою, навіть у випадку центрального стиску.

У таблиці 10.3 надані формули для перевірки згинально-крутильної втрати стійкості елементів з однією віссю симетрії у для випадку $I_x > I_y$ 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 розділі Д.4 додатку Д.

Таблиця 10.3 – Перевірка згинально-крутильної втрати стійкості елементів

Перевірка стійкості	Гнучкість для визначення φ_c або φ_b	Номер формули
Центрально стиснуті елементи з одною віссю симетрії у для випадку $I_x > I_y$		
$\frac{N_{Ed}}{\varphi_c \cdot N_{Rd}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{E \cdot A / N_{cr}}$	(10.7)
Позацентровий стиск або стиск зі згином у площині, що співпадає з площиною симетрії у для випадку $I_x > I_y$		
$\frac{1}{\varphi_c} \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} \right) \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot A}{N_{cr} (1 + e_{rel,y})}}$ $e_{rel,y} = e_y \cdot A / W_{x,c} $ φ_c при $e_{ef} = 0$	(10.8)
Стиск та згин у двох площинах для стрижня з площиною симетрії у для випадку $I_x > I_y$		
$\frac{1}{\varphi_c} \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} + \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right) \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot A}{N_{cr} (1 + e_{rel,y} + e_{rel,x})}}$ $e_{rel,y} = e_y \cdot A / W_{x,c} $; $e_{rel,x} = e_x \cdot A / W_{y,c} $ φ_c при $e_{ef} = 0$	(10.9)
Згин балки в площині симетрії у для випадку $I_x > I_y$		
$\frac{M_{Ed,x}}{\varphi_b \cdot M_{Rd,x}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{E \cdot W_c / M_{cr}}$ φ_b у випадку $e_y = 0$	(10.10)
Згин у двох площинах для балки з площиною симетрії у для випадку $I_x > I_y$		
$\frac{M_{Ed,x}}{\varphi_b \cdot M_{Rd,x}} \leq m$	$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{E \cdot W_c / M_{cr}}$ φ_b у випадку $e_{rel} = \eta \cdot e_{rel}$,	(10.11)

Кінець таблиці 10.3

Перевірка стійкості	Гнучкість для визначення φ_c або φ_b	Номер формули
	де $e_{rel} = \frac{\sigma_{f,y}}{\sigma_{f,x}}$	
Примітка. Крім перевірки за формулою 10.9 слід виконати розрахунок плоскої форми втрати стійкості в площині осі y з ексцентриситетом e_y (при $e_x = 0$) і в площині осі x з ексцентриситетом e_x (при $e_y = 0$).		

У таблиці позначено:

m – коефіцієнт умов роботи за таблицею 7.1;

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

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

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

φ_c і φ_b – коефіцієнти поздовжнього згину для стиснутих і для зігнутих стрижнів;

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

η – коефіцієнт впливу форми перерізу, який визначають за додатком Д;

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

$\sigma_{f,y}$ – те саме відносно осі y – y ;

λ_y – гнучкість згинально-крутильної форми втрати стійкості.

10.6 Перевірку загальної стійкості розрізної балки і стиснутої зони поясу нерозрізної балки не виконують у випадках, якщо стиснутий пояс об'єднаний із залізобетонною або сталевую плитою.

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

11.1 Сталеві конструкції несних конструкцій мостів, що виготовлені з ортотропних плит, умовно поділяють на окремі елементи, стійкість яких має бути перевірена.

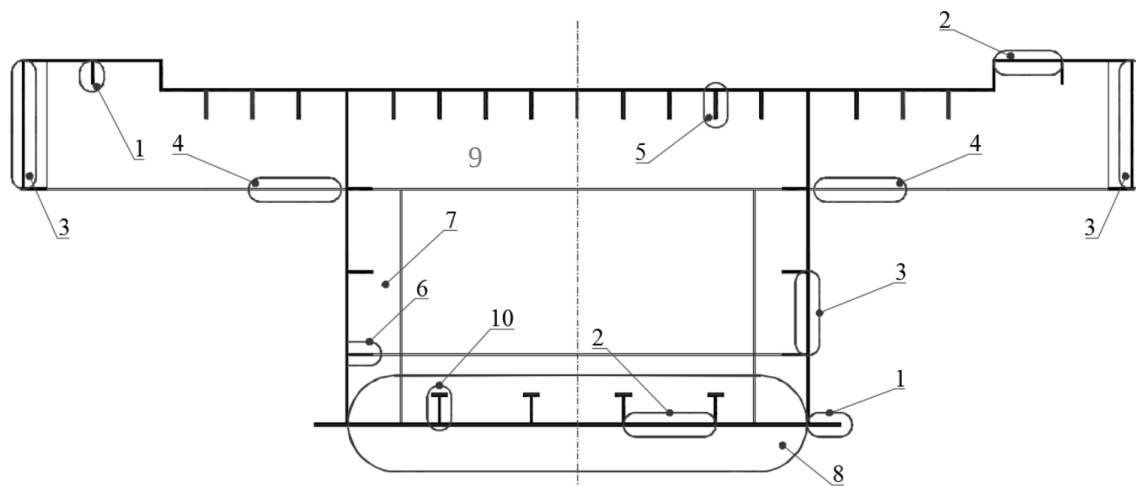


Рисунок 11.1 – Елементи, що потребують перевірки стійкості

Номерами на рисунку 11.1 вказані елементи, розподілені за способами розрахунку стійкості:

- 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.

11.2 Пластинки елементів поперечного перерізу повинні мати достатній опір проти втрати стійкості. Під час конструювання балок стійкість пластинок допускається забезпечувати певним відношенням ширини пластинки до товщини b/t , яке не можна перевищувати.

Це співвідношення визначають за формулами:

– для пластинок:

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

– для циліндричних труб, діаметром D :

$$D/t = 2,8 \cdot \sqrt{E / \sigma_{x,c}} ; \quad (11.2)$$

– для прямокутних труб :

$$b/t = 1,7 \cdot \sqrt{E / \sigma_{x,c}} , \quad (11.3)$$

де k – параметр, який приймають за таблицею 11.1;

$\sigma_{x,c}$ – напруження стиску вздовж пластинки за рівномірного розподілу напружень по ширині;

E – модуль пружності;

b – розрахункова ширина пластинки;

t – товщина пластинки.

Для елементів типів 1 і 2 (тут і далі див. рисунок 11.1), а саме для стиснутих пластинок, що закріплені по одній або по двох кромках, відношення ширини пластинки до товщини b/t , приймають за формулою (11.1) у запас, користуючись даними таблиці 11.1. У разі врахування перекосу епюри напружень і ступеню защемлення кромки слід користуватися формулою (11.4).

Для елементів типу 3, а саме для відсіків стінок, підданих дії нормальних напружень σ_x , σ_y і дотичних напружень τ_{xy} , розрахунки стійкості виконують згідно з додатком Е.1.

Для елементів типу 4, а саме для стиснутих поясів поперечних балок ортотропних плит, їх звиси розраховують як пластинки типу 1, а втрату стійкості

поясу з площини стінки слід виконувати як для стиснутого стрижня, відповідно до розділу 10.

Таблиця 11.1 – Значення параметра k для оцінки стійкості

Елементи і перерізи	k	Ширина, b
Для плит обпертих одною кромкою (рівномірний стиск вздовж кромок)		
Полиці, стінки і звиси (з пружним закріпленням кромки)	0,56	½ ширини поясів двотаврів і таврів;
		ширина полиць швелерів;
		відстань від кромки і першим рядом болтів або зварним швом;
		повна ширина пера кутика в місцях контактів.
Стінка тавра (з пружним закріпленням кромки)	0,75	повна висота тавра;
Пера кутиків тощо (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	1,40	відстань між рядами болтів або швами зварювання;
		відстань між ребрами;
Стінки двотаврів, швелерів тощо	1,49	відстань між поясами;
		відстань між двома ребрами;
Перфоровані листи	1,86	відстань між кромками

Для елементів типу 5, а саме для стиснутих кромок поздовжніх ребер ортотропних плит проїзду під час згинання, слід виконувати розрахунки згідно з додатком Е.

Для елементів типу 6, штабових поздовжніх ребер на стінках, слід виконувати розрахунки стійкості як для типу 1, і виконувати перевірку достатності перерізу ребра для утримання стінки згідно з додатком Е.2.

Для елементів типу 7, поперечних ребер на стінках, слід виконувати перевірку достатності перерізу ребра для утримання стінки з поздовжніми ребрами і для утримання відкритого стиснутого поясу згідно з додатком Е.2.

Для елементів типу 8, стиснутих ортотропних плит (лист настилу з поздовжніми ребрами) між поперечними балками, слід виконувати перевірку стійкості згідно з додатком Е.3.

Для елементів типу 9, поперечних балок ортотропних плит, слід виконувати перевірку жорсткості згідно з додатком Е.3.

Для елементів типу 10, таврових і штабових поздовжніх ребер стиснутих плит, слід виконувати перевірку стійкості ребра як стрижня між поперечними балками на стійкість згину і крученню, згідно з додатком Е.2.

11.3 Для відповідальних випадків (коли втрата стійкості призведе до перерозподілу зусиль у перерізі) оцінка стійкості пластинок має бути виконана з урахуванням пружних деформацій усіх елементів перерізу.

11.4 Для визначення відношення b/t у рівномірно стиснутих з напруженням $\sigma_{x,c}$ пластинках типу 1 (обпертих по одній кромці) і типу 2 (обпертих по двох кромках) у припущенні шарнірного обпирання кромek допускається користуватися таблицею 11.2 (у запас).

Таблиця 11.2 – 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 кромek і перекосу епюри напружень по ширині пластинки, стійкість полиць і стінок елементів, не підкріплених ребрами жорсткості, у випадку, коли середні дотичні напруження 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 більшим ніж:

$$h / t \text{ або } b / t \leq 0,951 \cdot \alpha \cdot \sqrt{E / \sigma_{x, cr, ef}}, \quad (11.4)$$

де α – коефіцієнт, який знаходять за формулами (11.5) та (11.6);

$\sigma_{x, cr, ef}$ – приведені критичні напруження, що визначають за таблицею 11.4 приймаючи за критичні $\sigma_{x, cr}$ найбільші нормальні напруження стиску, діючі в елементі $\sigma_{x, max}$ (додатні за стиснення).

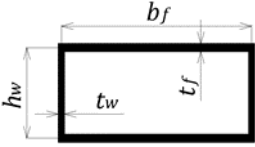
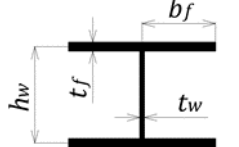
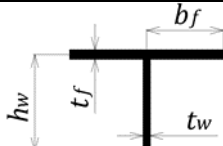
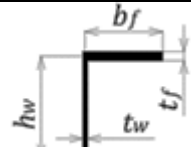
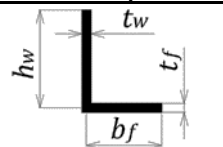
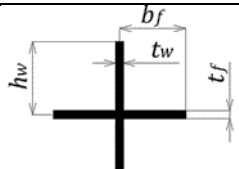
Коефіцієнт α для пластинок, обпертих з одного боку, знаходять за формулою (11.5), а для пластинок обпертих з обох боків – за формулою (11.6):

$$\alpha = \left(1 + \frac{3,1}{3 \cdot \nu + 4} \right) \cdot \sqrt{0,405 + 0,085 \cdot \xi^2}, \quad (11.5)$$

$$\alpha = \left(1 + \frac{0,96}{10 \cdot \nu + 3} \right) \cdot \sqrt{4 + 3,8 \cdot \xi^{2,33}}. \quad (11.6)$$

Коефіцієнт заземлення пластинки v , який знаходять за формулами таблиці 11.3, не може мати від'ємного значення, і тоді його приймають $v = \infty$. Значення $v = 0$ означає заземлення кромки; значення $v = \infty$ означає шарнірне обпирання.

Таблиця 11.3 – Значення коефіцієнта заземлення пластинки

Тип перерізу елемента	Коефіцієнти заземлення пластинок v		
	Стінки	Полиці	
 Коробчастий	$v_1 = \beta^3 \cdot \frac{0,38}{1 - \beta^2 \cdot \delta^2}$	$v_2 = \frac{1}{\beta^3} \cdot \frac{0,38}{1 - 1/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$	
 Двотавровий	$v_3 = \beta^3 \cdot \frac{0,16 + 0,0056/\delta}{1 - 9,4 \cdot \beta^2 \cdot \delta^2}$	$v_4 = \frac{1}{\beta^3 \cdot \delta_2} \cdot \frac{2}{1 - 0,106/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$	
 Тавровий	$v_1 = \beta^3 \cdot \frac{1}{1 - \beta^2 \cdot \delta^2}$	$v_6 = \frac{1}{\beta^3 \cdot \delta} \cdot \frac{2}{1 - 1/(\beta^2 \cdot \delta^2)}$	
 Швелерний	$v_7 = 2 \cdot v_3$	$v_8 = 0,5 \cdot v_4$	
 Кутиковий для полиці висотою h_w	—	для перерізу кутика у випадку b_f / h_w	
		1,000	0,667
		$v_9 = \infty$	$v_9 = 10,0$
 Хрестовий	$v_{10} = \infty$	$v_{10} = \infty$	

Коефіцієнт ξ , що враховує перекіс епюри напружень по границях пластинки, визначають (для перерізів бруто) за формулою:

$$\xi = 1 - \frac{\sigma_{x,\min}}{\sigma_{x,\max}}, \quad (11.7)$$

де $\sigma_{x,\max}$ і $\sigma_{x,\min}$ – максимальне і мінімальне нормальні напруження по поздовжніх границях пластинки, додатні для стиснення, визначені розрахунком у пружній стадії роботи матеріалу.

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

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

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	≤ 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	≤ 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	≤ 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, приймають за таблицею 12.1.

Таблиця 12.1 – Значення розрахункової довжини елементів головних ферм

Напрямок поздовжнього згину	Розрахункова довжина l_{ef}		
	поясів	опорних розкосів і опорних стояків*	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 стояків біля проміжних опор нерозрізних прогонових будов приймають 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) обчислюють 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 виконують на зусилля N_1 .

Формулу (12.1) можна застосовувати під час дії розтягувальної сили N_2 . У цьому випадку значення N_2 приймають зі знаком “мінус”, а $l_{ef} \geq 0,5 \cdot l_1$.

12.3 Розрахункові довжини l_{ef} елементів перехресної решітки головної ферми приймають:

- 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 $l_{ef} = l_1$ (див. таблицю 12.1).

Таблиця 12.2 – Значення розрахункової довжин елементів з площини ферми за наявності підтримувального елемента

Характеристика підтримувального (з площини ферми) елемента	Розрахункова (ефективна) довжина l_{ef} з площини ферми за наявності підтримувального елемента		
	розтягнутого	без зусиль	стиснутого
Обидва елементи (основний і підтримувальний) не перериваються	l	$0,7 \cdot l_1$	l_1
Основний елемент суцільний, а підтримувальний переривається на фасонці	$0,7 \cdot l_1$	l_1	$1,4 \cdot l_1$
Основний і підтримувальний елементи перериваються на фасонці	$0,7 \cdot l_1$	–	–

12.4 Перевіряючи загальну стійкість балки, розрахункову довжину стиснутого поясу приймають такою, що дорівнює:

- відстані між вузлами ферми поздовжніх в’язей – за наявності поздовжніх в’язей у зоні верхніх і нижніх поясів і поперечних в’язей в опорних перерізах;
- відстані між фермами поперечних в’язей – за наявності поздовжніх в’язей тільки в зоні розтягнутих поясів, одночасно ферми поперечних в’язей потрібно центрувати з вузлами поздовжніх в’язей, а гнучкість поясів зазначених ферм має не перевищувати 100;

– прогону балки – за відсутності в прогоні поздовжніх і поперечних в'язей;
 – відстані від кінця консолі до найближчої площини поперечних в'язей за опорним перерізом консолі – у випадку навісного монтажу прогонової будови або поздовжнього насування.

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

Допускається 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;
 μ – коефіцієнт розрахункової довжини.

Коефіцієнти розрахункової довжини μ для поясів балок і ферм із паралельними поясами приймають за таблицею 12.3.

Коефіцієнти розрахункової довжини μ для ферми з полігональним або балки з криволінійним верхнім поясом необхідно визначати за таблицею 12.3, найбільше переміщення δ приймають для рами, розташованої в середині прогону.

Таблиця 12.3 – Значення коефіцієнтів розрахункової довжини μ

ξ	0	5	10	15	30	60	100	150	200	300	500	1000	> 1000
μ	0,696	0,524	0,443	0,396	0,353	0,321	0,290	0,268	0,246	0,225	0,204	0,174	μ_1
Примітка 1. Якщо отримана розрахункова довжина $l_{ef} < 1,3 \cdot d$, то її визначають з розрахунку стійкості стрижня на пружних опорах. Примітка 2. Для проміжних значень ξ коефіцієнт μ визначають 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;

δ – 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.

Перевіряючи загальну стійкість арки суцільного сталого перерізу допускається визначати розрахункову довжину l_{ef} у її площині за формулою (12.2), де μ визначають як

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

де l – довжина прогону арки;

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

ζ – коефіцієнт, який приймають за таблицею 12.4.

Таблиця 12.4 – Значення коефіцієнта ζ залежно від типу арки

Поз	Тип арки	Коефіцієнт ζ
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 стояками	$\zeta = \zeta_1 + (0,95 + 0,7 \cdot \alpha^2) \cdot \beta \cdot \zeta_1$
ζ_1 та ζ_2 – коефіцієнти, який приймають за таблицею 12.5; $\alpha = f/l$ за формулою (12.5); $\beta = E \cdot I_b / (E \cdot I_a)$; де I_b і I_a – моменти інерції балки жорсткості і арки, відповідно; * у випадку відношення згинальної жорсткості балки до арки, більшого ніж 0,8, розрахункову довжину арки визначають як для двошарнірної з нерозрізною балкою жорсткості, що з'єднана з аркою стояками.		

Значення ζ для двошарнірної арки змінного перерізу, за умови, що зміна її

моменту інерції не перевищує 10 % від його середнього значення, допускається визначати за таблицею 12.4, використовуючи жорсткість $E \cdot I_a$ у чверті прогону.

У всіх випадках розрахункова довжина l_{ef} арки в її площині має бути не меншою за відстань між вузлами прикріплення стояків або підвісок.

Таблиця 12.5 – Значення коефіцієнтів ζ_1 та ζ_2

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
ζ_1	28,5	45,4	46,5	43,9	36,8	30,5	20,0	14,1
ζ_2	22,5	39,6	47,3	49,2	44,0	—	—	—
Примітка. Для проміжних значень α коефіцієнти ζ_1 і ζ_2 визначають за лінійною інтерполяцією.								

12.7 Розрахункову довжину l_{ef} елементів поздовжніх і поперечних в'язей з будь-якою решіткою, крім хрестової, приймають 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.

За розрахункову довжину l_{ef} елементів перехресних в'язей приймають:

– у площині в'язей – відстань від точки перетину осей в'язей до центру прикріплення кінця в'язі;

– із площини в'язей: для розтягнутих елементів – відстань l_3 ; для стиснутих елементів – розміри за таблицею 12.2, приймаючи за l_1 відстань l_3 .

Для елементів в'язей із будь-якою решіткою, крім хрестової, з одиночних кутиків розрахункова довжина l_{ef} дорівнює відстані l між крайніми болтами прикріплень їхніх кінців. Для хрестової решітки в'язей $l_{ef} = 0,6 \cdot l$. Радіус інерції приймають мінімальним: $i = i_{\min.}$

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

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

де μ – коефіцієнт розрахункової довжини;

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

Коефіцієнт розрахункової довжини опорного стояка визначають за формулою:

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

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

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

де I_c і I_r – моменти інерції перерізу опорного стояка і розпірки з площини стінки, відповідно;

l_c і l_r – довжина опорного стояка і розпірки поперечних в'язей, відповідно;

Під час визначення 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 ніж – $b_2 = 1,4 \cdot t \cdot \sqrt{E / R_{yn}}$.

13 ГРАНИЧНА ГНУЧКІСТЬ СТРИЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

13.1 Гнучкість стрижневих елементів λ має не перевищувати значень, наведених у таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Максимальна гнучкість стрижневих елементів

Елементи конструкції	Максимальна гнучкість λ стрижневих елементів мостів	
	залізничних і пішохідних	автомобільних і суміщених під рейковий і автомобільний транспорт
Стиснуті та стиснуто-розтягнуті елементи головних ферм; стояків опор; розтягнуті елементи поясів головних ферм	100	120
Розтягнуті елементи головних ферм, крім поясів; елементи, призначені для зменшення розрахункової довжини l_{ef}	150	150
Пояси ферм поперечних в'язей, у рівні яких відсутні поздовжні в'язі або плита, що приєднана до поясів головних балок	100	100

Кінець таблиці 13.1

Елементи конструкції		Максимальна гнучкість λ стрижневих елементів мостів	
		залізничних і пішохідних	автомобільних і суміщених під рейковий і автомобільний транспорт
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	стиснутого	40	40
	розтягнутого	50	50

14 РОЗРАХУНКИ ВИТРИВАЛОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

14.1 Розрахунки витривалості сталевих елементів мостів усіх систем і призначень виконують відповідно до додатку Ж.

Клас міцності сталі і загальний рівень напружень від сумарної дії постійних і змінних навантажень не враховують. Витривалість оцінюють лише за розмахом циклічних напружень, який порівнюють з граничними розмахами напружень, отриманими за результатами випробувань, що наведені для основних типів елементів і з'єднань. Під час розрахунків існує можливість оцінювати кількість циклів навантажень для деталі протягом розрахункового строку експлуатації мосту і виконувати перевірку витривалості для отриманої кількості циклів.

14.2 Розрахунки витривалості залізничних мостів допускається виконувати відповідно до п. 14.3. Результати отримані за розрахунком відповідно до п. 14.3 рекомендовано порівняти з результатами, що отримані під час розрахунків, 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 під час розтягу;

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

γ_{fat} – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок втоми, який визначають за формулою:

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

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

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

– і завжди для формули (14.2).

ς – коефіцієнт, що дорівнює 1,0 для залізничних мостів;

ϑ – коефіцієнт, що залежить від довжини завантаження λ лінії впливу для розрахунків $\sigma_{\max}$, який визначають за формулами:

$$\vartheta = 1 \text{ (для } \lambda \geq 22 \text{ м); } \quad \vartheta = v - \xi \cdot \lambda \text{ (для } \lambda < 22 \text{ м)}. \quad (14.4)$$

Коефіцієнти v та ξ визначають за таблицею 14.2;

α та δ – коефіцієнти, що враховують марку сталі і змінність режиму навантаження, які визначають за таблицею 14.1.

β – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який визначають за додатком И;

ρ – коефіцієнт асиметрії циклів змінних напружень який визначають за формулами:

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

$$\rho = \tau_{\min} / \tau_{\max}, \quad (14.6)$$

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

Таблиця 14.1 – Значення коефіцієнтів α та δ

Нормативний опір текучості, МПа	Значення коефіцієнтів	
	α	δ
до 250	0,64	0,20
251 – 350	0,72	0,24
351 і більше	0,82	0,20

Таблиця 14.2 – Значення коефіцієнтів ν та ξ

Ефективний коефіцієнт концентрації β	Значення коефіцієнтів ν та ξ для сталей з характеристичним опором текучості, МПа			
	до 250		251 і більше	
	ν	ξ	ν	ξ
1,0	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
2,0	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

14.4 Розрахунки витривалості відповідно до додатку II і п. 14.3 базуються на значеннях номінальних напружень – напружень, у перерізі або елементі, що визначені без урахування 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 виконують за локальними напруженнями відповідно до вимог ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9.

Під час визначення коефіцієнтів γ_{fat} для швів зварювання приймають ті ж самі коефіцієнти α та δ , що і для основного металу.

15 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ НЕСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І З'ЄДНАНЬ

15.1 Загальні вимоги

15.1.1 Цикл розрахунків прогонових будов передбачає складання декількох видів розрахункових схем, за допомогою яких досліджують напружено-деформований стан конструкції мосту:

- глобальні схеми на стадії зведення із урахуванням етапності включення елементів у 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 інше, 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) потрібно отримувати від дії навантажень і впливів для найбільш несприятливої проєктної ситуації, яка передбачена додатком В ДБН В.1.2-15. Аварійні ситуації потрібно враховувати окремо згідно з розділом 27 ДБН В.1.2-15.

15.1.3 Деталізація розрахункових схем для елементів головних ферм має бути достатньою для визначення ефектів навантажень від ексцентриситетів,

що виникають під час створення конструкції ферми.

15.1.4 Для прогонових будов з балками коробчастого перерізу крутильні жорсткості коробок потрібно враховувати в розрахункових схемах. Допускається крутильну жорсткість стрижневого елемента визначати за формулою для замкнутого тонкостінного контуру. Більш точні значення можуть бути отримані під час розрахунку на закручування фрагмента балки, складеної з плитних елементів з поздовжніми і поперечними ребрами.

15.1.5 Жорсткості балок потрібно визначати з урахуванням ефективної ширини плит, відповідно до додатку В.

15.1.6 Елементи, які використовують для зменшення вільної довжини стиснутих елементів потрібно розраховувати на отримані в схемах зусилля, але не менші ніж 3 % від осової сили стиску в елементі.

15.1.7 Результати розрахунків схем із геометрично нелінійними елементами, на кінцевому етапі збирання з повними постійними навантаженнями, потрібно співставляти з результатами лінійних розрахунків на цій стадії. У разі різниці в результатах більшій ніж 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 визначають у 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 за наявності розривів у них, допускається визначати за формулами таблиці 15.1.

Таблиця 15.1 – Визначення зусиль в елементах поздовжніх в'язей

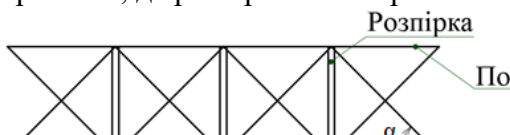
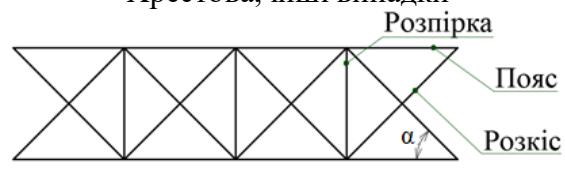
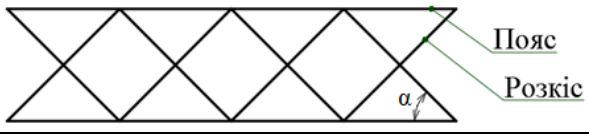
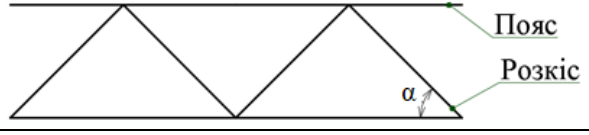
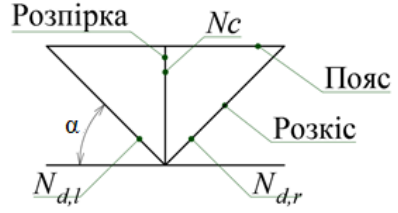
Схема решітки	Зусилля в розкосі (діагоналі) α
Хрестова, де розпірки – поперечні балки 	$N_d = A_d \cdot (\sigma_f \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_{mf} \cdot \sin^2 \alpha)$

Схема решітки	Зусилля в розкосі (діагоналі) α
Хрестова, інші випадки 	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha}$
Ромбічна 	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cdot \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{48 \cdot I} \cdot B^2 \cdot \cos^3 \alpha}$
Схема решітки	Зусилля в розкосі (діагоналі) α
Трикутна 	$N_d = \frac{A_d \cdot \sigma_f \cdot \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cdot \frac{A_d}{A_c} \cdot \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{12 \cdot I} \cdot B^2 \cdot \cos^3 \alpha}$
	$N_c = (N_{d,l} + N_{d,r}) \cdot \sin \alpha$ (зусилля в розпірці)

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 в розкосі відповідно з лівої і правої сторони від розпірки;

σ_f – нормальне напруження у поясі головної ферми;

σ_{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 приймають $A_c = \infty$;

I – момент інерції поясу головної ферми відносно вертикальної осі;

α – кут між розкосом в’язей і поясом головної ферми;

B – відстань між осями поясів головних ферм.

У формулах таблиці 15.1 для визначення зусиль в елементах в’язей балок із суцільною стінкою замість σ_f приймають напруження σ_w у стінці головної балки, обчислене за площею бруто на рівні розташування площин в’язей; у формулі замість σ_{mf} приймають середнє напруження σ_{mw} у стінці поперечної

балки на рівні розташування площини в'язей, обчислене так само, як і σ_{mf} .

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

15.2.2 Зменшення зусиль у поясах головних ферм за рахунок включення поздовжніх в'язей у спільну роботу в суцільнозварних прогонових будовах слід 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 виконують з урахуванням 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 з трикутною і ромбічною решіткою, визначають 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 Проїзну частину залізничних ферм рекомендується виконувати у вигляді ортотропної плити включеної (або ні) у спільну роботу з поясами ферми, або у вигляді балкової клітини, складеної з системи поздовжніх і поперечних балок.

15.3.2 Правила проєктування і розрахунку ортотропних плит наведені 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), розраховують на міцність у пружній постановці з урахуванням додаткових зусиль від спільної роботи з поясами головних ферм, але зменшення зусиль у поясах головних ферм

допускається враховувати тільки за умови включення проїзної частини в спільну роботу з ними спеціальними горизонтальними діафрагмами.

15.3.4 За умови включення проїзної частини в спільну роботу з решітчастими головними фермами в розрахунках всіх болто-зварних прогонових будов незалежно від порядку їх монтажу, зменшення зусилля в поясах головних ферм слід враховувати тільки по відношенню до впливів тимчасового вертикального навантаження.

Визначення зусиль у проїзній частині виконують:

- від всіх навантажень – за умови включення проїзної частини в спільну роботу з головними фермами одночасно з їх монтажем;
- тільки від тимчасового вертикального навантаження – за умови включення 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 визначають із припущення, що в горизонтальній площині мають місце такі закріплення: поздовжні балки до поперечних прикріплено шарнірно; пояс поперечної балки, розташований на 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, виконують за формулами згину в двох площинах, беручи моменти 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 по верхньому або по обох поясах у з'єднанні з поперечними балками визначають з урахуванням нерозрізності балок і пружної податливості опор – поперечних балок. Розподіл осьового зусилля і згинального моменту між прикріпленнями поясів і стінки поздовжньої балки здійснюють з урахуванням їхньої піддатливості.

15.3.7 Поздовжні балки решітчастих прогонових будов із проїзною частиною, що не включена в спільну роботу з головними фермами, допускається, незалежно від конструктивного оформлення прикріплення їхніх поясів у примиканні до поперечних балок, розраховувати за міцністю як розрізні. Елементи прикріплення поясів і стінки поздовжніх балок до поперечних розраховують на 0,6 моменту в середині прогону розрізної балки з розподілом його згідно з п. 15.3.6. Під час розрахунку зазначених поздовжніх балок на витривалість згинальні моменти необхідно визначати за лініями впливу нерозрізної балки на пружно-податливих опорах.

15.3.8 Поперечні балки решітчастих прогонових будов розраховують як елементи рам, утворених поперечною балкою і приєднаних до вузлових фасонок елементами головних ферм.

Опорні перерізи поперечних балок, підвісок, стояків (а за відсутності підвісок або стояків – 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 одноколійних прогонових будов залізничних мостів допускається 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 стояку:

– 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 стояками, а за їхньої 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;

α – 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 стояка з площини ферми;

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

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

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

15.3.9 У відкритих прогонових будовах з їздою по низу, поперечні рами розраховують на умовні горизонтальні сили, прикладені на рівні центру ваги перерізу поясу, що дорівнюють 2 % поздовжнього зусилля в стиснутому поясі балки або ферми.

15.4 Розрахунки з'єднань

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

15.4.2 Розрахунки зварних з'єднань виконують відповідно до додатку Н.

16 КОНСТРУЮВАННЯ

16.1 Загальні вимоги

16.1.1 Під час проєктування сталевих конструкцій мосту необхідно:

– враховувати можливості виготовлення конструкцій, їх транспортування і збирання;

– розділяти конструкції на окремі монтажні заводські елементи (марки) відповідно до ДСТУ Б В.2.6-177 та визначати у робочих кресленнях металевих конструкцій КМ відповідно до ДСТУ Б А.2.4-43 заводське контрольне збирання марок;

– здійснювати уніфікацію монтажних елементів, вузлів і з'єднань;

– здійснювати уніфікацію застосовуваного прокату за міцністю, товщинами і профілями;

– забезпечувати можливість складання і виконання заводських і монтажних з'єднань.

16.1.2 Під час проєктування 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 слід передбачати заходи конструктивного і технологічного характеру (оптимальний порядок складання і зварювання елементів; розпуск швів; попередній згин і місцевий підігрів; нагрівання окремих зон після зварювання; повне проплавлення і викружки на кінцях деталей; механічну обробку зон концентрації напружень тощо).

16.1.4 У прогонових будовах рекомендується забезпечувати нерозрізність поздовжніх балок на всій протяжності, а за наявності розривів у проїзній частині – на ділянках між ними.

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 допускається.

«Відкриті» прогонові будови (такі, що не мають поздовжніх в'язей по