



ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Конструкції будівель і споруд

СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
Норми проектування, виготовлення і монтажу

ДБН В.2.6-... :2010

Друга редакція
(остаточна)

Видання офіційне

Київ
МІНРЕГІОНБУД УКРАЇНИ

2010

ПЕРЕДМОВА

РОЗРОБЛЕНО	Відкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського» (ВАТ Укрнідпроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського)
РОЗРОБНИКИ	<u>В. Л. Гейфман</u> , інж., В. М. Гордєєв, д. т. н., С. В. Колесниченко, к. т. н., <u>М. П. Кондра</u> , к. т. н., В. П. Корольов, д. т. н., М. О. Микитаренко, к. т. н., А. В. Перельмутер, д. т. н. (керівник розробки), <u>В. М. Шимановський</u> , чл.-кор. НАН України, О. В. Шимановський, д. т. н. За участю: Е. Ф. Гарф, д. т. н., В. І. Кір'ян, чл.-кор. НАН України, Л. М. Лобанов, акад. НАН України (Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України); В. М. Василев, к. т. н., Є. В. Горохов, д. т. н., Є. І. Зайцев, інж., В. Ф. Мущанов, д. т. н., І. В. Роменський, к. т. н., А. М. Югов, д. т. н. (Донбаська національна академія будівництва і архітектури); <u>В. О. Пермяков</u> , д. т. н., С. І. Білик, д. т. н., О. О. Нілов, к. т. н., В. В. Юрченко, к. т. н. (Київський національний університет будівництва і архітектури); В. А. Пашинський, д. т. н., С. Ф. Пічугін, д. т. н. (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); ЦНДІБК ім. В. А. Кучеренко, Російська Федерація; ЦНДІПСК ім. М. П. Мельнікова, Російська Федерація; МДБУ, Російська Федерація;
ПОГОДЖЕНО	МНС України, лист від **.**, 2010 р. № Мінпромполітики України, лист від **.**, 2010 р. № Держпожбезпеки МНС України, лист від **.**, 2010 р. №
ВНЕСЕНО	Управління технічного регулювання в будівництві
ПРИЙНЯТО	Наказ Мінрегіонбуду України від **.**, 200* р. №
НАДАНО ЧИННОСТІ	з **.**, 200* р.
НА ЗАМІНУ	Визнати такими, що не застосовуються на території України, СНиП II-23-81*окрім розділів 15*-19, СНиП III-18-75 окрім розділів 3-8, СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78 - 4.134.

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати цей документ повністю чи частково на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу Мінрегіонбуду України заборонено. Стосовно врегулювання прав власності звертатись до Мінрегіонбуду України

© Мінрегіонбуд України, 2010

ЗМІСТ

	стор.
Сфера використання.....	1
Нормативні посилання	1
Терміни і визначення понять	1
1 ВИМОГИ ПРОЕКТУВАННЯ.....	2
1.1 Основні принципи забезпечення надійності, безпеки, довговічності та економічності конструкцій.....	2
1.1.1 Загальні вимоги.....	2
1.1.2 Рекомендації.....	3
1.1.3 Основні розрахункові вимоги.....	4
1.1.4 Врахування призначення та умов роботи конструкцій.....	7
1.2 Матеріали для конструкцій і з'єднань.....	8
1.2.1 Загальні вимоги.....	8
1.2.2 Матеріали масового застосування.....	10
1.3 Розрахункові характеристики матеріалів і з'єднань.....	11
1.4 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску.....	14
1.4.1 Розрахунок елементів суцільного перерізу.....	14
1.4.2 Розрахунок елементів наскрізного перерізу.....	16
1.4.3 Перевірка стійкості стінок і поясних листів центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу.....	20
1.5 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині.....	24
1.5.1 Класифікація елементів, що згинаються.....	24
1.5.2 Розрахунок на міцність елементів суцільного перерізу, що згинаються.....	25
1.5.3 Розрахунок на міцність балок суцільного перерізу для кранових колій.....	30
1.5.4 Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу, що згинаються.....	32
1.5.5 Перевірка стійкості стінок і поясних листів елементів суцільного перерізу, що згинаються.....	34
1.6 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при дії поздовжньої сили та згинального моменту.....	42
1.6.1 Розрахунок на міцність.....	42
1.6.2 Розрахунок загальної стійкості елементів суцільного перерізу.....	43
1.6.3 Розрахунок загальної стійкості елементів наскрізного перерізу.....	48
1.6.4 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів (полиць).....	49
1.7 Розрахунок опорних плит.....	53
1.8 Розрахунок опорних частин.....	53
1.9 Розрахункові довжини і граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій.....	54
1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм, в'язей і структурних конструкцій.....	54
1.9.2 Розрахункові довжини елементів просторових гратчастих конструкцій.....	57
1.9.3 Розрахункові довжини колон (стійок)	59
1.9.4 Граничні гнучкості елементів.....	63
1.10 Розрахунок листових конструкцій.....	64
1.10.1 Розрахунок на міцність.....	64
1.10.2 Розрахунок на стійкість.....	66
1.10.3 Основні вимоги до розрахунку сталевих мембранних конструкцій.....	69
1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість.....	71
1.12 Проектування з'єднань сталевих конструкцій.....	73
1.12.1 Зварні з'єднання.....	73
1.12.2 Болтові з'єднання.....	80
1.12.3 Фрикційні з'єднання.....	84

1.12.4	Поясні з'єднання в балках.....	86
1.13	Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення.....	87
1.13.1	Загальні вимоги до проектування сталевих конструкцій.....	87
1.13.2	Відстань між температурними швами.....	88
1.13.3	Ферми і структурні плити покриттів.....	89
1.13.4	Колони.....	90
1.13.5	В'язі.....	90
1.13.6	Балки.....	91
1.13.7	Балки кранових колій.....	92
1.13.8	Листові конструкції.....	93
1.13.9	Висячі покриття.....	93
1.13.10	Мембранні покриття.....	94
1.13.11	Опорні частини.....	95
1.13.12	Фланцеві з'єднання.....	95
1.13.13	З'єднання з фрезерованими торцями.....	95
1.13.14	Монтажні кріплення.....	96
1.14	Додаткові вимоги до проектування конструкцій при ремонті, підсиленні і реконструкції.....	96
1.14.1	Загальні положення.....	96
1.14.2	Розрахункові характеристики сталі і з'єднань.....	97
1.14.3	Підсилення конструкцій.....	98
2	ВИМОГИ ВИГОТОВЛЕННЯ.....	102
2.1	Загальні положення.....	102
2.2	Вимоги до конструкторської документації, контроль якості.....	102
2.3	Вхідний контроль, збереження металопродукату, зварювальних, лакофарбових матеріалів і металовиробів.....	103
2.4	Підготовка металопродукату, зварювальних і лакофарбових матеріалів.....	104
2.5	Розмічання, намічання, виготовлення шаблонів і кондукторів, виправлення і згинання.....	105
2.6	Різання і обробка кромки.....	107
2.7	Складання.....	109
2.8	Зварювання.....	114
2.9	Влаштування отворів і контрольне складання.....	119
2.10	Ґрунтування і фарбування.....	121
2.11	Покриття конструкцій гарячим цинкуванням і алюмінізація.....	121
2.12	Маркірування, приймання і відвантаження.....	122
3	ВИМОГИ МОНТАЖУ.....	124
3.1	Загальні положення.....	124
3.2	Транспортування, зберігання і подавання до монтажу.....	125
3.3	Укрупнювальне збирання.....	126
3.4	Стропування, підйом, встановлення конструкцій в проектне положення.....	126
3.5	Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів.....	127
3.6	Попереднє напруження конструкцій.....	131
3.7	Монтажні з'єднання.....	132
3.7.1	Загальні вимоги до болтових з'єднань.....	132
3.7.2	Монтажні з'єднання на болтах класів точності А, В і С.....	132
3.7.3	Монтажні з'єднання на високоміцних болтах з контрольованим натягом.....	133
3.7.4	Фланцеві з'єднання.....	135
3.7.5	Спеціальні монтажні з'єднання.....	136
3.8	Випробування конструкцій.....	139
3.9	Контроль якості і приймання монтажних робіт.....	139
	Додаток А Нормативні посилання.....	142
	Додаток Б Терміни і визначення понять.....	151

Додаток В	Категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом та групи конструкцій.....	157
Додаток Г	Фізичні характеристики матеріалів.....	161
Додаток Д	Вимоги до сталей для сталевих конструкцій.....	162
Додаток Е	Рекомендації щодо вибору сталей для конструкцій будівель і споруд.....	164
Додаток Ж	Матеріали для з'єднання сталевих конструкцій.....	169
Додаток І	Коефіцієнти умов робіт для розтягнутого одиночного кутика, який прикріплюється однією полицею болтами.....	174
Додаток К	Коефіцієнти для розрахунку на стійкість центрально і позacentрово-стиснутих елементів.....	175
Додаток Л	Коефіцієнт $C_{\max}$ для розрахунку на стійкість стиснутих стрижнів тонкостінного відкритого перерізу.....	183
Додаток М	Стиснуті елементи з гнучкою стінкою.....	186
Додаток Н	Коефіцієнти для розрахунку на міцність елементів сталевих конструкцій.....	188
Додаток П	Коефіцієнт стійкості при згині Φ_b	190
Додаток Р	Стійкість стінок балок, укріплених поздовжніми і проміжними ребрами жорсткості.....	195
Додаток С	Розрахункові довжини колон і стійок.....	198
Додаток Т	Коефіцієнти розрахункової довжини μ ділянок ступінчатих колон.....	203
Додаток У	Таблиці для розрахунку елементів на витривалість.....	210
Додаток Ф	Конструктивні заходи по первинному захисті металевих конструкцій від корозії при проектуванні.....	216
Додаток Х	Визначення властивостей сталей.....	218

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Конструкції будівель і споруд

Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу

ДБН В.2.6-... :2010

на заміну СНиП II-23-81*окрім розділів 15* – 19,
СНиП III-18-75 окрім розділів 3 – 8,
СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується
сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78 – 4.134.

*Обов'язкові вимоги цих норм надруковані звичайним шрифтом,
рекомендовані положення та пояснення — дрібним.*

Сфера використання

Вимоги цих норм поширюються на проектування, виготовлення і монтаж будівельних сталевих конструкцій будівель і споруд різного призначення, що працюють при температурі навколишнього середовища не вище 100°C і можливим короточасним підвищенням до 150°C (без ознак надзвичайної ситуації).

Норми встановлюють вимоги до проектування сталевих конструкцій, у тому числі при їхній реконструкції, а також при визначенні придатності до експлуатації існуючих конструкцій, що мають дефекти і пошкодження.

Під час проектування, виготовлення і монтажу сталевих конструкцій, що перебувають в особливих умовах експлуатації (наприклад, конструкції доменних печей, магістральних і технологічних трубопроводів, резервуарів спеціального призначення, конструкцій будівель, що підлягають сейсмічним, інтенсивним температурним впливам або впливам агресивних середовищ, конструкцій гідротехнічних споруд), конструкцій унікальних будівель і споруд, а також спеціальних видів конструкцій (попередньо напружених, трансформованих, мобільних) необхідно дотримуватись додаткових вимог, які відображають особливості роботи цих конструкцій, передбачені відповідними нормативними документами, затвердженими чи погодженими відповідно до законодавства України.

Норми не поширюються на вибір технічних рішень та роботи по спеціальному захисту сталевих конструкцій (вогнезахист, захист від корозії, вибухозахищеність тощо).

Нормативні посилання

У цих нормах використані посилання на документи, наведені у додатку А.

Терміни і визначення понять

У цих нормах застосовані терміни і визначення понять, наведені у додатку Б.

1 ВИМОГИ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Основні принципи забезпечення надійності, безпеки, довговічності та економічності конструкцій

1.1.1 Загальні вимоги

1.1.1.1 Надійність конструкцій повинна бути забезпечена відповідно до вимог ДБН В.1.2-14-2008.

1.1.1.2 При проектуванні конструкцій повинні бути забезпечені експлуатаційна придатність і безпека протягом терміну експлуатації, визначеного у завданні на проектування. Окрім цього, проектування конструкцій виконують з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища, а також інших особливих умов, наведених у завданні на проектування.

Для цього необхідно:

- забезпечувати надійність конструкцій за рахунок виконання вимог до вибору матеріалів, конструювання та розрахунків;
- приймати конструктивні рішення, що забезпечують міцність, жорсткість, стійкість і просторову незмінюваність будівель і споруд в цілому та їхніх окремих елементів під час транспортування, монтажу та експлуатації, при цьому передбачаючи в'язі залежно від основних параметрів будівлі та режиму її експлуатації (конструктивної схеми, прольотів, типів кранів та режимів їхньої роботи, температурних впливів тощо);
- передбачувати заходи щодо забезпечення довговічності конструкцій та захисту їх від корозії, впливу вогню і тепла, зносу та стирання;
- враховувати вимоги ДБН В.1.1-7 ДБН В.1.2-7 та інших відповідних нормативних документів стосовно забезпечення міцності та стійкості несучих конструкцій в умовах пожежі;
- передбачувати технологічність виготовлення та монтажу конструкцій;
- забезпечувати збираність конструкцій розрахунком точності геометричних параметрів згідно з ГОСТ 21780, зі встановленням необхідності контрольного чи загального збирання або використанням регулювальних пристроїв;
- враховувати відхилення від проектних розмірів і геометричної форми елементів конструкцій, які допускаються під час виготовлення та зведення;
- встановлювати методи та обсяги контролю під час виготовлення та зведення конструкцій, а також у процесі їхньої експлуатації, включаючи, при необхідності, виконання випробувань окремих елементів, вузлів, з'єднань і конструкцій в цілому, а також, при необхідності, встановлення контрольно-сигнальних систем чи інших засобів моніторингу;
- передбачати можливість огляду, обстеження і діагностики, а також проведення профілактичних і ремонтних робіт. При необхідності передбачати для цього ходові сходи та площадки, спеціальні пристосування (столики, провувшини, фіксатори тощо) для забезпечення можливості кріплення постійних і тимчасових пристосувань, а також пристосувань для встановлення засобів діагностики технічного стану конструкцій в процесі експлуатації.

1.1.1.3 У робочих кресленнях конструкцій і в документації на замовлення матеріалів слід наводити відомості про:

- категорію конструкції та її елементів за призначенням та напруженим станом відповідно до Додатку В;
- сталі та додаткові вимоги до них, передбачені Державними стандартами або Технічними умовами і цими нормами;
- спосіб виконання зварних з'єднань, вид і режим зварювання, типи, марки, діаметри електродів для механізованого зварювання, положення шва при зварюванні, тип підкладки для стикових швів;
- клас міцності і точності болтів, спосіб підготовки (обробки) контактних поверхонь для фрикційних з'єднань, величину контролюваного натягу болтів;

- розміщення і розміри зварних, болтових і фрикційних з'єднань із вказівкою виконання їх у заводських чи монтажних умовах і за необхідності послідовність накладання швів і встановлення болтів, способи контролю якості;

- вид та спосіб виконання засобів вогнезахисту, вогнезахисна здатність яких забезпечує нормований клас вогнестійкості за ДСТУ Б-В.1.1-17.

1.1.1.4 У необхідних випадках під час роботи прокату на розтяг у напрямку його товщини при замовленні сталі слід зазначати клас суцільності за ГОСТ 27772.

1.1.1.5 Робочі креслення сталевих конструкцій повинні розроблятися з врахуванням вимог щодо виготовлення і монтажу, а також з врахуванням виду (типу) вогнезахисного покриття (облицювання) та способу його нанесення.

У проекті слід указувати послідовність монтажу елементів і виконання вузлів, а також допустимі монтажні навантаження, якщо зазначені чинники враховувались під час визначення розрахункових зусиль.

1.1.1.6 У проекті слід використовувати конструктивні рішення, що підвищують корозійну стійкість за рахунок раціонального вибору сталі, концентрації матеріалу в перерізах, вибору геометричної форми конструкції в цілому, та її елементів зокрема, а також їх розташуванні у просторі, опору внутрішнім факторам корозії (місцевій, пітінговій, контактній, щілинній корозії, корозійному розтріскуванню, міжкристалевій корозії, корозійній утомленості тощо).

Також слід передбачити антикорозійний захист з урахуванням вимог ДСТУ 21.513 до первинного захисту (підвищення корозійної стійкості конструктивної форми) і вторинного захисту (підвищення довговічності засобів і методів протикорозійного захисту). Конструктивні заходи, що забезпечують підвищення корозійної стійкості під час проектування, наведено у додатку Ф.

При відсутності доступу для огляду і ремонту конструктивних елементів довговічність первинного і вторинного захисту повинна відповідати терміну служби конструкції без технічного обслуговування.

1.1.1.7 При проектуванні сталевих конструкцій, що підлягають безпосередньому впливу рухомих, вібраційних та інших змінних навантажень, які викликають можливість руйнувань від утомленості, слід враховувати вимоги до вибору сталі, конструювання і технології виготовлення, а у випадках, указаних у нормах, виконувати розрахунок на витривалість.

1.1.1.8 При конструюванні сталевих зварних конструкцій слід знижувати негативний вплив залишкових деформацій і напружень, у тому числі зварних, а також концентрації напружень, передбачати відповідні рішення (з найбільш рівномірним розподілом напружень в елементах і деталях, без вхідних кутів, різких перепадів перерізу та інших концентраторів напружень) і технологічні заходи (порядок збирання і зварювання, попередній вигин, механічне оброблення відповідних зон струганням, фрезеруванням, зачисткою абразивним кругом тощо).

1.1.2 Рекомендації

1.1.2.1 Рекомендується:

- обирати оптимальні за техніко-економічними показниками конструктивні схеми будівель і споруд, а також перерізи елементів конструкцій з урахуванням їхнього призначення та умов експлуатації;

- застосовувати економічні профілі прокату та ефективні сталі;

- дотримуватися однотипності конструктивних елементів та вузлів, що досягається застосуванням уніфікованих рішень;

- застосовувати прогресивні конструкції (просторові системи із стандартних елементів; конструкції, що поєднують несучі та огорожувальні функції; попередньо напружені, вантові, тонколистові та комбіновані конструкції зі сталей різної міцності);

- передбачати технологічність і найменшу трудомісткість виготовлення конструкцій; враховувати виробничі можливості та потужність технологічного і кранового устаткування підприємств-виробників, передбачати заводські з'єднання прогресивних типів (механізоване зварювання, з'єднання на болтах, у тому числі на високоміцних та ін.); використовувати можливість фрезерування торців для потужних стійок і колон;

- виконувати розділення конструкцій на відправні елементи з урахуванням виду транспорту та габаритів транспортних засобів, підйально-транспортного та іншого устаткування монтажних організацій, раціонального та економічного транспортування конструкцій, а також виконання максимального обсягу робіт на підприємстві-виробнику;

- застосовувати конструкції, що забезпечують технологічність і найменшу трудомісткість монтажу; застосовувати монтажні з'єднання на болтах, у тому числі фланцеві та фрикційні, з фрезерованими торцями (зварні монтажні з'єднання допускати лише при відповідному обґрунтуванні); передбачати монтажні кріплення елементів (монтажні столики тощо);

- встановлювати показники довговічності з урахуванням конструктивних, технологічних та експлуатаційних обмежень паспортних характеристик режиму експлуатації будівель і споруд.

1.1.2.2 Для конструкцій, що перебувають в умовах агресивних впливів рекомендується застосовувати сталевий прокат зі сталей з підвищеною корозійною стійкістю.

1.1.2.3 Конструкції, які можуть підлягати впливу розплавленого металу (у вигляді бризок при розливанні металу, при прориві металу з печей чи ковшів), рекомендується захищати облицюванням або огорожувальними стінками, виконаними з вогнетривкої цегли або жаротривкого бетону, які захищені від механічних ушкоджень.

1.1.2.4 Конструкції, що підлягають тривалому впливу променевої чи конвекційної теплоти або короточасному впливу вогню під час аварій теплових агрегатів, рекомендується захищати металевими екранами чи футеруванням з цегли або жаротривкого бетону.

1.1.3 Основні розрахункові вимоги

1.1.3.1 Кліматичні дані району будівництва слід приймати згідно з ДБН В.1.2-2:2006.

Розрахункові технологічні температури встановлюються завданням на розроблення будівельної частини проекту.

1.1.3.2 Навантаження і впливи з урахуванням їх одночасної дії і найбільш несприятливих сполучень слід приймати згідно з ДБН В.1.2-2:2006, ДБН В.1.1-12:2006, а також за іншими нормативними документами і завданням на проектування. Групи режимів роботи кранів слід приймати відповідно до ГОСТ 25546.

1.1.3.3 Граничні значення прогинів і переміщень елементів конструкцій слід приймати відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.2-3:2006.

1.1.3.4 При проектуванні сталевих конструкцій слід дотримуватися правил забезпечення захисту від корозії. У проекті необхідно наводити дані про зонування будівлі (споруди) за складом та інтенсивністю агресивних впливів, класифікацією корозійних середовищ, вимоги до термінів експлуатації та відновлення захисних покриттів.

Усі конструкції повинні бути доступні для спостереження, очистки, фарбування. Конструкції не повинні затримувати вологу і ускладнювати провітрювання. Замкнуті профілі повинні бути герметизовані.

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні чи за вимогою замовника допускається збільшувати товщини прокату і стінок труб з урахуванням можливості корозії та підвищення межі вогнестійкості конструкцій. При цьому для оцінки несучої здатності і довговічності конструкцій збільшення перерізів елементів враховувати не слід.

1.1.3.5 При проектуванні сталевих конструкцій, до яких у ДБН В.1.1-7 та інших нормативних документах встановлені вимоги до значення класу вогнестійкості, рекомендується враховувати вимоги стосовно проектування вогнестійких конструкцій, визначені у проекті ДСТУ-Н Б В.2.6-XX:201X*.

1.1.3.6 Залежно від призначення конструкцій і можливих наслідків при досягненні ними граничних станів слід розрізняти три категорії конструкцій та їхніх елементів за призначенням:

А – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких може призвести до повної непридатності до експлуатації будівлі чи споруди в цілому або його значної частини;

Б – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації будівель і споруд внаслідок виникнення недопустимих прогинів або переміщень;

В – допоміжні конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких не призводить до порушення експлуатаційних вимог, що висуваються до несучих конструкцій.

Залежно від можливості та причин досягнення граничних станів, а також виходячи з умов руйнування від утомленості чи крихкого руйнування слід розрізняти три категорії конструкцій та їхніх елементів за напруженим станом:

I – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких можливе в результаті безпосереднього впливу динамічного рухомого чи вібраційного навантаження;

II – конструкції та елементи, досягнення граничних станів яких можливе лише при поєднанні несприятливих чинників (динамічного чи вібраційного навантаження, концентраторів напружень, зон напружень розтягу тощо);

III – конструкції та елементи, руйнування від утомленості чи крихке руйнування яких неможливо через відсутність несприятливих чинників або через їхній незначний вплив.

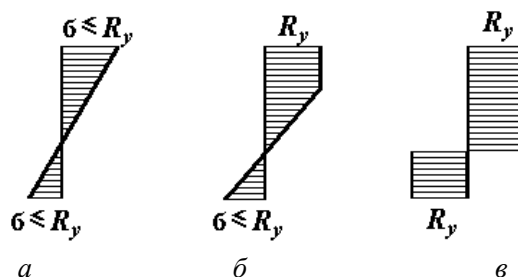
Перелік конструкцій та елементів із вказівкою категорій за призначенням і за напруженим станом наведено в додатку В, табл. В.1.

1.1.3.7 Елементи і конструкції, що розглядаються в цих нормах, поділяються на три класи залежно від прийнятого в розрахунку виду напружено-деформованого стану (НДС) розрахункового перерізу:

1 клас – НДС, при якому нормальні напруження σ на всіх ділянках розрахункового перерізу є меншими за розрахунковий опір сталі R_y і можуть досягнути його лише в найбільш напружених волокнах перерізу $\sigma = R_y$ (пружна робота перерізу – рис. 1.1.1, а);

2 клас – НДС, при якому нормальні напруження σ на деяких ділянках розрахункового перерізу є меншими за розрахунковий опір сталі R_y , а на інших ділянках – дорівнюють йому (пружно-пластична робота перерізу — рис. 1.1.1, б);

3 клас – НДС, при якому нормальні напруження σ по всій площі розрахункового перерізу дорівнюють розрахунковому опору сталі R_y (пластифікація всього перерізу з утворенням пластичного шарніру — рис. 1.1.1, в).



* - знаходиться на стадії розробки.

Рис. 1.1.1 Класифікація перерізів за видом НДС

Розрахункові схеми й основні передумови розрахунку повинні відображати дійсні умови роботи сталевих конструкцій.

Сталеві конструкції необхідно, як правило, розраховувати як єдині просторові системи з урахуванням чинників, що визначають напружений і деформований стан за потреби з урахуванням нелінійних властивостей розрахункової схеми. У необхідних випадках розрахунок конструкції на різних етапах монтажу або експлуатації необхідно виконувати з урахуванням впливу чинників, що визначають її напружено-деформований стан на кожному з етапів.

При поділі єдиних просторових систем на окремі плоскі підсистеми слід враховувати взаємодію елементів між собою і основою.

Вибір розрахункових схем, а також методів розрахунку сталевих конструкцій рекомендується здійснювати з урахуванням ефективного використання ЕОМ.

При поділі системи на окремі елементи розрахункові зусилля (поздовжні і поперечні сили, згинальні та крутні моменти) в статично невизначуваних конструкціях допускається визначати за недеформованою схемою з припущенням пружної роботи сталі.

Розрахунок окремих елементів на дію цих зусиль слід виконувати за деформованою схемою, що враховує вплив переміщень під навантаженням.

Розрахунок статично невизначуваних конструкцій як єдиних систем допускається також виконувати за деформованою схемою в межах пружної роботи сталі.

1.1.3.8 Вимоги цих норм передбачають такі розрахункові моделі несучих конструкцій:

- окремі конструктивні елементи (наприклад, розтягнуті і стиснуті стрижні, балки, стійки і колони суцільного перерізу тощо);
- плоскі або просторові системи, закріплені від перекосу (рис. 1.1.2, а); розрахунок таких конструкцій може бути виконаний шляхом розрахунку окремих елементів з урахуванням їхньої взаємодії між собою і з основою;
- плоскі або просторові системи, не закріплені від перекосу (рис. 1.1.2, б); при розрахунку таких конструкцій поряд із перевіркою окремих елементів слід враховувати можливість досягнення граничного стану системи в цілому;
- листові конструкції (оболонки обертання), що перебувають у безмоментному напруженому стані.

При спеціальному обґрунтуванні припустимо використовувати більш точні розрахункові моделі (наприклад, геометрично чи фізично нелінійні, чи моделі, які враховують моментну роботу оболонкових конструкцій).

Для розрахункових моделей у формі окремих конструктивних елементів чи систем, закріплених від перекосу, перевірка стійкості виконується як для окремих стрижневих елементів на основі розгляду їхніх розрахункових довжин, визначених без урахування рівня навантаженості сусідніх елементів.

Для систем, не закріплених від перекосу, поряд із перевіркою стійкості окремих елементів повинна бути виконана перевірка загальної стійкості. При перевірці загальної стійкості коефіцієнт надійності за загальною стійкістю γ не повинен бути меншим за 1,3.

1.1.3.9 Для елементів, ослаблених у розрахунковому перерізі отворами для болтових з'єднань, окрім фрикційних, при розрахунках на міцність і витривалість слід приймати площу перерізу нетто A_n , на стійкість і жорсткість – площу перерізу брутто A .

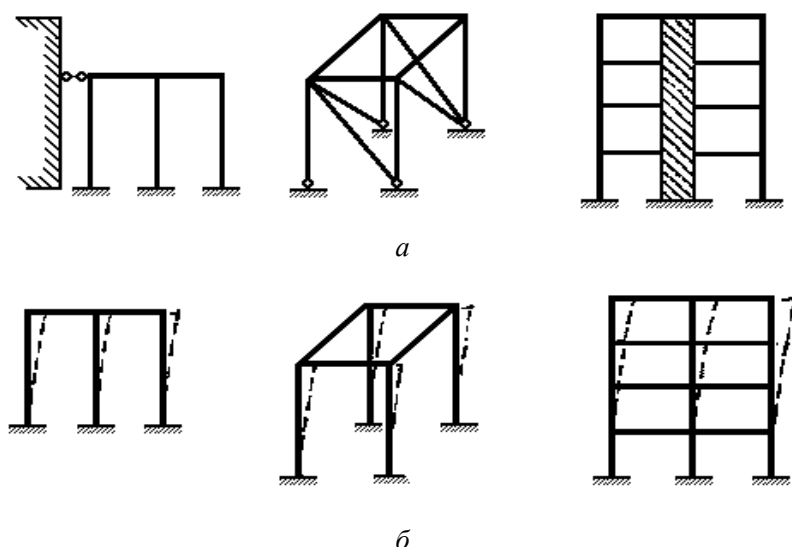


Рис. 1.1.2 Розрахункові моделі несучих конструкцій у вигляді стрижневих систем, закріплених (а) і не закріплених (б) від перекосу

1.1.4 Врахування призначення та умов роботи конструкцій

1.1.4.1 При розрахунку конструкцій і з'єднань слід враховувати:

- коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) γ_n відповідно до вимог ДБН В.1.2-14-2008;
- додатковий коефіцієнт надійності за матеріалом $\gamma_m = 1,3$ для елементів конструкцій, які розраховуються на міцність з використанням розрахункових опорів R_u , що визначаються за тимчасовим опором при розтягуванні;
- коефіцієнти умов роботи елементів конструкцій γ_c , що приймаються за табл. 1.1.1, та коефіцієнти умов роботи з'єднань γ_b за вимогами розділів 1.12 цих норм.

Таблиця 1.1.1 Коефіцієнти умов роботи

Елементи конструкцій	Коефіцієнти умов роботи γ_c
1. Балки суцільного перерізу і стиснуті елементи ферм перекриттів під залами театрів, клубів, кінотеатрів, під трибунами, під приміщеннями магазинів, книгосховищ і архівів тощо при тимчасовому навантаженні, що не перевищує вагу перекриття	0,90
2. Колони громадських будівель і опор водонапірних башт	0,95
3. Колони одноповерхових виробничих будівель з мостовими кранами	1,05
4. Стиснуті основні елементи (крім опорних), ґратки складеного таврового перерізу з двох кутиків у зварних фермах покриттів і перекриттів при розрахунку на стійкість зазначених елементів із гнучкістю $\lambda \geq 60$	0,80
5. Затяжки, тяги, відтяжки, підвіски при розрахунку на міцність у перерізі без послаблень	0,90
6. Елементи конструкцій зі сталі з межею текучості до 440 Н/мм ² , що несуть статичне навантаження, при розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів (окрім фрикційних з'єднань)	1,10
7. Стиснуті елементи решітки просторових ґратчастих конструкцій, виконані з одиночних рівнополічкових кутиків за рис. 1.9.3, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополічкових кутиків – більшою полицею):	

Елементи конструкцій	Коефіцієнти умов роботи γ_c
а) безпосередньо до поясів за допомогою зварних швів або двох болтів і більше, які влаштовані вздовж кутка: – розкоси за рис. 1.9.3, а – розпірки за рис. 1.9.3, б, в, е – розкоси за рис. 1.9.3, в, г, д, е	0,90 0,90 0,80
б) безпосередньо до поясів за допомогою одного болта або через фасонку незалежно від виду з'єднання	0,75
8. Стиснуті елементи, виконані з одиночних кутиків, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополичкових кутиків – меншою полицею), за винятком елементів, наведених у поз.7 цієї таблиці, а також елементів плоских ферм з одиночних кутиків	0,75
9. Опорні плити, виконані зі сталі з межею текучості до 390 Н/мм ² , що несуть статичне навантаження, товщиною, мм:	
а) до 40 включно	1,20
б) понад 40 до 60 включно	1,15
в) понад 60 до 80 включно	1,10
Примітки: 1. Коефіцієнти $\gamma_c < 1,0$ при розрахунку не слід враховувати сумісно. 2. При розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів, коефіцієнти, наведені в поз. 6 і 1, 6 і 2, 6 і 5, слід враховувати сумісно. 3. При розрахунку опорних плит коефіцієнти, наведені в поз. 9 і 2, 9 і 3, слід враховувати сумісно. 4. При розрахунку з'єднань коефіцієнти γ_c для елементів, які наведені в поз.1 і 2, слід враховувати разом із коефіцієнтом умов роботи з'єднання γ_b . 5. У випадках, не обумовлених цими нормами, у розрахункових формулах слід приймати $\gamma_c = 1,0$.	

1.2 Матеріали для конструкцій і з'єднань

1.2.1 Загальні вимоги

1.2.1.1 Для сталевих будівельних конструкцій слід застосовувати сталевий прокат (листовий, фасонний, ширококутний універсальний, сортовий), гнуті профілі і труби з низьковуглецевої і низьколегованої сталі, а також сталеві канати.

Застосовується прокат загального призначення і прокат для зварних конструкцій.

Допускається також застосовувати арматурну гарячекатану сталь, що зварюється, пучки і пасма з дроту.

1.2.1.2 В окремих випадках, наприклад для опорних вузлів, допускається застосування виливків і поковок з вуглецевої і легованої сталі, а також виливків з чавуну.

Виливки (опорні частини тощо) для сталевих конструкцій рекомендується проектувати з вуглецевої сталі марок І5Л, 25Л, 35Л і 45Л, що задовольняють вимоги для груп виливків ІІ або ІІІ за ГОСТ 977, а також із сірого чавуну марок СЧІ5, СЧ20, СЧ25 і СЧ30, що задовольняє вимоги ГОСТ 1412.

1.2.1.3 За показниками корозійної стійкості сталі поділяються на три групи:

- І група – сталі звичайної корозійної стійкості, а саме низьковуглецеві сталі марки ВСтЗпс та низьколеговані сталі марок 09Г2С, 10Г2С, 15Г2СФ, 18Гпс;
- ІІ група – сталі пониженої корозійної стійкості марок 09Г2, 14Г2, 14Г2СМФР для середньо-, високо- та сильноагресивного середовищ;
- ІІІ група – атмосферостійкі (економно леговані) сталі марок 10ХДП, 10ХНДП, 12ХГДАФ для слабо- та сильноагресивного середовищ.

Для конструкцій, що експлуатуються в умовах агресивного середовища рекомендується застосовувати сталевий прокат із сталей з підвищеною корозійною стійкістю.

1.2.1.4 Основні фізичні властивості матеріалів для конструкцій слід приймати згідно з додатком Г.

1.2.1.5 Прокат листовий, фасонний і широкосмуговий універсальний слід поділяти на:

- прокат звичайної міцності з низьковуглецевих сталей з межею текучості до 290 Н/мм^2 , які розрізняються за ступенем розкислення на киплячі, напівспокійні та спокійні, а також без урахування граничних відхилень задовольняють такі вимоги (за масовою часткою елементів): вміст вуглецю не повинен перевищувати 0,22 %, вміст сірки – 0,05 % і вміст фосфору – 0,04 %; тимчасове видовження круглих зразків з розрахунковою довжиною, що дорівнює п'яти діаметрам зразка, не повинне бути менше за 18 %;

- прокат підвищеної міцності, як правило, з низьколегованих сталей з межею текучості понад 290 Н/мм^2 до 390 Н/мм^2 включно при товщині прокату до 40 мм, із тимчасовим видовженням круглих зразків при їхній розрахунковій довжині, що дорівнює п'яти діаметрам зразка, не меншим за 16 %;

- прокат високої міцності, як правило, з термооброблених сталей з межею текучості від 390 до 590 Н/мм^2 , із тимчасовим видовженням круглих зразків при їхній розрахунковій довжині, що дорівнює п'яти діаметрам зразка, не меншим за 14 %.

Вимоги до низьколегованої сталі для сталевих конструкцій наведені у табл. Д2 додатку Д.

Вимоги до застосування сталевих прокатів залежно від ступеню розкислення та показника ударної в'язкості наведені у табл. Д3 додатку Д.

1.2.1.6 Сталевий прокат за п. 1.2.1.5 повинен задовольняти вимоги щодо ударної в'язкості згідно з додатком Д, табл. Д.1.

Прокат з низьколегованих сталей для зварних конструкцій повинен задовольняти вимоги щодо хімічного складу і вуглецевого еквівалента відповідно до додатку Д, табл. Д.2.

При рівноцінних показниках механічних властивостей перевагу слід надавати використанню прокату для виготовлення зварних конструкцій з меншими значеннями вуглецевого еквівалента.

1.2.1.7 Листовий прокат завтовшки 25 мм і більше для елементів, що працюють в напрямку товщини прокату, а також інший прокат завтовшки 40 мм і більше повинні задовольняти вимоги ГОСТ 28870 за властивостями в напрямку товщини прокату.

1.2.1.8 Для конструкцій, не захищених від впливу високих температур, при необхідності слід застосовувати прокат підвищеної жаростійкості. Прокат повинен мати нормативне значення тимчасового опору при температурі 600°C не менше за $R_{mT} = 240 \text{ Н/мм}^2$.

1.2.1.9 При виборі сталі для конструкцій слід враховувати:

- клас відповідальності будівель і споруд відповідно до вимог ДБН В.1.2-14-2008;
- призначення конструкцій та елементів;
- можливі наслідки досягнення граничних станів;
- характер діючих напружень (статичне, динамічне) та їхній рівень;
- вид напруженого стану (одноосьовий, плоский чи об'ємний, розтяг або стиск);
- наявність зварних з'єднань (рівень залишкових напружень, ступінь концентрації напружень, властивості сталі в зоні зварювання);
- ступінь агресивності впливів;
- товщину прокату;
- особливості конструктивної форми і технології виготовлення (концентратори напружень, гільйотинне різання, наклеп тощо);
- кліматичний район будівництва і розрахункову температуру експлуатації.

За розрахункову мінімальну температуру слід приймати температуру найхолоднішої доби в районі будівництва відповідно до вказівок норм з будівельної кліматології з забезпеченістю:

0,90 – для конструкцій, що експлуатуються в опалюваних приміщеннях;

0,95 – для конструкцій, що експлуатуються в неопалюваних приміщеннях і при температурі зовнішнього повітря;

0,98 – для конструкцій будівель і споруд підвищеного рівня відповідальності за класифікацією,

наведеною в ДБН В.1.2-:200*, що експлуатуються при температурі зовнішнього повітря.

Залежно від поєднання чинників згідно з п. 1.2.1.7 і з урахуванням категорії конструкції згідно з п. 1.1.3.6 конструкції та елементи поділяються на чотири групи згідно з вказівками додатка В, п.п. В1, В2.

1.2.1.10 Вибір сталей для груп конструкцій слід виконувати згідно з рекомендаціями табл. Е1 додатка Е.

1.2.2 Матеріали масового застосування

При використанні матеріалів, що виготовляються за стандартами України, слід виконувати вимоги п.п. 1.2.2.1 – 1.2.2.10.

Може бути використаний також прокат, що випускається за іншими стандартами і технічними умовами, якщо його властивості відповідають вимогам таблиць Д.1 і Д.2 додатку Д.

1.2.2.1 Для конструкцій з фасонного (кутики, двотаври, швелери), листового згідно з ГОСТ 27772 і ТУ У 27.1-05416923-085:2006, широкосмугового універсального прокату і гнутих профілів за ГОСТ 27772, сортового прокату (круг, квадрат, смуга) згідно з ГОСТ 19281, ГОСТ 535 і ТУ 14-1-3023, тонколистового прокату з вуглецевої сталі згідно з ГОСТ 16523, із сталі підвищеної міцності згідно з ГОСТ 17066, електрозварних труб згідно з ГОСТ 10705 та ГОСТ 10706, гарячекатаних труб згідно з ГОСТ 8731, ТУ 14-3-567 і ТУ 14-3-1128, як правило, слід приймати сталі відповідно до додатку Е.

Для елементів фланцевих з'єднань і рамних вузлів, що працюють на розтяг у напрямку товщини прокату, рекомендується застосовувати прокат за ТУ 14-1-4431 і ТУ 14-227-237.

1.2.2.2 Для зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій із сталей згідно з п. 1.2.2.1 слід застосовувати електроди для ручного дугового зварювання згідно з ГОСТ 9467, зварювальний дріт згідно з ГОСТ 2246, флюси згідно з ГОСТ 9087, порошковий дріт згідно з ГОСТ 26271, вуглекислий газ згідно з ГОСТ 8050, аргон згідно з ГОСТ 10157 згідно з додатком Ж.

Застосовувані зварювальні матеріали і технологія зварювання повинні забезпечувати значення тимчасового опору металу шва не нижче від нормативного значення опору R_{un} основного металу, ударну в'язкість і тимчасове видовження залежно від вимог, які висуваються до матеріалу конкретних конструкцій.

1.2.2.3 Для болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій із сталей згідно з п. 1.2.2.1 слід застосовувати: сталеві болти і гайки, що задовольняють вимоги ГОСТ 1759.0, ГОСТ 1759.4, ГОСТ 1759.5; шайби, що задовольняють вимоги ГОСТ 18123; високоміцні болти, зазначені у п. 1.2.2.6 (болти згідно з ТУ 14-4-1345 – тільки при їхній роботі на розтяг) відповідно до табл. ЖЗ додатка Ж.

Болти у болтових з'єднаннях слід застосовувати згідно з ГОСТ 7796, ГОСТ 7798, ГОСТ 15589, ГОСТ 15591, при наявності обмежень деформацій з'єднання – болти згідно з ГОСТ 7805, а також в необхідних випадках болти зі скороченою нарізною частиною згідно з ТУ 14-4-1386.

Болти і гайки повинні мати маркування згідно з вимогами діючих нормативних документів.

Гайки у болтових з'єднаннях слід застосовувати згідно з ГОСТ 5915, як правило, приймаючи клас міцності гайок при класах міцності болтів: 5 – при 5.6, 5.8, 6.6; 8 – при 8.8; 10 – при 10.9.

Для болтів при їхній роботі тільки на зріз допускається приймати клас міцності гайок 4 при класах міцності болтів 5.6, 5.8, 6.6; 6 – при 8.8; 8 – при 10.9.

Шайби у болтових з'єднаннях слід застосовувати: круглі згідно з ГОСТ 11371, косі згідно з ГОСТ 10906, пружинні нормальні згідно з ГОСТ 6402.

1.2.2.4 Для фундаментних болтів, як правило, слід застосовувати сталі згідно з ГОСТ 535, ГОСТ 24379.0, а їхні конструкцію і розміри приймати згідно з ГОСТ 24379.1.

1.2.2.5 Гайки для фундаментних та U-подібних болтів діаметром до 48 мм включно слід

застосовувати згідно з ГОСТ 5915, для болтів діаметром понад 48 мм – згідно з ГОСТ 10605.

Для вказаних болтів із сталі марок СтЗкп2-1, СтЗпс2-1, СтЗпс4-1, СтЗсп2-1, СтЗсп4-1 діаметром до 48 мм включно слід застосовувати гайки класу міцності згідно з ГОСТ 1759.5, діаметром понад 48 мм – з матеріалу групи 02 згідно з ГОСТ 18126.

Для болтів із сталі марок 09Г2С і 10Г2С1 діаметром до 48 мм включно слід застосовувати гайки класу міцності не нижче за 5 згідно з ГОСТ 1759.5, діаметром понад 48 мм – з матеріалу групи 05 згідно з ГОСТ 18126.

Допускається застосовувати гайки з марок сталі, прийнятої для болтів.

1.2.2.6 Для фрикційних з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х “селект”, що задовольняють вимоги ГОСТ 22356 і ТУ 14-4-1345, а їхню конструкцію і розміри приймати згідно з ГОСТ 22353; гайки і шайби до них – згідно з ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355.

Допускається застосовувати болти класу міцності 10.9 згідно з ГОСТ 1759.4 з гайками класу міцності 10 згідно з ГОСТ 1459.5.

1.2.2.7 Для фланцевих з'єднань елементів сталевих конструкцій рекомендується застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х “селект” з тимчасовим опором не меншим за 1100 Н/мм^2 у виконанні ХЛ, що задовольняють вимоги ГОСТ 22356; гайки і шайби до них необхідно обирати згідно з ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355. Допускається застосовувати болти класу міцності 8.8 і 10.9 згідно з ГОСТ 1759.4 з гайками класу міцності відповідно 8 і 10 згідно з ГОСТ 1459.5.

1.2.2.8 Для відливок (опорних частин і т. п.) слід застосовувати сталь марок 15Л, 25Л, 35Л і 45Л згідно з ГОСТ 977 для груп II (відливки відповідального призначення для деталей, що працюють при статичних і змінних навантаженнях) або III (відливки особливо відповідального призначення для деталей, що працюють при динамічних навантаженнях).

1.2.2.9 Для несучих елементів висячих покриттів, відтяжок опор повітряних ліній електропередачі, розподільних пристроїв, контактних мереж, транспорту, щогл і башт, а також напружуваних елементів у попередньо напружених конструкціях слід застосовувати:

- канати спіральні згідно з ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064;
- канати подвійного звивання згідно з ГОСТ 3066, ГОСТ 3067, ГОСТ 3068, ГОСТ 3081, ГОСТ 7669, ГОСТ 14954;
- канати закриті несучі згідно з ГОСТ 3090, ГОСТ 7675, ГОСТ 7676, ГОСТ 18900, ГОСТ 18901, ГОСТ 18902;
- канати сталеві одинарного звивання для відтяжок опор повітряних ліній електропередачі згідно з ТУ 14-4-1493;
- пучки і пасма паралельних дротів, які формуються з канатного дроту, що задовольняє вимоги ГОСТ 7372.

1.2.2.10 У разі потреби допускається застосовування прокатних профілів, стрічок, арматурних стрижнів.

1.3 Розрахункові характеристики матеріалів і з'єднань

1.3.1 Розрахункові опори прокату і труб слід визначати за формулами, наведеними у табл. 1.3.1, де нормативні опори R_{yn} і R_{un} слід приймати такими, що дорівнюють гарантованому значенню межі текучості і тимчасового опору, які встановлені стандартами чи технічними умовами.

Таблиця 1.3.1 Формули для визначення розрахункових опорів прокату і труб

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір прокату і труб
Розтяг, стиск, згин:		
– за межею текучості	R_y	R_{yn} / γ_m
– за тимчасовим опором	R_u	R_{un} / γ_m
Зсув	R_s	$0,58 R_{yn} / \gamma_m$
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	R_p	R_{un} / γ_m
Зминання місцеве у циліндричних шарнірах (цапгах) при щільному дотиканні	R_{lp}	$0,5 R_{un} / \gamma_m$
Діаметральний стиск катків (при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю)	R_{cd}	$0,025 R_{un} / \gamma_m$
Розтяг у напрямку товщини прокату t ($t \leq 60$ мм)	R_{th}	$0,5 R_{un} / \gamma_m$

Таблиця 1.3.2 Коефіцієнт надійності за матеріалом

Державний стандарт або технічні умови на прокат	Коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m
Для сталі за ГОСТ 27772 (окрім сталей марок С590, С590К), за ТУ У27.1-05416923-085:2006, а також іншою нормативною документацією, що вимагає процедуру контролю властивостей прокату за ГОСТ 27772	1,025
Для сортового прокату з межею текучості понад 380 Н/мм ² за ГОСТ 19281 і для труб за ГОСТ 8731	1,100
Для решти прокату і труб, що задовольняють вимоги цих норм	1,050

1.3.2 Можливі відхилення в несприятливий бік фактичних значень межі текучості і тимчасового опору від нормативних значень, а також розмірів перерізу прокатних профілів від номінальних розмірів, слід враховувати за допомогою коефіцієнта надійності за матеріалом γ_m . При визначенні коефіцієнтів γ_m слід виходити з того, що забезпеченість значень розрахункових опорів повинна бути не меншою за 0,998. Для матеріалів масового застосування за п. 1.2.2.1 коефіцієнти надійності за матеріалом γ_m приймаються за табл. 1.3.2.

Розрахункові опори листового, широкоугового універсального, фасонного прокату і труб масового застосування наведені в табл. Е2 і Е3 додатку Е.

1.3.3 Розрахункові опори гнутих профілів слід приймати такими, що дорівнюють, як правило, розрахунковим опорам листового прокату, з якого вони виготовлені; допускається враховувати зміцнення сталі листового прокату в зоні гнуття.

1.3.4 Розрахункові опори круглого, квадратного та смугового прокату слід визначати за формулами, наведеними у табл. 1.3.1, де значення R_{yn} і R_{un} слід приймати відповідно до ТУ 14-1-3023, ГОСТ 535 і ГОСТ 19281.

Розрахункові опори прокату зминання торцевої поверхні, місцевому зминання у циліндричних шарнірах, діаметральному стисканню катків наведені в табл. Е4 додатку Е.

Розрахункові опори виливок з вуглецевої сталі та сірого чавуну необхідно приймати за табл. Е6 і Е7 додатку Е.

1.3.5 Розрахункові опори зварних з'єднань слід визначати за формулами, наведеними в табл. 1.3.3.

Розрахункові опори зварних стикових з'єднань із сталей з різними нормативними опорами слід приймати як для стикових з'єднань із сталі з меншим значенням нормативного опору.

Нормативні опори металу шва R_{wun} і розрахункові опори металу кутових швів R_{wf} наведені в табл. Ж2

додатку Ж.

Таблиця 1.3.3 Формули для визначення розрахункових опорів зварних швів

Зварне з'єднання	Напружений стан	Характеристика розрахункового опору	Умовне позначення	Розрахунковий опір
Стикове	Стиск, розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні з фізичним контролем якості шва	за межею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = R_y$
		за тимчасовим опором	R_{wu}	$R_{wu} = R_u$
	Розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні	за межею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = 0,85 R_y$
	Зсув	—	R_{ws}	$R_{ws} = R_s$
З кутовими швами	Зсув (умовний)	за металом шва	R_{wf}	$R_{wf} = \frac{0,55R_{wun}}{\gamma_{wm}}$
		за металом межі сплавлення	R_{wz}	$R_{wz} = 0,45R_{un}$
Примітка				
Значення коефіцієнта надійності за матеріалом шва γ_{wm} слід приймати таким, що дорівнює: 1,25 – при $R_{wun} \leq 490 \text{ Н/мм}^2$; 1,35 – при $490 \text{ Н/мм}^2 < R_{wun} \leq 590 \text{ Н/мм}^2$.				

1.3.6 Розрахункові опори одноболтових з'єднань слід визначати за формулами, наведеними в табл. 1.3.4. Розрахункові опори зрізу та розтягу болтів, а також зминанню елементів, що з'єднуються болтами, наведені у табл. Ж5 додатка Ж.

1.3.7 Розрахунковий опір розтягу фундаментних болтів R_{ba} слід визначати за формулою

$$R_{ba} = 0,80 R_{yn}. \quad (1.3.1)$$

Розрахункові опори розтягу фундаментних болтів наведені у табл. Ж6 додатку Ж.

Розрахунковий опір розтягу U-подібних болтів слід визначати за формулою

$$R_{bu} = 0,85 R_{yn}. \quad (1.3.2)$$

1.3.8 Розрахунковий опір розтягу болтів R_{bh} у фрикційному з'єднанні слід визначати за формулою

$$R_{bh} = 0,7 R_{bun}, \quad (1.3.3)$$

де R_{bun} – найменший тимчасовий опір болта розриву, що приймається відповідно до табл. Ж4, Ж7 додатку Ж.

Таблиця 1.3.4 Формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, зминанню для болтів				
		класу міцності				високоміцних із сталі марки 40Х «селект»
		5.6	6.6	8.8	10.9	
Зріз	^{a)} R_{bs}	$0,42 R_{bun}$	$0,42 R_{bun}$	$0,40 R_{bun}$	$0,40 R_{bun}$	$0,37 R_{bun}$
Розтяг	^{b)} R_{bt}	$0,75 R_{bun}$	$0,75 R_{bun}$	$0,68 R_{bun}$	$0,60 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, зминанню для болтів				
		класу міцності				високоміцних із сталі марки 40Х «селект»
		5.6	6.6	8.8	10.9	
Зминання: болти класу точності А болти класу точності В і С	в) R_{bp}	1,60 R_u 1,35 R_u				
а) Значення R_{bs} і R_{bt} для болтів класів міцності 8.8 і 10.9 та із сталі марки 40Х «селект» наведені для болтів без покриття (наприклад, без оцинкування, алюмініювання).						
б) Значення R_{tx} вказано для болтів з додатковим подальшим відпуском при температурі 650°С.						
в) Значення R_{bp} вказано для з'єднаних елементів із сталі з межею текучості до 440 Н/мм ² и при $R_{bun} > R_{un}$.						

1.3.9 Розрахунковий опір розтягу високоміцного сталевого дроту R_{dh} , який використовується як пасма або у вигляді пучків, слід визначати за формулою

$$R_{dh} = 0,63 R_{un}. \quad (1.3.4)$$

1.3.10 Значення розрахункового опору (зусилля) розтягу сталевих канатів слід приймати таким, що дорівнює значенню розривного зусилля для каната в цілому, встановленому стандартами або технічними умовами на сталеві канати, поділеному на коефіцієнт надійності $\gamma_m = 1,6$.

1.4 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску

1.4.1 Розрахунок елементів суцільного перерізу

1.4.1.1 Розрахунок на міцність елементів із сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440$ Н/мм² при центральному розтягу і стиску слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (1.4.1)$$

Розрахунок на міцність розтягнутих елементів зі сталі з відношенням $R_u / \gamma_u > R_y$, експлуатація яких можлива і після досягнення металом межі текучості, а також елементів із сталі з нормативним опором $R_{yn} > 440$ Н/мм² слід виконувати за формулою (1.4.1) із заміною значення R_y на R_u / γ_u .

Розрахунок на міцність елементів у перерізі з нарізкою для гайки слід виконувати як розрахунок болта на розтяг; при цьому значення R_{bt} слід обчислювати за табл. 1.3.4 із заміною R_{bun} на R_{un} .

1.4.1.2 Розрахунок на міцність перерізу у місцях кріплення розтягнутих елементів, виконаних з одиночних кутиків, що приєднуються однією полицею болтами, слід виконувати за формулою (1.4.1) і за формулою

$$\frac{N}{A_n R_u} \times \frac{\gamma_u}{\gamma_{c1}} \leq 1, \quad (1.4.2)$$

де γ_{c1} – коефіцієнт умов роботи, що визначається згідно з додатком І.

1.4.1.3 Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу при центральному стиску і при виконанні вимог п.п. 1.4.3.2 – 1.4.3.7 слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.4.3)$$

де φ – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, значення якого при $\bar{\lambda} \geq 0,4$ необхідно обчислювати за формулою

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}^2} (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \bar{\lambda}^2}). \quad (1.4.4)$$

Значення коефіцієнта δ у формулі (1.4.4) слід обчислювати за формулою

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2, \quad (1.4.5)$$

де α і β – коефіцієнти, що характеризують початкові неправильності форми та залишкові напруження і визначаються за табл. 1.4.1 залежно від типу поперечного перерізу стрижня та типу кривої стійкості; $\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість стрижня, яка визначається за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$$

Значення коефіцієнтів φ , обчислені за формулою (1.4.4), слід приймати не більшими за $7,6/\bar{\lambda}^2$ у випадку, коли $\bar{\lambda} > 8,0$ для типу кривої стійкості a , $\bar{\lambda} > 4,4$ і $\bar{\lambda} > 5,8$ для типів кривої стійкості відповідно b і c .

При значеннях $\bar{\lambda} < 0,4$ для всіх типів кривої стійкості допускається приймати $\varphi = 1,0$.

Значення коефіцієнтів φ наведені у табл. К1 додатку К.

1.4.1.4 Розрахунок на стійкість стрижнів з одиночних кутиків слід виконувати з урахуванням вимог п. 1.4.1.3. При визначенні гнучкості цих стрижнів радіус інерції перерізу кутика і розрахункову довжину стрижня необхідно приймати відповідно до вимог п. п. 1.9.1.4, 1.9.1.5, 1.9.2.2.

1.4.1.5 Стиснуті елементи з суцільними стінками відкритого перерізу за рис. 1.4.1 рекомендується укріплювати планками чи ґратками, при цьому повинні бути виконані вимоги п.п. 1.4.2.1 – 1.4.2.9.

За відсутності планок чи ґраток такі елементи, окрім розрахунку за формулою (1.4.3) у головних площинах інерції $x-x$ і $y-y$, необхідно перевіряти на стійкість при згинально-крутильній формі втрати стійкості за формулою

$$\frac{N}{\varphi_c A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.4.6)$$

де φ_c – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

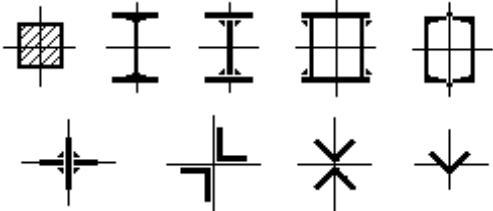
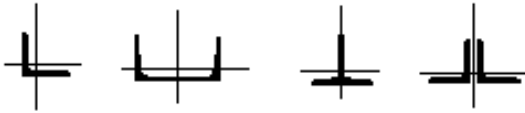
$$\begin{aligned} \varphi_c &= \varphi_1 \text{ при } \varphi_1 \leq 0,85; \\ \varphi_c &= 0,68 + 0,21\varphi_1 \leq 1,0 \text{ при } \varphi_1 > 0,85; \end{aligned}$$

тут значення φ_1 слід обчислювати за формулою

$$\varphi_1 = 7,6 \frac{C_{\max}}{\lambda_x^2}. \quad (1.4.7)$$

У формулі (1.4.7) коефіцієнт $C_{\max}$ необхідно визначати відповідно до додатку Л.

Таблиця 1.4.1 Значення коефіцієнтів α і β

Тип поперечного перерізу	Тип кривої стійкості	Значення коефіцієнтів	
		α	β
	a	0,03	0,06
	b	0,04	0,09
	c	0,04	0,14

Примітка
Для прокатних двотаврів заввишки понад 500 мм у разі розрахунку на стійкість у площині стінки слід приймати тип кривої стійкості a .

1.4.1.6 З'єднання пояса зі стінкою у центрально-стиснутому елементі складеного суцільного перерізу слід розраховувати на зсув від умовної поперечної сили Q_{fic} за формулами, наведеними у табл. 1.12.6. При цьому значення Q_{fic} необхідно визначати за формулою (1.4.14).

1.4.2 Розрахунок елементів наскрізного перерізу

1.4.2.1 Розрахунок на міцність елементів наскрізного перерізу при центральному розтягу і стиску слід виконувати за формулою (1.4.1), де A_n – площа розрахункового перерізу стрижня нетто.

1.4.2.2 Розрахунок на стійкість стиснутих стрижнів наскрізного перерізу, гілки яких з'єднані планками чи ґратками, слід виконувати за формулою (1.4.3); при цьому коефіцієнти φ відносно вільної осі (перпендикулярної до площини планок чи ґраток) слід визначати за формулами (1.4.4) і (1.4.5) для кривої стійкості типу b із заміною в цих формулах $\bar{\lambda}$ на $\bar{\lambda}_{ef}$. Значення умовної зведеної гнучкості $\bar{\lambda}_{ef}$ необхідно обчислювати залежно від значень зведеної гнучкості λ_{ef} , які наведені у табл. 1.4.2 для стрижнів з кількістю панелей, як правило, не меншою за шість. Розрахунок на стійкість наскрізних стрижнів з кількістю панелей, що не перевищує шести, допускається виконувати: за наявності планок – як для рамних систем; за наявності ґраток – згідно з вимогами п. 1.4.2.5.

1.4.2.3 У наскрізних стрижнях з планками гнучкість окремої гілки λ_{e1} , λ_{e2} або λ_{e3} (табл. 1.4.2) на ділянці між зварними швами або крайніми болтами, що прикріплюють планки, не повинна перевищувати 40.

За наявності в одній з площин суцільного листа замість планок (рис. 1.4.1, б, в) гнучкість гілки слід обчислювати за радіусом інерції півперерізу відносно його центральної осі, перпендикулярної до площини планок.

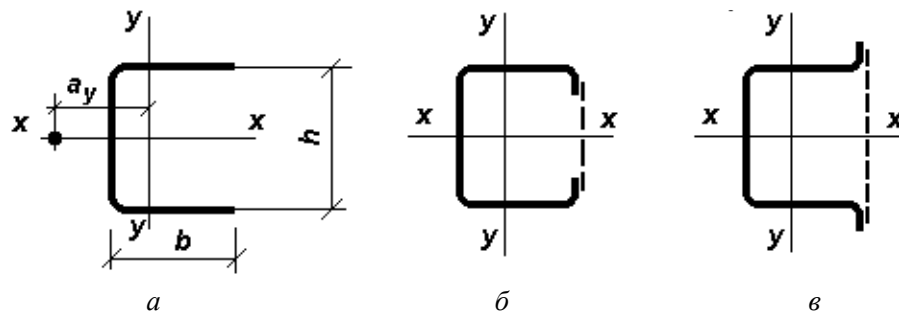


Рис. 1.4.1. Схема відкритого (а) і укріплених планками чи ґратками (б, в) перерізів стрижнів

1.4.2.4 У наскрізних стрижнях з ґратками окрім розрахунку на стійкість стрижня в цілому слід перевіряти стійкість окремих гілок на ділянках між вузлами кріплення ґратки. За необхідності слід враховувати вплив моментів, що виникають у цих вузлах, наприклад, внаслідок розцентрування елементів ґратки.

У наскрізних стрижнях з ґратками гнучкість окремих гілок λ_b між вузлами кріплення ґратки, як правило, не повинна бути більшою за 80 і не повинна перевищувати значення зведеної гнучкості λ_{ef} стрижня в цілому.

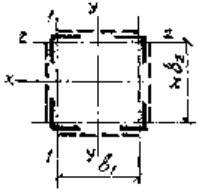
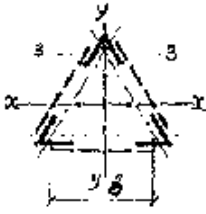
У випадку, коли розрахунок таких стрижнів виконаний відповідно до вимог п. 1.4.2.5, допускається приймати більші значення гнучкості гілок ($\lambda_b > 80$; $\lambda_e > \lambda_{ef}$), проте не більшими за 120.

1.4.2.5 Розрахунок наскрізних стрижнів з ґратками на стійкість в цілому з урахуванням вказаних у п. 1.4.2.2 і п. 1.4.2.4 умов слід виконувати згідно з п. 1.4.1.3, приймаючи у формулах $R_y = R_{yd}$, де $R_{yd} = R_y \varphi_1$. При цьому коефіцієнт стійкості φ_1 , необхідно при $\bar{\lambda}_b \leq 2,7$ приймати таким, що дорівнює 1,0, а при $\bar{\lambda}_b \geq 3,2$ визначати за значенням розрахункового опору R_y та значенням розрахункової довжини $l_{ef} = 0,7l_b$ (де l_b – довжина гілки; на рис. 1.4.2, а довжина гілки становить $2l_b$).

У випадку, коли умовна гнучкість гілки є більшою за 2,7 та меншою за 3,2 ($2,7 < \bar{\lambda}_b < 3,2$) значення коефіцієнта стійкості φ_1 допускається визначати за допомогою лінійної інтерполяції між 1,0 та значенням коефіцієнта φ_1 , обчисленим залежно від умовної гнучкості гілки $\bar{\lambda}_b = 3,2$.

Таблиця 1.4.2. Зведені гнучкості стрижнів наскрізного перерізу

Переріз наскрізного стрижня		Зведена гнучкість λ_{ef} стрижня наскрізного перерізу	
тип	схема	з планками	з ґратками
1		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0,82(1+n)\lambda_{b1}^2} \quad (1.4.8)$ $n = \frac{I_{b1}b}{I_s l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \frac{A}{A_{d1}}} \quad (1.4.11)$ $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$ (d_1, d_2 відносяться відповідно до сторін b_1, b_2)
2		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + 0,82[(1+n)\lambda_{b1}^2 + (1+n_2)\lambda_{b2}^2]} \quad (1.4.9)$ $n_1 = \frac{I_{b1}b_1}{I_{s1}l_b}; n_2 = \frac{I_{b2}b_2}{I_{s2}l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + (\alpha_1 + \alpha_2 \frac{A_{d1}}{A_{d2}}) \frac{A}{A_{d1}}} \quad (1.4.12)$ $\alpha_1 = 10 \frac{d_1^3}{b_1^2 l_b}; \alpha_2 = 10 \frac{d_2^3}{b_2^2 l_b}$

			
3		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + 0,82(1 + 3n_3)\lambda_{b3}^2} \quad (1.4.10)$ $n_3 = \frac{I_{b3}b}{I_s l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{\max}^2 + 0,67\alpha \frac{A}{A_{d3}}} \quad (1.4.13)$ $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$

Позначення, прийняті в табл.1.4.2:

λ_y – гнучкість наскрізного стрижня у площині, перпендикулярній до осі $y - y$;

$\lambda_{\max}$ – найбільша з гнучкостей наскрізного стрижня у площинах, перпендикулярних до осей $x - x$ або $y - y$, що дорівнюють відповідно $\lambda_x = l_x / i_x$ або $\lambda_y = l_y / i_y$ (де i_x, i_y – радіуси інерції перерізу наскрізного стрижня в цілому);

$\lambda_{b1}, \lambda_{b2}, \lambda_{b3}$ – гнучкості окремих гілок при згині у площинах, перпендикулярних до осей відповідно 1 – 1, 2 – 2 і 3 – 3 на ділянках проміжними в'язми (зварними швами або крайніми болтами, що прикріплюють планки);

b, d, l_b – геометричні розміри наскрізного стрижня, що визначаються за рис. 1.4.2 і 1.4.3;

A – площа поперечного перерізу всього стрижня;

A_{d1}, A_{d2}, A_{d3} – площі поперечних перерізів розкосів ґраток (при хрестовій ґратці – двох розкосів), розміщених відповідно в площинах, перпендикулярних до осей 1 – 1, 2 – 2 і паралельних до осі 3 – 3;

I_{b1}, I_{b3} – моменти інерції перерізу гілок відносно осей відповідно 1 – 1 і 3 – 3 (для перерізів типів 1 і 3);

I_{b1}, I_{b2} – те саме, двох кутиків відносно осей відповідно 1 – 1 і 2 – 2 (для перерізу типу 2);

I_s – момент інерції поперечного перерізу однієї планки відносно власної осі $x - x$ (рис. 1.4.3; для перерізів типів 1 і 3);

I_{s1}, I_{s2} – моменти інерції перерізу однієї з планок, розміщених у площинах відповідно 1 – 1 і 2 – 2 (для перерізу типу 2).

Примітка

До типу перерізу 1 слід відносити також перерізи, у яких замість швелерів використовуються двотаври, трубчасті та інші профілі для однієї або обох гілок, при цьому осі $y - y$ і 1 – 1 повинні проходити через центри ваги відповідно перерізу в цілому і окремої гілки, а значення n і λ_{b1} у формулі (1.4.8) повинні забезпечити найбільше значення зведеної гнучкості λ_{ef} .

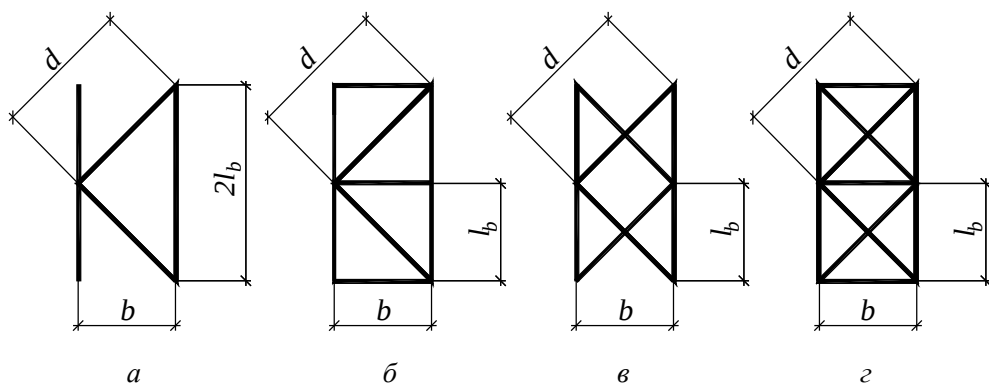


Рис. 1.4.2. Схеми розксісних ґраток стрижнів наскрізного перерізу:
а – трикутна; б – трикутна з розпірками; в – хрестова; з – хрестова з розпірками

1.4.2.6 Розрахунок складених елементів з кутиків, швелерів тощо, з'єднаних щільно або через прокладки, слід виконувати, як суцільностінчастих стрижнів за умови, що довжина ділянки елемента між проміжними в'язями (зварними швами чи центрами крайніх болтів) не перевищує $40i$ для стиснутих елементів та $80i$ для розтягнутих. При цьому радіус інерції перерізу одного кутика чи швелера i слід приймати для таврових або двотаврових перерізів відносно осі, паралельної до площини розміщення прокладок, а для хрестових перерізів – мінімальний. При цьому в межах загальної довжини стиснутого елемента необхідно передбачати не менше як дві проміжні в'язі (прокладки).

1.4.2.7 Розрахунок з'єднувальних планок і елементів ґраток стиснутих стрижнів наскрізного перерізу слід виконувати на дію умовної поперечної сили Q_{fic} , значення якої приймається постійним по всій довжині стрижня і визначається за формулою

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left(2330 - \frac{E}{R_y} \right) \frac{N}{\varphi}, \quad (1.4.14)$$

де N – розрахункове поздовжнє зусилля у складеному стрижні;

φ – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що приймається при розрахунку наскрізного стрижня у площині планок чи ґраток.

Умовну поперечну силу Q_{fic} слід приймати такою що:

- при наявності тільки з'єднувальних планок (ґраток) – порівну розподіляється між планками (ґратками), що лежать у площинах, перпендикулярних до осі, відносно якої виконується перевірка стійкості;

- за наявності суцільного листа і з'єднувальних планок (ґраток) – порівну розподіляється між суцільним листом і планками (ґратками), що лежать у площинах, паралельних до листа;

- при розрахунку рівносторонніх тригранних наскрізних стрижнів – дорівнює $0,8Q_{fic}$ для кожної системи з'єднувальних планок (ґраток), розміщеної в площині однієї грані.

1.4.2.8 Розрахунок з'єднувальних планок та їхніх прикріплень (рис. 1.4.3) необхідно виконувати як для елементів безрозкісних ферм на сумісну дію перерізуючої сили F_s , що зрізує планку, і згинального моменту M_s , що згинає планку в її площині. Значення розрахункових зусиль F_s і M_s слід визначати за формулами:

$$F_s = \frac{Q_s l_b}{b}; \quad (1.4.15)$$

$$M_s = \frac{Q_s l_b}{2}, \quad (1.4.16)$$

де Q_s – умовна поперечна сила, що припадає на з'єднувальну планку однієї грані.

1.4.2.9 Розрахунок елементів з'єднувальних ґраток стрижнів складеного перерізу необхідно виконувати як для елементів решітки плоских ферм; для ґраток за рис. 1.4.2 зусилля в розкосі слід визначати за формулою

$$N_d = \frac{\beta Q_s d}{b}, \quad (1.4.17)$$

де β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: 1,0 – для ґратки за рис. 1.4.2, а, б і 0,5 – для ґратки за рис. 1.4.2, в, г;

Q_s – умовна поперечна сила, що припадає на одну площину ґратки.

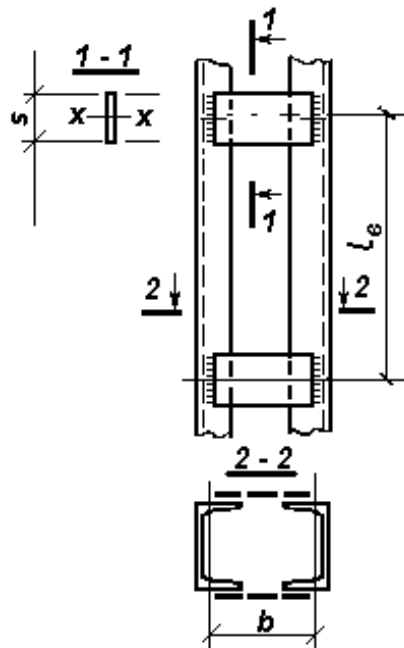


Рис. 1.4.3. Наскрізний стрижень

При розрахунку розкосів хрестової ґратки з розпірками (рис. 1.4.2, з) слід враховувати додаткове зусилля N_{ad} , яке виникає у кожному розкосі від обтискання гілок і визначається за формулою

$$N_{ad} = \alpha N_b \frac{A_d}{A_b}, \quad (1.4.18)$$

де $\alpha = \frac{l_b^2 d}{d^3 + 2b^3 \frac{A_d}{A_s}}$ – коефіцієнт, що обчислюється за геометричними розмірами b , d , l_b наскрізного

стрижня, вказаними на рис. 1.4.2;

N_b – розрахункове поздовжнє зусилля, що діє в одній гілці наскрізного стрижня;

A_d , A_b , A_s – площа поперечного перерізу відповідно розкосу, гілки і розпірки.

1.4.2.10 Розрахунок стрижнів, призначених для зменшення розрахункової довжини стиснутих елементів, слід виконувати на дію фактичного поздовжнього зусилля, значення якого приймається не меншим за значення умовної поперечної сили, обчисленої для основного стиснутого елемента за формулою (1.4.14).

Розрахунок розпірок, призначених для зменшення розрахункової довжини колон у площині, перпендикулярній до площини поперечних рам, за наявності навантажень від мостових чи підвісних опорних кранів слід виконувати на дію умовної поперечної сили, значення якої обчислюється за формулою (1.4.14), в якій N приймається таким, що дорівнює сумі поздовжніх сил у двох колонах, з'єднаних між собою розпіркою.

1.4.3 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу

1.4.3.1 При перевірці місцевої стійкості стінок розрахункову висоту стінки h_{ef} слід приймати (рис. 1.4.4) як повну висоту стінки (відстань між внутрішніми гранями полук перерізу) за вирахуванням:

- двох катетів поясних швів – у зварних елементах з поясними з'єднаннями на кутових зварних швах;
- двох ширин полиць кутиків, спрямованих паралельно площині стінки – для елементів з болтовими (фрикційними) з'єднаннями полук зі стінкою;
- двох радіусів спряження полук зі стінкою – у прокатних профілях;
- двох внутрішніх радіусів спряження полук зі стінкою – у гнутих профілях.

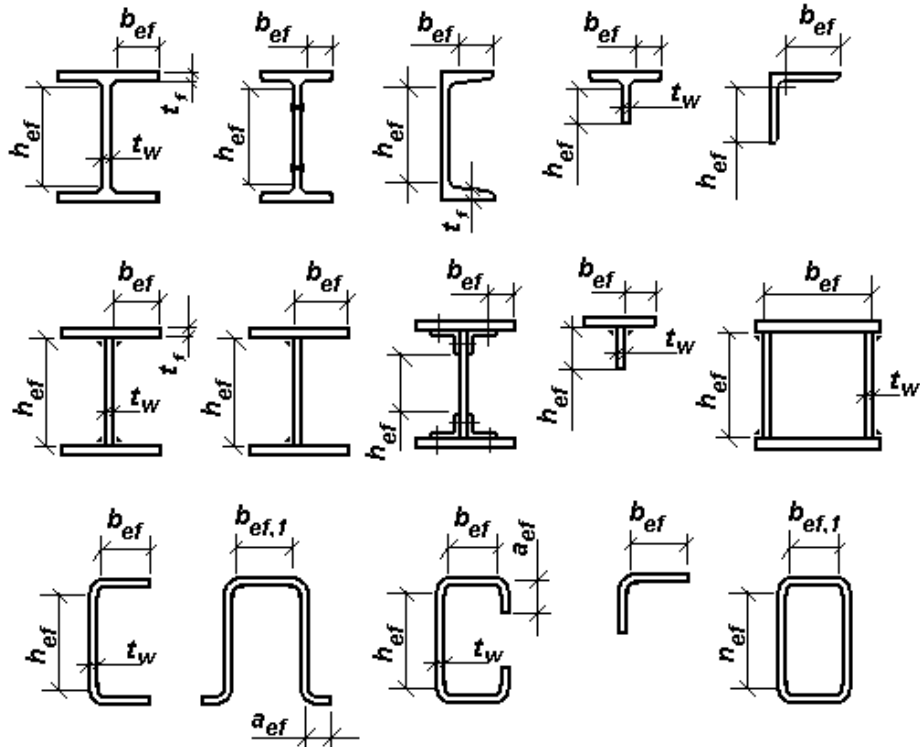
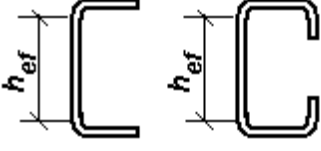
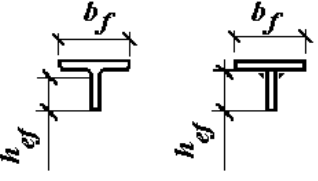


Рис. 1.4.4. Розрахункові розміри елементів перерізів

1.4.3.2 Місцеву стійкість стінки центрально-стиснутого елемента суцільного перерізу слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, що визначається за формулами табл. 1.4.3.

Таблиця 1.4.3 Формули для визначення граничної умовної гнучкості стінки

Тип поперечного перерізу	Умовна гнучкість елемента	Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
	$\bar{\lambda} \leq 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2$ (1.4.19)
	$\bar{\lambda} > 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35\bar{\lambda}$; $\bar{\lambda}_{uw} \leq 2,5$; (1.4.20)
	$\bar{\lambda} \leq 1,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20$ (1.4.21)

Тип поперечного перерізу	Умовна гнучкість елемента	Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
	$\bar{\lambda} > 1,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0 + 0,2\bar{\lambda} \leq 1,6$ (1.4.22)
	$\bar{\lambda} \leq 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0$ (1.4.23)
	$\bar{\lambda} > 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 0,85 + 0,19\bar{\lambda};$ $\bar{\lambda}_{uw} \leq 1,6;$ (1.4.24)
	$0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$	$\bar{\lambda}_{uw} = (0,4 + 0,07\bar{\lambda}) \left(1 + 0,25 \sqrt{2 - \frac{b_f}{h_{ef}}} \right)$ (1.4.25)
Позначення, прийняті в табл.1.4.3: $\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість стрижневого елемента, що приймається в розрахунку на загальну стійкість при центральному стиску. Примітки: 1. У коробчастому перерізі значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$ визначається для пластинок, розміщених паралельно до площин, у якій перевіряється стійкість елемента в цілому. 2. У тавровому перерізі додатково повинна виконуватись умова $\frac{Q_x}{A_w R_s \gamma_c} \leq 1$. Окрім цього, при значеннях умовної гнучкості елемента $\bar{\lambda} < 0,8$ або $\bar{\lambda} > 4,0$ у формулі (1.4.25) необхідно приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ або $\bar{\lambda} = 4,0$.		

1.4.3.3 Стінки центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу (колон, стійок, опор тощо) при значеннях умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w \geq 2,3$, як правило, слід укріплювати основними поперечними ребрами жорсткості з кроком від $2,5 h_{ef}$ до $3,0 h_{ef}$; окрім цього, на кожному відправному елементі повинно бути не менше як два ребра жорсткості.

У суцільностінчастих гілках колон наскрізного перерізу ребра жорсткості допускається встановлювати лише у вузлах кріплення з'єднувальних ґраток (планок).

У стінці, підкріпленій тільки основними поперечними ребрами жорсткості, ширина їхньої виступаючої частини b_r повинна бути не меншою за $h_{ef} / 30 + 40$ мм для парного симетричного ребра, і не меншою за $h_{ef} / 20 + 50$ мм для одностороннього ребра; товщина ребра t_r повинна бути не меншою за $2b_r \sqrt{R_y / E}$.

Стінки допускається підкріплювати односторонніми поперечними ребрами жорсткості, виконаними з одиночних кутиків, що приварюються до стінки по перу. Момент інерції такого ребра, який обчислюють відносно осі, що співпадає з найближчою до ребра гранню стінки, повинен бути не меншим за момент інерції парного симетричного ребра.

1.4.3.4 Для центрально-стиснутих елементів двотаврового перерізу з розрахунковою висотою стінки h_{ef} у випадку її укріплення парним поздовжнім ребром жорсткості, що розміщене посередині висоти стінки і має момент інерції перерізу I_{rl} , при $\frac{I_{rl}}{h_{ef} t_w^3} \leq 6,0$ значення граничної умовної гнучкості стінки

$\bar{\lambda}_{uw}$, встановлене відповідно до п. 1.4.4.2, необхідно помножити на коефіцієнт β , що визначається за формулою

$$\beta = 1,0 + 0,4 \frac{I_{r1}}{h_{ef} t_w^3} \left(1,0 - 0,1 \frac{I_{r1}}{h_{ef} t_w^3} \right). \quad (1.4.26)$$

У разі розміщення ребра жорсткості лише з одного боку стінки його момент інерції слід обчислювати відносно осі, що співпадає з найближчою гранню стінки.

У разі виконання поздовжнього ребра у вигляді гофри стінки при обчисленні розрахункової висоти стінки h_{ef} слід враховувати розгорнуту довжину гофри.

До розрахункового перерізу елемента, який підкріплюється поздовжніми ребрами жорсткості, необхідно включати поперечний переріз цих ребер.

Мінімальні розміри виступаючої частини поздовжніх ребер жорсткості необхідно приймати як для основних поперечних ребер жорсткості відповідно до вимог п. 1.4.4.3.

1.4.3.5 У випадках, коли фактичне значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$ перевищує значення граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислене за формулами (1.4.19) – (1.4.25) табл. 1.4.3, перевірку загальної стійкості елемента за формулою (1.4.3) допускається виконувати з урахуванням розрахункової зменшеної площі перерізу A_d , обчисленої згідно з додатком М.

1.4.3.6 При перевірці місцевої стійкості поясних листів (полиць) за розрахункову ширину звису b_{ef} слід приймати відстань від краю полиці до (рис. 1.4.4):

- найближчої грані стінки за вирахуванням катета поясного шва – у зварних елементах з поясними з'єднаннями на кутових зварних швах;
- осі найближчого болта у поясі – в елементах з болтовими (фрикційними) поясними з'єднаннями;
- найближчої грані стінки за вирахуванням радіуса спряження полук зі стінкою – у прокатних профілях;
- краю викружки – у гнутих профілях.

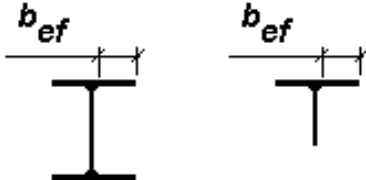
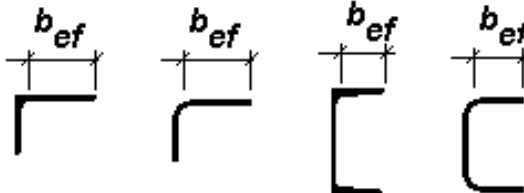
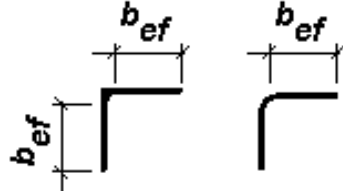
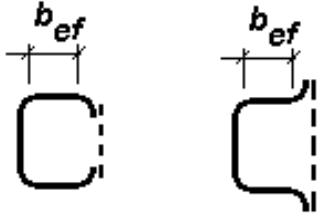
1.4.3.7 Місцеву стійкість поясного листа (полиці) центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості звису пояса (полиці)

$\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує значення граничного умовної гнучкості звису $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначається за формулами табл. 1.4.4.

1.4.3.8 У центрально-стиснутих елементах коробчастого перерізу граничну умовну гнучкість поясного листа $\bar{\lambda}_{uf,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ (рис. 1.4.4) необхідно приймати за табл. 1.4.3 як для стінок елементів коробчастого перерізу.

1.4.3.9 Висота ребра або відгину a_{ef} (рис. 1.4.4), який обрамлює звис поясного листа (полиці), виміряна від його осі, повинна бути не меншою за $0,3 b_{ef}$ – для елементів, не підсилених планками, та $0,2 b_{ef}$ – для елементів, підсилених планками (табл. 1.4.4); при цьому товщина ребра повинна бути не меншою за $2a_{ef} \sqrt{R_y / E}$.

Таблиця 1.4.4 Граничні умовні гнучкості звисів поясних листів (полиць)

Тип поперечного перерізу	Гранична умовна гнучкість звису поясного листа (полиці) $\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda} \quad (1.4.27)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,43 + 0,08\bar{\lambda} \quad (1.4.28)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,40 + 0,07\bar{\lambda} \quad (1.4.29)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,85 + 0,19\bar{\lambda} \quad (1.4.30)$
Позначення, прийняті в табл.1.4.4: $\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість елемента, що приймається в розрахунку на загальну стійкість при центральному стиску. Примітки: 1. При значеннях умовної гнучкості елемента $\bar{\lambda} < 0,8$ або $\bar{\lambda} > 4,0$ в формулах табл. 1.4.4 необхідно приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ і $\bar{\lambda} = 4,0$. 2. Для звисів поясних листів (полиць), підсилених ребрами або відгинами висотою a_{ef} (див. рис. 1.4.4), значення граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначається за формулами (1.4.27) і (1.4.28), слід помножити на коефіцієнт 1,5, а за формулою (1.4.29) – на коефіцієнт 1,6.	

1.5 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині

1.5.1 Класифікація елементів, що згинаються

Залежно від призначення, умов експлуатації і техніко-економічного обґрунтування розрахунок елементів, що згинаються, (балок) слід виконувати без урахування чи з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій згідно з поділом поперечних перерізів елементів на три класи відповідно до п. 1.1.3.7. Припускається, що балка має той самий клас, який має її розрахунковий переріз.

Балки 1-го класу слід застосовувати для всіх видів навантажень і розраховувати у межах пружних деформацій; балки 2-го і 3-го класів рекомендується застосовувати при дії статичних навантажень і

розраховувати з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій.

Бісталеві балки рекомендується відносити до 2-го класу і розраховувати з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій у стінці при досягненні в поясах балки, виконаних з більш міцної сталі, розрахункового опору R_{yf} .

Балки кранових шляхів (із однієї сталі та бісталеві) під крани груп режимів роботи 1К – 5К за ГОСТ 25546 при розрахунку на міцність допускається відносити до 2-го класу.

1.5.2 Розрахунок на міцність елементів суцільного перерізу, що згинаються

1.5.2.1 Розрахунок на міцність балок у розрахункових перерізах 1-го класу необхідно виконувати за формулами:

- при дії згинального моменту M в одній з головних площин

$$\frac{M}{W_{n,\min} R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (1.5.1)$$

- при дії поперечної сили Q , що спрямована паралельно серединній площині стінки

$$\frac{QS}{I_{tw} R_s \gamma_c} \leq 1; \quad (1.5.2)$$

- при дії згинальних моментів M_x і M_y у двох головних площинах

$$\frac{M_x}{I_{xp} R_y \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yp} R_y \gamma_c} x \leq 1, \quad (1.5.3)$$

де x і y – відстані від головних осей інерції до розглядуваної точки перерізу;

- у загальному випадку

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1, \quad (1.5.4)$$

де $\sigma_x = \frac{M_x}{I_{xp}} y$ – нормальні напруження у серединній площині стінки, спрямовані паралельно до поздовжньої осі балки;

σ_y – теж саме, спрямовані перпендикулярно до поздовжньої осі балки, у тому числі σ_{loc} , які обчислюються за формулою (1.5.7) (див. п. 1.5.2.2);

$\tau_{xy} = \frac{Q_y S_x}{I_x t_w}$ – дотичні напруження у розглядуваній точці стінки балки.

Напруження σ_x і σ_y , приймаються у формулі (1.5.4) зі своїми знаками. Усі складові напруженого стану (σ_x , σ_y і τ_{xy}) необхідно визначати для однієї розглядуваної точки поперечного перерізу стінки балки.

У разі послаблення стінки отворами для болтів ліву частину формули (1.5.4), а також значення τ_{xy} у формулі (1.5.2) слід помножити на коефіцієнт

$$\alpha = \frac{s_o}{s_o - d}, \quad (1.5.5)$$

де s_o – крок отворів; d – діаметр отвору.

У балках, що розраховуються за формулою (1.5.3), значення напружень у стінці балки повинні бути перевірені за формулою (1.5.4).

1.5.2.2 Розрахунок на міцність стінки балки, не укріпленої поперечними ребрами жорсткості, в яких виникають нормальні місцеві напруження σ_{loc} у місцях прикладання зосередженого навантаження до пояса, а також в опорних перерізах балки, слід виконувати за формулою

$$\frac{\sigma_{loc}}{R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.5.6)$$

де

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{l_{ef} t_w}, \quad (1.5.7)$$

тут F – зосереджене навантаження;

l_{ef} – умовна довжина площадки, через яку передається зосереджене навантаження, яка визначається за такими формулами:

– при передачі зосередженого навантаження на стінку балки у вузлах поверхового спряження балок за рис. 1.5.1, а, б

$$l_{ef} = b + 2h, \quad (1.5.8)$$

– при русі колеса крана вздовж кранових рейок, що лежать на верхньому поясі підкранової балки за рис. 1.5.1, в, г

$$l_{ef} = \psi \sqrt[3]{\frac{I_{1f}}{t_w}}, \quad (1.5.9)$$

де h – розмір, що дорівнює сумі товщини верхнього пояса балки і катета поясного шва – якщо нижче розташована балка є зварною (рис. 1.5.1, а), або сумі товщини верхнього пояса балки і радіуса спряження стінки з полками балки – якщо нижче розташована балка є прокатною (рис. 1.5.1, б);

ψ – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: 3,25 – для зварних і прокатних балок; 4,5 – для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями;

I_{1f} – сума власних моментів інерції перерізів верхнього пояса балки і кранової рейки або момент інерції перерізу, що складається з перерізу верхнього пояса балки і перерізу рейки у випадку, коли кранова рейка приварюється до верхнього пояса балки зварними кутовими швами, що забезпечують сумісну роботу пояса і рейки. Для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями до складу поперечного перерізу верхнього пояса необхідно включати поясні листи і кутики, а значення l_{ef} і σ_{loc} визначати біля розрахункової межі стінки (у стінці балки в точці, де стінка не підкріплена поясними кутиками біля країв полиць кутиків).

При дії у стінці балки місцевих нормальних напружень σ_{loc} міцність стінки повинна бути також перевірена за формулою (1.5.4) для розрахункової точки стінки, розташованої у місці спряження з полкою балки, при цьому у формулу (1.5.4) замість σ_y необхідно підставляти σ_{loc} .

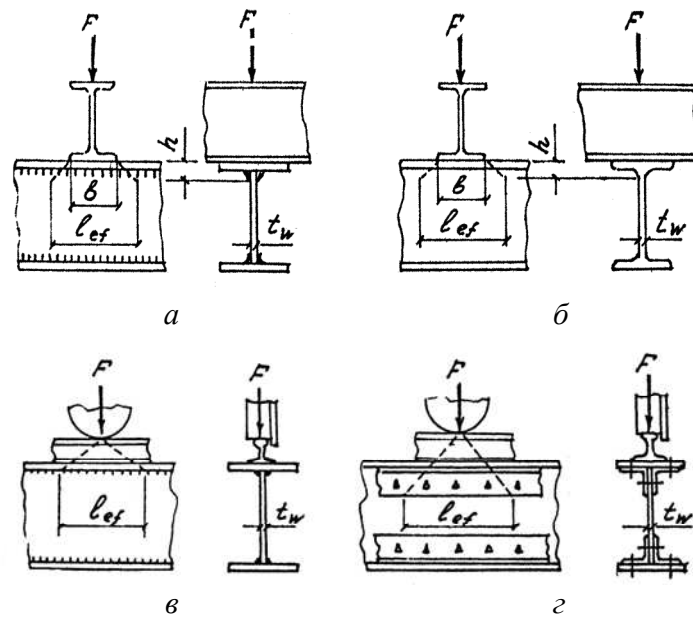


Рис. 1.5.1. Схема передачі зосередженого навантаження на стінку балки:
 а – зварної; б – прокатної; в – зварної або прокатної від колеса крана;
 г – з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями від колеса крана

1.5.2.3 Розрахунок на міцність розрізних балок 2-го і 3-го класів двотаврового і коробчатого перерізу (рис. 1.5.2), виконаних зі сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ при значеннях дотичних напружень $\tau_y = Q_y / A_w \leq 0,9R_s$ (окрім опорних перерізів) слід виконувати за формулами:

- при згині у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$)

$$\frac{M_x}{c_x \beta W_{xn, \min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.5.10)$$

- при згині у двох головних площинах і значеннях дотичних напружень $\tau_x = Q_x / (2A_f) \leq 0,5R_s$ (окрім опорних перерізів)

$$\frac{M_x}{c_x \beta W_{xn, \min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.5.11)$$

де M_x і M_y – абсолютні значення згинальних моментів у розрахунковому перерізі елемента;

Q_y і Q_x – відповідні абсолютні значення поперечних сил;

β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

- при $\tau_y \leq 0,5R_s$ $\beta = 1$;
- при $0,5R_s < \tau_y \leq 0,9R_s$:

$$\beta = 1,0 - \frac{0,20}{\alpha_f + 0,25} \left(\frac{\tau_y}{R_s} \right)^4, \quad (1.5.12)$$

де $\alpha_f = A_f / A_w$ – відношення площ поперечних перерізів пояса і стінки (для несиметричного перерізу A_f – площа перерізу меншого пояса балки; для коробчатого перерізу A_w – сумарна площа перерізу двох стінок);

c_x, c_y – коефіцієнти, значення яких приймаються для балок 3-го класу згідно з табл. Н1 додатку Н, а

для балок 2-го класу – в інтервалі між 1,0 і значеннями c_x і c_y , обчисленими за табл. Н1 зазначеного додатку.

Призначення значень коефіцієнтів c_x і c_y в інтервалі між 1,0 та їхніми значеннями, обчисленими відповідно до табл. Н1 додатку Н, має на меті встановлення мінімальних розмірів складених поперечних перерізів елементів, що згинаються.

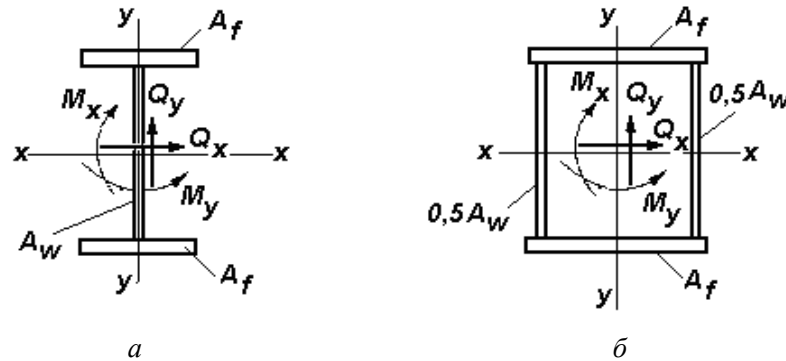


Рис. 1.5.2. Схема двотаврового (а) і коробчатого (б) перерізів і діючі внутрішні зусилля

При дії у розрахунковому перерізі балки згинального моменту за відсутності поперечної сили (у зоні чистого згину) у формулах (1.5.10) і (1.5.11) приймають $\beta = 1$, а замість коефіцієнтів c_x і c_y відповідно:

$$c_{xm} = 0,5 (1,0 + c_x); \quad c_{ym} = 0,5 (1,0 + c_y). \quad (1.5.13)$$

Розрахунок на міцність в опорному перерізі балок (при $M_x = 0$ і $M_y = 0$) слід виконувати за формулами:

$$\frac{Q_y}{A_w R_s \gamma_c} \leq 1 \quad \text{і} \quad \frac{Q_x}{2 A_f R_s \gamma_c} \leq 1. \quad (1.5.14)$$

У разі послаблення стінки отворами для болтів ліву частину формули (1.5.14), а також значення дотичних напружень τ слід помножити на коефіцієнт α , що визначається за формулою (1.5.5).

У зонах пружних деформацій перевірку міцності балок 2-го і 3-го класів слід виконувати як для балок 1-го класу.

1.5.2.4 Розрахунок на міцність розрізних балок змінного по довжині перерізу необхідно виконувати як для балок 1-го чи 2-го класу.

1.5.2.5 Розрахунок на міцність нерозрізних балок постійного по довжині двотаврового і коробчатого перерізів з двома осями симетрії, що згинаються у площині найбільшої жорсткості, з суміжними прольотами, що відрізняються за довжиною не більш як на 20%, при виконанні вимог п.п. 1.5.4.6, 1.5.5.8, 1.5.5.9 і 1.5.5.14, як правило, слід виконувати за формулою (1.5.10) як для перерізів 2-го класу з урахуванням часткового перерозподілу опорних і прольотних моментів.

Розрахункове значення згинального моменту необхідно визначати за формулою

$$M = 0,5 (M_{max} + M_{ef}), \quad (1.5.15)$$

де M_{max} – найбільший згинальний момент у прольоті чи на опорі, що визначається з розрахунку нерозрізної балки у припущенні пружної роботи сталі;

M_{ef} – умовний згинальний момент, що дорівнює:

а) у нерозрізних балках з вільно обпертими кінцями більшому із значень:

$$M_{ef} = \max \left\{ \frac{M_1}{1 + \frac{a}{l}} \right\}, \quad (1.5.16)$$

$$M_{ef} = 0,5M_2, \quad (1.5.17)$$

де символ $\max$ перед фігурними дужками означає, що слід знайти максимум виразу, наведеного у дужках;

M_1 – згинальний момент у крайньому прольоті, обчислений як для вільно обертої однопрольотної балки;

a – відстань від перерізу, у якому діє згинальний момент M_1 , до крайньої опори;

l – довжина крайнього прольоту;

M_2 – максимальний згинальний момент у проміжному прольоті, обчислений як для вільно обертої однопрольотної балки;

б) в однопрольотних і нерозрізних балках із защемленими кінцями $M_{ef} = 0,5M_3$, де M_3 – найбільший з моментів, обчислених як для балок з шарнірами на опорах;

в) у балці з одним защемленим і другим вільно обертим кінцем значення M_{ef} слід визначити за формулою (1.5.16).

1.5.2.6 Розрахунок на міцність нерозрізних і защемлених балок, що задовольняють вимоги п. 1.5.2.5, у випадку згину в двох головних площинах слід виконувати за формулою (1.5.11) з урахуванням часткового перерозподілу опорних і прольотних моментів у двох головних площинах відповідно до вимог п. 1.5.2.5.

1.5.2.7 Розрахунок на міцність нерозрізних і защемлених балок, що задовольняють вимоги п.п. 1.5.2.5, 1.5.4.6, 1.5.5.8, 1.5.5.9 і 1.5.5.14, допускається виконувати за формулою (1.5.10) як розрахунок перерізів 3-го класу з урахуванням повного перерозподілу згинальних моментів і утворенням пластичних шарнірів, а також впливу дотичних напружень τ_y , який обчислюють за формулою (1.5.12) у розрахункових перерізах, де діє максимальний згинальний момент.

1.5.2.8 Розрахунок на міцність бісталевих розрізних балок двотаврового і коробчатого перерізів з двома осями симетрії при значеннях дотичних напружень $\tau_y \leq 0,9R_s$, $\tau_x \leq 0,5R_s$ (окрім опорних перерізів) необхідно виконувати як розрахунок перерізів 2-го класу за формулами:

– при згині в площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$)

$$\frac{M_x}{c_{xr} \beta_r W_{xn} R_{yw} \gamma_c} \leq 1; \quad (1.5.18)$$

– при згині у двох головних площинах

$$\frac{M_x}{c_{xr} \beta_r W_{xn} R_{yw} \gamma_c} + \frac{M_y}{c_{yr} W_{yn} R_{yf} \gamma_c} \leq 1. \quad (1.5.19)$$

У формулах (1.5.18) і (1.5.19) позначено:

$$c_{xr} = \frac{\alpha_f r + 0,25 - 0,0833/r^2}{\alpha_f + 0,167}, \quad (1.5.20)$$

де $\alpha_f = A_f / A_w$, $r = R_{yf} / R_{yw}$;

β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

- при $\tau_y \leq 0,5R_s$ $\beta_r = 1,0$;
- при $0,5R_s < \tau_y < 0,9R_s$:

$$\beta_r = 1 - \frac{0,2}{\alpha_f r + 0,25} \left(\frac{\tau_y}{R_{sw}} \right)^4; \quad (1.5.21)$$

c_{yr} – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює 1,15 – для двотаврового перерізу і 1,05/ r – для коробчатого перерізу;

M_x, M_y – абсолютні значення згинальних моментів у розрахунковому перерізі.

Розрахунок бісталевих балок за наявності зони чистого згину і в опорному перерізі, а також з урахуванням ослаблення перерізу слід виконувати згідно з п. 1.5.2.3.

У зонах пружних деформацій перевірку міцності бісталевих балок 2-го класу слід виконувати як для балок 1-го класу.

При визначенні прогину бісталевих балок момент інерції поперечного перерізу брутто балки необхідно множити на коефіцієнт 0,95.

1.5.3 Розрахунок на міцність балок суцільного перерізу для кранових колій

1.5.3.1 Розрахунок на міцність балок кранових колій, як правило, слід виконувати відповідно до вимог п. 1.5.2 на дію вертикальних і горизонтальних навантажень, визначених згідно з ДБН В.1.2-2:2006.

Для балок двотаврового перерізу без гальмових конструкцій згинальний момент M_y у горизонтальній площині повинен бути повністю сприйнятий перерізом верхнього пояса балки.

При розрахунку двотаврових балок кранових колій за формулою (1.5.3) для кранів груп режимів роботи 1К – 5К за ГОСТ 25546 допускається враховувати розвиток обмежених пластичних деформацій шляхом множення значення I_{xp} на коефіцієнт 1,05 при $\alpha_f \leq 1$ і множення значення I_{yp} на коефіцієнт 1,15.

1.5.3.2 Розрахунок на міцність стінок балок кранових колій (за винятком балок, що розраховуються на утомленість, для кранів груп режимів роботи 7К у цехах металургійних виробництв і 8К за ГОСТ 25546) необхідно виконувати за формулою (1.5.4). При цьому, у розрахунковому перерізі, розташованому на опорах нерозрізних балок, у формулі (1.5.4) замість коефіцієнта 0,87 слід приймати коефіцієнт 0,77.

1.5.3.3 Міцність стиснутої зони стінок балок кранових колій, що розраховуються на утомленість, для кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К за ГОСТ 25546, виконаних зі сталі з межею текучості до 440 Н/мм² слід виконувати за формулами:

$$\frac{\beta}{R_y} \sqrt{(\sigma_x + \sigma_{loc,x})^2 - (\sigma_x + \sigma_{loc,x})\sigma_{loc,y} + \sigma_{loc,y}^2 + 3(\tau_{xy} + \tau_{loc,xy})^2} \leq 1; \quad (1.5.22)$$

$$\frac{1}{R_y} (\sigma_x + \sigma_{loc,x}) \leq 1; \quad (1.5.23)$$

$$\frac{1}{R_y} (\sigma_{loc,y} + \sigma_{fy}) \leq 1; \quad (1.5.24)$$

$$\frac{1}{R_s} (\tau_{xy} + \tau_{loc,xy} + \tau_{f,xy}) \leq 1, \quad (1.5.25)$$

де β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює 0,77 – при розрахунку перерізів, розташованих на опорах нерозрізних балок та 0,87 – при розрахунку розрізних балок у прольоті;

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{M_x}{I_{xp}} y; & \sigma_{loc,x} &= 0,25\sigma_{loc,y}; & \sigma_{loc,y} &= \frac{\gamma_f \gamma_{f1} F}{l_{ef} t_w}; & \sigma_{fy} &= \frac{2M_t t_w}{I_{\Sigma f}}; \\ \tau_{xy} &= \frac{Q_y}{t_w h_w}; & \tau_{loc,xy} &= 0,3\sigma_{loc,y}; & \tau_{f,xy} &= 0,25\sigma_{fy};\end{aligned}\quad (1.5.26)$$

У формулах (1.5.26) позначено:

M_x і Q_y – відповідно згинальний момент і поперечна сила у перерізі балки від розрахункового навантаження, що визначається згідно з ДБН В.1.2-2:2006;

h_w – висота стінки поперечного перерізу балки;

y – відстань до розглядуваної точки стінки балки, що дорівнює половині її висоти;

γ_{f1} – коефіцієнт збільшення зосередженого вертикального навантаження від одного колеса крана, що приймається згідно з ДБН В.1.2-2:2006;

F – розрахункове експлуатаційне значення зосередженого вертикального навантаження від одного колеса крана;

l_{ef} – умовна довжина ділянки розподілу зосередженого навантаження, що визначається згідно з вимогами п. 1.5.2.2;

M_t – місцевий крутний момент, що визначається за формулою

$$M_t = \gamma_f \gamma_{f1} F e + 0,75 Q_t (h_r + t_f + b), \quad (1.5.27)$$

де e – умовний ексцентриситет, що приймається рівним 15 мм;

Q_t – розрахункове горизонтальне навантаження (бічна сила), яке спрямоване впоперек до напрямку кранової колії, обумовлене перекосами мостових кранів і непаралельністю кранових шляхів, що приймається відповідно до ДБН В.1.2-2:2006;

h_r – висота кранової рейки;

t_f – сумарна товщина поясних листів;

b – ширина вертикальної полиці поясного кутика (для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями);

$I_{\Sigma f} = I_t + I_f = I_t + 0,33 \sum_i b_i t_i^3$ – сума моментів інерції при крученні відповідно рейки I_t і пояса I_f ; b_i і

t_i – відповідно ширина і товщина листових елементів, що утворюють верхній пояс, у тому числі полиць і поясних кутиків.

Усі складові напруженого стану у формулах (1.5.22) – (1.5.26) слід приймати зі знаком “плюс”. Окрім цього, при обчисленні значень напружень σ_x і τ_{xy} необхідно враховувати вимоги п. 1.5.2.2.

1.5.3.4 Розрахунок на міцність підвісних балок кранових колій (монорейок) слід виконувати з урахуванням місцевих нормальних напружень від тиску колеса крана, які спрямовані вздовж та впоперек до осі балки та не діють одночасно.

1.5.3.5 Розрахунок на міцність бісталевих балок кранових колій двотаврового перерізу з двома осями симетрії без гальмових конструкцій для кранів груп режимів роботи 1К – 5К за ГОСТ 25546 при $r = R_{yf} / R_{yw} \leq 1,5$ допускається виконувати за формулою (1.5.19), у якій слід приймати:

M_y – згинальний момент у горизонтальній площині, що повністю передається на верхній пояс балки;

$W_{yn} = W_{ynf}$ – момент опору перерізу верхнього пояса балки відносно осі $y - y$;

c_{yr} – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює 1,15.

Розрахунок на міцність стінок бісталевих балок кранових колій слід виконувати відповідно до вимог п. 1.5.3.2.

1.5.4 Розрахунок на загальну стійкість елементів суцільного перерізу, що згинаються

1.5.4.1 Розрахунок на загальну стійкість двотаврових балок 1-го класу, а також бісталевих балок 2-го класу при виконанні вимог п. 1.5.2.1 і п. 1.5.2.8 необхідно виконувати за формулами:

- при згині у площині стінки, що збігається з площиною симетрії перерізу

$$\frac{M_x}{\phi_b W_{cx} R_y \gamma_c} \leq 1; , \quad (1.5.28)$$

- при згині у двох головних площинах

$$\frac{M_x}{\phi_b W_{cx} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{W_y R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (1.5.29)$$

У формулах (1.5.28) і (1.5.29) позначено:

ϕ_b – коефіцієнт стійкості при згині, що визначається за додатком П;

W_{cx} – момент опору перерізу відносно осі $x - x$ (рис. 1.5.2), обчислений для стиснутого пояса елемента;

W_y – момент опору перерізу відносно осі $y - y$ (рис. 1.5.2), що співпадає з площиною згину.

Для бісталевих балок у формулах (1.5.28) і (1.5.29), а також при визначенні ϕ_b слід замінити R_y на R_{yf} .

1.5.4.2 При визначенні значення ϕ_b за розрахункову довжину балки l_{ef} слід приймати відстань між точками закріплення стиснутого пояса від горизонтальних переміщень, спрямованих перпендикулярно до площини згину (вузлами поздовжніх чи поперечних в'язей, вузлами кріплення жорсткого настилу), а за відсутності таких закріплень – геометричну довжину елемента ($l_{ef} = l$, де l – прольот балки). За розрахункову довжину консолі слід приймати: геометричну довжину елемента ($l_{ef} = l$, де l – довжина консолі) – за відсутності закріплення стиснутого пояса консолі на її вільному кінці від горизонтальних переміщень з площини згину; та відстань між точками закріплення стиснутого пояса – при розкріпленні стиснутого пояса консолі на вільному кінці та вздовж довжини.

1.5.4.3 Розрахунок на загальну стійкість балок кранових колій двотаврового перерізу слід виконувати за формулою (1.5.29), у якій необхідно приймати: M_y – згинальний момент у горизонтальній площині, що повністю передається на верхній пояс балки; $W_y = W_{yf}$ – момент опору перерізу верхнього пояса відносно осі $y - y$.

1.5.4.4 Загальну стійкість балок 1-го класу, а також бісталевих балок 2-го класу слід вважати забезпеченою:

а) при передачі навантаження на балку через суцільний жорсткий настил (залізобетонні плити з важкого, легкого та ніздрюватого бетону тощо), що неперервно обпирається на стиснутий пояс балки та надійно з ним зв'язаний із застосуванням зварювання, болтів, самонарізних гвинтів тощо; при цьому сили тертя враховувати не слід;

б) при значеннях умовної гнучкості стиснутого пояса балки $\bar{\lambda}_b = \frac{l_{ef}}{b} \sqrt{\frac{R_{yf}}{E}}$, що не перевищують

значень граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, які визначаються за формулами табл. 1.5.1 для балок симетричного і асиметричного двотаврового перерізів; при цьому, балки асиметричного перерізу з більш розвинутим стиснутим поясом повинні перевірятись за формулою (1.5.28) і мати відношення ширини розтягнутого пояса до ширини стиснутого пояса, яке не перевищує 0,75.

Для стиснутого пояса балки, обрамленого ребрами, значення граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, одержане за табл. 1.5.1 як для балки зі стиснутим поясом без ребер, допускається збільшити шляхом множення на коефіцієнт $\mu = i_{yr} / i_y > 1,0$, де i_{yr} і i_y – радіуси інерції відносно осі $y -$

у, обчислені для розрахункових перерізів, які складається з поперечних перерізів відповідно стиснутих поясів із ребрами (A_{fr}) та без них (A_f), а також з прилеглих до них ділянок стінок загальною площею відповідно $A_r = A_{fr} + 0,25 A_w$ і $A = A_f + 0,25 A_w$.

Таблиця 1.5.1 Умовні граничні гнучкості стиснутого пояса

Місце прикладання навантаження	Умовна гранична гнучкість стиснутого пояса прокатної чи зварної балки $\bar{\lambda}_{ub}$
до верхнього пояса	$\bar{\lambda}_{ub} = 0,35 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + (0,76 - 0,02 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h_0}$ (1.5.30)
до нижнього пояса	$\bar{\lambda}_{ub} = 0,57 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + (0,92 - 0,02 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h_0}$ (1.5.31)
незалежно від рівня прикладення навантаження при розрахунку ділянки балки між зв'язками чи при чистому згині	$\bar{\lambda}_{ub} = 0,41 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + (0,73 - 0,016 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h_0}$ (1.5.32)
Позначення, прийняті в табл.1.5.1: b_f і t_f – відповідно ширина і товщина стиснутого пояса; h_0 – відстань між осями (центрами мас) поясних листів. Примітки: 1. Значення $\bar{\lambda}_{ub}$ слід визначати при $1 \leq h_0/b_f \leq 6$ та $15 \leq b_f/t_f \leq 35$; для балок з відношенням $b_f/t_f < 15$ у формулах табл. 1.5.1 слід приймати $b_f/t_f = 15$. 2. Для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями значення $\bar{\lambda}_{ub}$ слід множити на 1,2. 3. Значення $\bar{\lambda}_{ub}$ допускається збільшити множенням на коефіцієнт $\sqrt{R_{yf}/\sigma}$, де $\sigma = M/(W_c \gamma_c)$.	

1.5.4.5 Прикріплення до стиснутого пояса балки жорсткого настилу, елементів поздовжніх чи поперечних в'язей, які повинні забезпечувати загальну стійкість елемента, що згинається, необхідно розраховувати на дію фактичної чи умовної поперечної сили; при цьому умовну поперечну силу визначають як:

– при розкріпленні стиснутого пояса балки в окремих вузлах – за формулою (1.4.14), у якій коефіцієнт φ необхідно визначати за кривою стійкості b при гнучкості $\lambda = l_{ef}/i_y$ (де i_y – радіус інерції відносно осі у–у поперечного перерізу стиснутого пояса разом із прилеглою ділянкою стінки загальною площею $A = A_f + 0,25 A_w$, а N обчислювати за формулою

$$N = A_f R_{yf} + 0,25 A_w R_{yw}, \quad (1.5.33)$$

де A_f і A_w – площі поперечного перерізу стиснутого пояса і стінки відповідно;
 R_{yf} і R_{yw} – розрахункові опори сталі стиснутого пояса і стінки відповідно;

– при неперервному розкріпленні стиснутого пояса балки – за формулою

$$q_{fic} = \frac{3Q_{fic}}{l}, \quad (1.5.34)$$

де q_{fic} – умовна поперечна сила, що припадає на одиницю довжини стиснутого пояса балки;

Q_{fic} – умовна поперечна сила, яка обчислюється за формулою (1.4.14), у якій приймають $\varphi = 1$, а N – обчислюють за формулою (1.5.33).

1.5.4.6 Загальну стійкість балок із перерізами 2-го і 3-го класів слід вважати забезпеченою при

виконанні вимог п. 1.5.4.4, а або п. 1.5.4.4, б. В останньому випадку значення граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, що визначається за формулами табл. 1.5.1, необхідно помножити на коефіцієнт

$$\delta = 1 - 0,6(c_{1x} - 1)/(c_x - 1), \quad (1.5.35)$$

де c_{1x} – коефіцієнт, який визначається за формулами:

$$c_{1x} = \frac{M_x}{W_{xn} R_y \gamma_c} \quad \text{або} \quad c_{1x} = \beta c_x, \quad (1.5.36)$$

і змінюється в межах $1,0 < c_{1x} \leq c_x$ (перевірка виконується при обох значеннях c_{1x}).

У формулі (1.5.36) позначено:

M_x – згинальний момент у розрахунковому перерізі;

β – коефіцієнт, що визначається за формулою (1.5.12);

c_x – коефіцієнт, що приймається відповідно до табл. Н.1 обов'язкового додатку Н.

При цьому допускається приймати значення граничної умовної гнучкості стиснутого пояса балки як:

$\delta \bar{\lambda}_{ub}$ – у розрахункових перерізах балки, які перевіряються з врахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій;

$\bar{\lambda}_{ub}$ – у розрахункових перерізах балки, де виникають нормальні напруження, що не перевищують межу пружності, а саме $\sigma = M / W_{n,min} \leq R_y$ %.

Врахування розвитку обмежених пластичних деформацій при розрахунку балок із стиснутим поясом, переріз якого є меншим за переріз розтягнутого пояса, допускається лише при виконанні вимог п. 1.5.4.4, а.

1.5.5 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів елементів суцільного перерізу, що згинаються

1.5.5.1 Місцеву стійкість стінок балок 1-го класу слід вважати забезпеченою, якщо виконані вимоги

п.п. 1.5.5.1, 1.5.5.3 – 1.5.5.5, 1.5.4.1 – 1.5.4.5 і умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує значень:

3,5 – за відсутності місцевого напруження у балках з двосторонніми поясними швами;

3,2 – те саме, у балках з односторонніми поясними швами;

2,5 – за наявності місцевого напруження у балках з двосторонніми поясними швами.

При цьому необхідно влаштовувати основні поперечні ребра жорсткості та опорні ребра відповідно до вимог п.п. 1.5.5.9, 1.5.5.11 і 1.5.5.12.

1.5.5.2 Перевірку місцевої стійкості стінок балок 1-го класу слід виконувати для розрахункових перерізів, де діють найбільші стискуючі напруження σ , середні дотичні напруження τ та місцеві нормальні напруження σ_{loc} , обумовлені зосередженням навантаженням, прикладеним до поясу балки. При цьому, нормальні стискаючі напруження σ необхідно визначати у небезпечних точках перерізу стінки і приймати в розрахунок зі знаком «плюс».

Складові напруженого стану σ і τ слід обчислювати за формулами:

$$\sigma = \frac{M}{I_{xp}} y; \quad (1.5.37)$$

$$\tau = \frac{Q}{h_w t_w}, \quad (1.5.38)$$

де M і Q – середні значення відповідно згинального моменту і поперечної сили, що діють у межах відсіку; якщо довжина відсіку a перевищує його розрахункову висоту h_{ef} , тоді значення внутрішніх зусиль M і Q необхідно обчислювати як середні для більш напруженої ділянки відсіку з довжиною, що дорівнює h_{ef} ; якщо у межах відсіку згинальний момент або поперечна сила змінюють свій знак, то їхні середні значення слід обчислювати для такої ділянки відсіку, де діють відповідні внутрішні зусилля одного знаку;

a – відстань між осями поперечних ребер жорсткості;

h_{ef} – розрахункова висота стінки, що приймається відповідно до вимог п. 1.4.3.1;

h_w – повна висота стінки.

Місцеві нормальні напруження σ_{loc} ($\sigma_{loc,y}$), що виникають у стінці балки від зосередженого навантаження, прикладеного до поясу балки, слід визначити відповідно до п. 1.5.2.2 і п. 1.5.3.3.

Для тих відсіків стінки балки, в яких зосереджене навантаження прикладене до розтягнутого пояса, одночасно слід враховувати лише компоненти σ і τ або σ_{loc} і τ .

1.5.5.3 Місцеву стійкість стінок балок 1-го класу симетричного перерізу, укріплених лише основними поперечними ребрами жорсткості, при значеннях умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w \leq 6\sqrt{R_y/\sigma}$ слід вважати забезпеченою, якщо виконана умова

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq 1, \quad (1.5.39)$$

де σ , σ_{loc} , τ – складові напруженого стану, які визначаються відповідно до п. 1.5.5.2;

σ_{cr} – критичне нормальне напруження, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{cr} = \frac{c_{cr} R_y}{\bar{\lambda}_w^2} \quad (1.5.40)$$

де c_{cr} – коефіцієнт, що визначається згідно з п.п. 1.5.5.4 – 1.5.5.6;

$\sigma_{loc,cr}$ – критичне місцеве нормальне напруження, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{c_1 c_2 R_y}{\bar{\lambda}_w^2}, \quad (1.5.41)$$

де c_1 і c_2 – коефіцієнти, що визначаються згідно з п. 1.5.5.5;

τ_{cr} – критичне дотичне напруження, що обчислюється за формулою

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \frac{R_s}{\bar{\lambda}_d^2}, \quad (1.5.42)$$

де μ – відношення більшої сторони відсіку стінки до меншої;

$$\bar{\lambda}_d = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

тут d – менша сторона відсіку стінки (h_{ef} або a).

1.5.5.4 Для стінок балок, місцева стійкість яких перевіряється відповідно до вимог п. 1.5.5.3 за відсутності місцевих нормальних напружень ($\sigma_{loc} = 0$) коефіцієнт c_{cr} у формулі (1.5.40) слід визначати за табл. 1.5.2 залежно від виду поясних з'єднань і значення коефіцієнта δ , що обчислюється за формулою

$$\delta = \beta \frac{b_f}{h_{ef}} \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^3, \quad (1.5.43)$$

де β – коефіцієнт, значення якого приймається за табл. 1.5.3;
 b_f , t_f – ширина і товщина стиснутого пояса балки.

Таблиця 1.5.2 Значення коефіцієнту c_{cr} за відсутності місцевих нормальних напружень

Поясні з'єднання балки	Значення c_{cr} при δ , що дорівнює						
	$\leq 0,8$	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	$\geq 30,0$
зварні	30,0	31,5	33,3	34,6	34,8	35,1	35,5
болтові фрикційні	35,1						

Таблиця 1.5.3 Значення коефіцієнту β

Балки	Умови роботи стиснутого пояса	β
кранових колій	кранові рейки не приварені	2,0
	кранові рейки приварені	∞
інші	при неперервному обпиранні плит настилу	∞
	в інших випадках	0,8
Примітка Для відсіків балок кранових колій, де зосереджене навантаження прикладене до розтягнутого пояса, коефіцієнт β необхідно приймати таким, що дорівнює 0,8.		

1.5.5.5 Для стінок балок, місцева стійкість яких перевіряється відповідно до вимог п. 1.5.5.3 за наявності місцевих нормальних напружень ($\sigma_{loc} \neq 0$) (рис. 1.5.3) перевірку стінки за формулою (1.5.39) слід виконувати залежно від відношення розмірів відсіку a / h_{ef} :

а) при відношенні $a / h_{ef} \leq 0,8$ значення критичних нормальних напружень σ_{cr} слід визначати за формулою (1.5.40) з урахуванням вимог п. 1.5.5.4.

Якщо зосереджене навантаження прикладене до розтягнутого пояса балки, тоді при перевірці місцевої стійкості стінки при одночасній дії місцевих нормальних σ_{loc} та дотичних τ напружень (рис. 1.5.3, б) при визначенні коефіцієнта δ за формулою (1.5.43) значення b_f і t_f слід приймати як ширину і товщину розтягнутого пояс балки;

б) при відношенні $a / h_{ef} > 0,8$ перевірку місцевої стійкості стінки за формулою (1.5.39) слід виконувати двічі:

– при значенні σ_{cr} , обчисленому за формулою (1.5.40) з урахуванням вимог п. 1.5.5.4 і при такому значенні $\sigma_{loc,cr}$, для обчислення якого за формулою (1.5.41) при визначенні коефіцієнтів c_1 і c_2 замість розміру a необхідно прийняти розмір $a_1 = 0,5a$ при $0,8 \leq a / h_{ef} \leq 1,33$ та $a_1 = 0,67 h_{ef}$ при $a / h_{ef} > 1,33$;

– при значеннях σ_{cr} і $\sigma_{loc,cr}$, обчислених залежно від фактичного відношення a / h_{ef} (якщо $a / h_{ef} > 2,0$, у розрахунку слід приймати $a / h_{ef} = 2,0$); при цьому коефіцієнт c_{cr} у формулі (1.5.40) слід визначити за табл. 1.5.4.

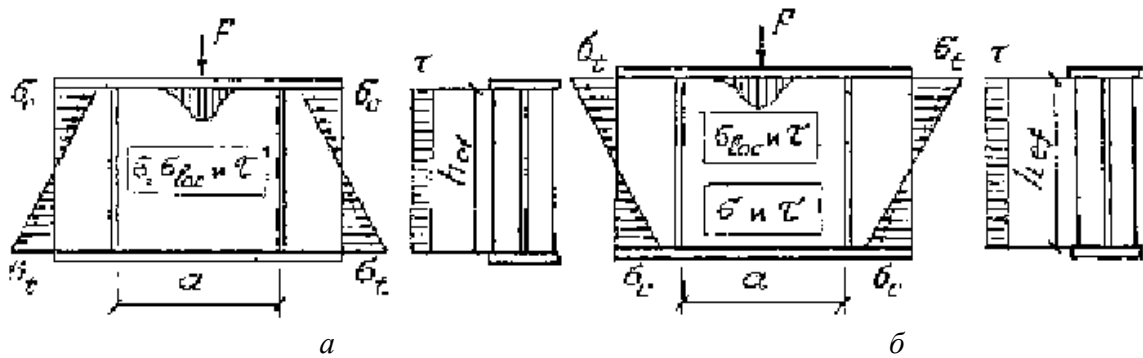


Рис. 1.5.3. Схема ділянки балки, укріпленої поперечними ребрами жорсткості:
 а – при прикладенні зосередженого навантаження до стиснутого пояса; б – те ж саме, до розтягнутого

Таблиця 1.5.4 Значення коефіцієнту c_{cr} за наявності місцевих нормальних напружень

Значення коефіцієнту c_{cr} при a / h_{ef} або $a / (2h_c)$, що дорівнює							
$\leq 0,8$	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	$\geq 2,0$
за табл. 1.5.2	37,2	39,2	45,2	52,8	62,0	72,6	84,7

Таблиця 1.5.5 Значення коефіцієнту c_1

ρ	Значення коефіцієнту c_1 при відношенні a / h_{ef} (a_1 / h_{ef}), що дорівнює									
	0,50	0,60	0,67	0,80	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	$\geq 2,0$
0,10	56,7	46,6	41,8	34,9	28,5	24,5	21,7	19,5	17,7	16,2
0,15	38,9	31,3	27,9	23,0	18,6	16,2	14,6	13,6	12,7	12,0
0,20	33,9	26,7	23,5	19,2	15,4	13,3	12,1	11,3	10,7	10,2
0,25	30,6	24,9	20,3	16,2	12,9	11,1	10,0	9,4	9,0	8,7
0,30	28,9	21,6	18,5	14,5	11,3	9,6	8,7	8,1	7,8	7,6
0,35	28,0	20,6	18,1	13,4	10,2	8,6	7,7	7,2	6,9	6,7
0,40	27,4	20,0	16,8	12,7	9,5	7,9	7,0	6,6	6,3	6,1

Таблиця 1.5.6 Значення коефіцієнту c_2

δ	Значення коефіцієнту c_2 при відношенні a / h_{ef} (a_1 / h_{ef}), що дорівнює							
	0,50	0,60	0,67	0,80	1,00	1,20	1,40	$\geq 1,60$
≤ 1	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
2	1,64	1,64	1,64	1,67	1,76	1,82	1,84	1,85
4	1,66	1,67	1,69	1,75	1,88	2,01	2,09	2,12
6	1,67	1,68	1,70	1,77	1,92	2,08	2,19	2,26
10	1,68	1,69	1,71	1,78	1,96	2,14	2,28	2,38
≥ 30	1,68	1,70	1,72	1,80	1,99	2,20	2,38	2,52

Значення критичних місцевих нормальних напружень $\sigma_{loc,cr}$ слід визначати за формулою (1.5.41), де:
 c_1 – коефіцієнт, що приймається за табл. 1.5.5 залежно від відношень a / h_{ef} (a_1 / h_{ef}) і значення $\rho = 1,04l_{ef} / h_{ef}$ (тут величину l_{ef} слід визначати відповідно до вимог п. 1.5.2.2);

c_2 – коефіцієнт, що приймається за табл. 1.5.6 залежно від відношень a / h_{ef} (a_1 / h_{ef}) і значення δ , що обчислюється за формулою (1.5.43); для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями слід приймати $\delta = 10$.

Значення критичних дотичних напружень τ_{cr} , в усіх випадках слід обчислювати за фактичними геометричними розмірами відсіку.

1.5.5.6 Місцеву стійкість стінок балок 1-го класу асиметричного двотаврового перерізу (з більш розвинутим стиснутим поясом), укріплених тільки основними поперечними ребрами жорсткості, слід вважати забезпеченою, якщо умова (1.5.39) буде виконана з урахуванням таких змін:

– при визначенні значень критичних місцевих напружень σ_{cr} у формулах (1.5.40) і (1.5.43) замість значення h_{ef} слід приймати подвоєну висоту стиснутої зони стінки $2h_c$;

– при відношенні $a/(2h_c) > 0,8$ і наявності місцевих нормальних напружень ($\sigma_{loc} \neq 0$) необхідно виконувати дві перевірки, вказані у п. 1.5.5.5, приймаючи $h_{ef} = 2h_c$ при визначенні c_{cr} за табл. 1.5.4 і σ_{cr} за формулою (1.5.40).

Значення критичних дотичних τ_{cr} і критичних місцевих нормальних напружень $\sigma_{loc,cr}$ слід визначати за фактичними геометричними розмірами відсіку стінки.

1.5.5.7 Місцеву стійкість стінок балок 1-го класу асиметричного двотаврового перерізу (з більш розвинутим розтягнутим поясом), укріплених тільки основними поперечними ребрами жорсткості, при одночасній дії нормальних σ і дотичних напружень τ за відсутності місцевих нормальних напружень ($\sigma_{loc} \neq 0$) слід вважати забезпеченою, якщо виконується умова

$$\frac{0,5\sigma_1}{\sigma_{cr}\gamma_c} \left(2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2} \right) \leq 1, \quad (1.5.44)$$

де

$$\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1}; \quad \beta = \left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_1} \right) \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} \right); \quad \sigma_{cr} = \frac{c_{cr} R_y}{\lambda_w^2};$$

тут σ_1 і σ_2 – нормальні напруження відповідно стиску і розтягу у небезпечних точках перерізу стінки, які визначаються за формулою (1.5.37) і приймаються в розрахунок зі своїми знаками;

τ і τ_{cr} – відповідно дотичні і критичні дотичні напруження, що визначаються за формулами (1.5.38) і (1.5.42);

c_{cr} – коефіцієнт, що визначається за табл. 1.5.7 залежно від значення α .

Таблиця 1.5.7 Значення коефіцієнту c_{cr}

α	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
c_{cr}	10,2	12,7	15,5	20,0	25,0	30,0

1.5.5.8 Місцеву стійкість стінок балок 2-го і 3-го класів двотаврового і коробчатого перерізів, симетричних відносно обох головних осей, переріз яких виконаний зі сталі однієї марки, та бісталевих балок за відсутності у розрахунковому перерізі місцевого нормального напруження ($\sigma_{loc} = 0$) слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$ не перевищує значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, що визначаються за табл. 1.5.8.

У табл. 1.5.8 значення середніх дотичних напружень τ слід приймати таким, що дорівнює $\tau = Q/A_w$, а значення $\bar{E}$ необхідно обчислювати за формулами:

– для балок, переріз якої виконаний зі сталі однієї марки

$$\bar{E} = \frac{0,29}{\sqrt{0,0833 - (c_{1x} - 1)(\alpha_f + 0,167)}}, \quad (1.5.45)$$

де c_{1x} – коефіцієнт, який визначається за формулою (1.5.36);

$\bar{\varepsilon}$ – відносна лінійна деформація стиснутого поясу балки;

– для бісталевих балок

$$\bar{\varepsilon} = 1 + (1,3 - 0,2\alpha_f)(c_{1r} - 1), \quad (1.5.46)$$

де c_{1r} – коефіцієнт, що визначається за формулами:

$$c_{1r} = \frac{M_x}{W_{xn} R_{yw} \gamma_c} \quad \text{або} \quad c_{1r} = \beta_r c_{rx}, \quad (1.5.47)$$

де β_r і c_{rx} – коефіцієнти, що визначаються відповідно до п. 1.5.2.8.

Таблиця 1.5.8 Значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$

$\frac{\tau}{R_s}$	Значення $\bar{\lambda}_{uw}$ при $\bar{\varepsilon}$, що дорівнює								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	$\geq 5,0$
0	5,50	4,00	3,42	3,00	2,72	2,52	2,37	2,27	2,20
0,5	4,50	3,70	3,13	2,75	2,51	2,35	2,26	2,20	2,20
0,6	4,25	3,52	2,98	2,64	2,42	2,28	2,20	2,20	2,20
0,7	4,00	3,34	2,84	2,53	2,34	2,20	2,20	2,20	2,20
0,8	3,75	3,04	2,62	2,37	2,26	2,20	2,20	2,20	2,20
0,9	3,50	2,73	2,39	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20

1.5.5.9 Стінки балок слід укріплювати основними поперечними ребрами жорсткості:

– у балках 1-го класу – на ділянці довжини балки, в розрахункових перерізах якої значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$ перевищує 3,2 за відсутності рухомого навантаження, прикладеного до поясу балки, або 2,2 – за наявності такого навантаження;

– у балках 2-го і 3-го класів – за будь-яких значень умовної гнучкості стінки на ділянці довжини балки, в розрахункових перерізах якої враховується розвиток обмежених пластичних деформацій, а на інших ділянках – як для балок 1-го класу.

Поперечні ребра жорсткості, як правило, слід встановлювати у місцях прикладення значних нерухомих зосереджених навантажень та в опорних перерізах балок.

Відстань між поперечними ребрами, як правило, не повинна перевищувати $2h_{ef}$ при $\bar{\lambda}_w > 3,2$ і $2,5h_{ef}$ при $\bar{\lambda}_w < 3,2$.

Для балок 1-го класу допускається перевищувати ці відстані до значення $3h_{ef}$ за умови, що забезпечена місцева стійкість стінки, а загальна стійкість балки є забезпеченою виконанням вимог п. 1.5.4.4, а або п. 1.5.4.4, б. В останньому випадку значення $\bar{\lambda}_{ub}$ не повинно перевищувати значення, обчисленого за формулою (1.5.30).

У стінці балки, підкріпленій тільки основними поперечними ребрами жорсткості, ширина їхньої виступаючої частини b_r повинна бути не меншою за $h_w/30 + 25$ мм – для двостороннього ребра жорсткості, і не меншою за $h_w/24 + 40$ мм – для одностороннього; товщина ребра жорсткості t_r повинна бути не меншою за $2b_r\sqrt{R_y/E}$.

У разі підкріплення стінки балки односторонніми поперечними ребрами жорсткості, виконаними з одиночних кутиків, які приварюються до стінки по перу, момент інерції такого ребра, обчислений відносно осі, що співпадає з найближчою до ребра гранню стінки, повинен бути не меншим, ніж для двостороннього ребра.

1.5.5.10 Поперечне ребро жорсткості, розміщене у місці прикладення до верхнього пояса зосередженого навантаження, слід перевіряти розрахунком на стійкість: двостороннє ребро – як центрально стиснуту стійку, а одностороннє – як стійку, стиснуту з ексцентриситетом, що дорівнює відстані від серединної площини стінки до центра ваги розрахункового перерізу стійки. При цьому у розрахунковий переріз стійки слід включати переріз ребра жорсткості і смуги стінки завширшки $0,65t_w\sqrt{E/R_y}$ з кожної сторони ребра, а розрахункову довжину стійки приймати такою, що дорівнює розрахунковій висоті стінки h_{ef} .

1.5.5.11 Якщо місцева стійкість стінок балок 1-го класу при дії нормальних напружень σ від згину не забезпечена, а також при значеннях умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w > 5,5\sqrt{R_y/\sigma}$ (тут σ – нормальні напруження у стиснутому поясі балки) стінки таких балок допускається укріплювати поздовжнім ребром жорсткості, що встановлюється додатково до основних поперечних ребер відповідно до вимог обов'язкового додатку Р, де наведені також вимоги щодо встановлення проміжних поперечних ребер жорсткості.

1.5.5.12 При значеннях умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w > 5,5\sqrt{R_y/\sigma}$ балки симетричного двотаврового перерізу допускається проектувати як балки 2-го класу з гнучкими (нестійкими) стінками.

1.5.5.13 Ділянку стінки балки в опорному перерізі слід розраховувати на втрату загальної стійкості як центрально стиснуту стійку, навантажену опорною реакцією.

У разі підкріплення стінки балки опорними ребрами з шириною виступаючої частини b_r у розрахунковий переріз цієї стійки слід включати переріз опорних ребер і смуги стінки завширшки не більше як $0,65t_w\sqrt{E/R_y}$ з кожної сторони ребра.

За відсутності опорних ребер, як правило, у прокатних балках розрахунковим перерізом стійки є смуга стінки завширшки: b – при розрахунку на міцність; $b + 0,3h$ – при розрахунку на загальну стійкість (рис.1.5.4, в).

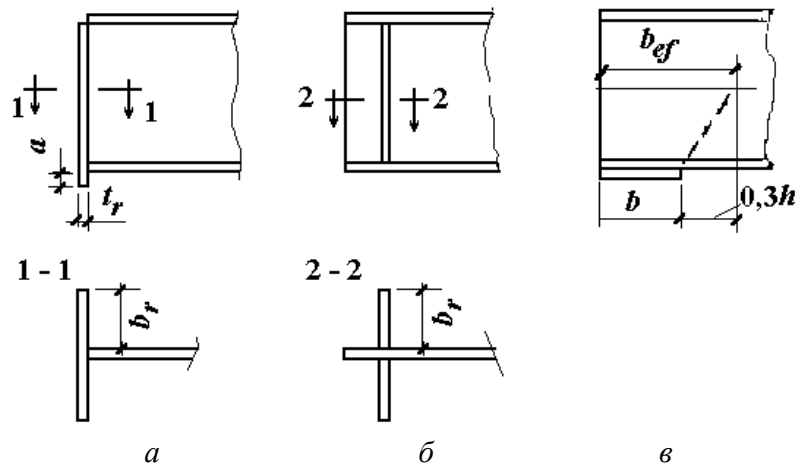


Рис. 1.5.4. Схема опорної ділянки балки: а – з опорним ребром у торці при застосуванні фрезерування; б – з опорним ребром, зміщеним від торця із застосуванням щільної пригонки або приварювання; в – без опорного ребра з використанням прокладки

Товщина опорного ребра t_r повинна бути не меншою за $3b_r\sqrt{R_y/E}$, де b_r – ширина виступаючої частини.

Розрахункову довжину стійки слід приймати такою, що дорівнює розрахунковій висоті стінки балки h_{ef} .

Нижні торці опорних ребер (рис. 1.5.4) повинні бути фрезеровані або щільно пригнані чи приварені до

нижнього пояса балки. Напруження в розрахунковому перерізі опорного ребра при дії опорної реакції не повинні перевищувати розрахункового опору прокатної сталі у випадках влаштування опорного ребра:

- у торці із застосуванням фрезерування (рис.1.5.4, а) – зминанню R_p при $a \leq 1,5t$ і стиску R_y при $a > 1,5t$;
- із зміщенням від торця із застосуванням щільної пригонки або приварювання (рис.1.5.4, б) – зминанню R_p .

Зварні шви, що прикріплюють опорне ребро до нижнього пояса, повинні бути розраховані на дію опорної реакції.

1.5.5.14 Місцеву стійкість стиснутих поясів слід вважати забезпеченою, якщо умовна гнучкість звису

пояса $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \sqrt{\frac{R_{yf}}{E}}$ або поясного листа $\bar{\lambda}_{f1} = \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ балок 1-го класу, а також бісталевих балок 2-го класу при виконанні вимог п.п. 1.4.3.1, 1.5.2.1 і 1.5.2.8 не перевищує значень граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}$, $\bar{\lambda}_{uf1}$, що визначаються за формулами:

- для звисів поясів балок двотаврового перерізу, які необрамлені ребрами (непідсилені відгинами)

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,5 \sqrt{\frac{R_{yf}}{\sigma_c}}; \quad (1.5.48)$$

- для поясних листів балок коробчатого перерізу

$$\bar{\lambda}_{uf1} = 1,5 \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_c}}; \quad (1.5.49)$$

де σ_c – нормальні напруження в стиснутому поясі, які обчислюються за формулами:

- для перерізу з однорідної сталі:

$$\sigma_c = \frac{M_x}{W_{xnc} \gamma_c} \text{ або } \sigma_c = \frac{M_x}{W_{xnc} \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{ync} \gamma_c};$$

- для бісталевого перерізу:

$$\sigma_c = \bar{\varepsilon} R_{yw} \text{ або } \sigma_c = \bar{\varepsilon} R_{yw} + \frac{M_y}{W_{ync} \gamma_c};$$

де W_{xnc} і W_{ync} – моменти опору поперечного перерізу відносно відповідних осей, обчислені для стиснутих волокон;

$\bar{\varepsilon}$ – параметр, що визначається за формулою (1.5.46).

1.5.5.15 Місцеву стійкість стиснутих поясів слід вважати забезпеченою, якщо умовна гнучкість звису стиснутого пояса або поясного листа балок 2-го і 3-го класів з однорідної сталі при виконанні вимог п.п. 1.4.3.1, 1.5.2.3 і 1.5.5.8 не перевищує значень граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}$, $\bar{\lambda}_{uf1}$, що

визначаються при $2,2 \leq \bar{\lambda}_{uw} \leq 5,5$ за формулами:

- для необрамлених звисів поясів балок двотаврового перерізу

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,17 + 0,06\bar{\lambda}_{uw}; \quad (1.5.50)$$

- для поясних листів балок коробчатого перерізу

$$\bar{\lambda}_{uf} = 0,675 + 0,15\bar{\lambda}_{uw}. \quad (1.5.51)$$

1.5.5.16 У разі обрамлення звису стиснутого пояса ребром або підсилення звису відгином, що має розмір $a_{ef} \geq 0,3 b_{ef}$ (рис. 1.4.4) і товщину $t > 2a_{ef} \sqrt{\frac{R_{yf}}{E}}$, значення $\bar{\lambda}_{uf}$, які обчислюються за формулами (1.5.49) і (1.5.51), допускається збільшувати множенням на коефіцієнт 1,5.

1.6 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на дію поздовжньої сили та згинального моменту

1.6.1 Розрахунок на міцність

1.6.1.1 Розрахунок на міцність позацентрово стиснутих (стиснуто-зігнутих) і позацентрово розтягнутих (розтягнуто-зігнутих) елементів, виконаних із сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$, які не підлягають безпосередній дії динамічних навантажень, при значеннях напружень $\tau < 0,5R_s$ і $\sigma = N/A_n > 0,1R_y$ слід виконувати за формулою

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.1)$$

де N , M_x і M_y – абсолютні значення відповідно поздовжньої сили і згинальних моментів при найбільш несприятливій комбінації розрахункових навантажень;

n , c_x , c_y – коефіцієнти, які приймаються згідно з додатком Н;

$W_{xn, \min}$ – мінімальне з двох значень моментів опору поперечного перерізу елемента нетто відносно осі $x-x$, обчислених відповідно для розтягнутого та стиснутого волокна;

$W_{yn, \min}$ – теж, відносно осі $y-y$.

Якщо $\sigma = N/A_n \leq 0,1 R_y$, формулу (1.6.1) слід застосовувати у разі виконання вимог п.п. 1.5.5.8 і 1.5.5.14.

Розрахунок на міцність елементів з труб, які відповідають вимогам п. 1.6.1.1, слід виконувати за формулою

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{1,26 W_{n, \min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.1, a)$$

де $W_{n, \min}$ – момент опору поперечного перерізу, обчислений для найнебезпечнішої точки перерізу.

Розрахунок на міцність елементів у випадках, що не передбачені розрахунком за формулою (1.6.1), слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \pm \frac{M_x}{I_{xn} R_y \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} R_y \gamma_c} x \leq 1, \quad (1.6.2)$$

де x, y – відстані від головних осей до розглядуваної точки перерізу.

1.6.1.2 Розрахунок на міцність позацентрово стиснутих елементів виконувати не потрібно при значенні приведенного відносного ексцентриситету $m_{ef} \leq 20$, за відсутності послаблення розрахункового перерізу та однакових значеннях згинальних моментів, що приймаються в розрахунок на міцність і стійкість.

1.6.1.3 Позацентрово стиснуті елементи, виконані зі сталі з нормативним опором $R_{yn} > 440 \text{ Н/мм}^2$, що мають несиметричні перерізи відносно осі, перпендикулярної до площини згину $x-x$ або $y-y$ (наприклад, перерізи типу 8, 10, a , 12, a і 13 за табл. К.2 додатка К), слід перевіряти на міцність у площині дії моменту за значеннями нормальних напружень у розтягнутому волокні за формулою

$$\left| \frac{N \gamma_{m1}}{A_n R_u \gamma_c} - \frac{M \gamma_{m1}}{\delta W_{tn} R_u \gamma_c} \right| \leq 1, \quad (1.6.3)$$

де W_{tn} – момент опору перерізу нетто, обчислений для розтягнутого волокна;

δ – коефіцієнт, що визначається за формулою

$$\delta = 1 - 0,1 \frac{N \bar{\lambda}^2}{A R_y}. \quad (1.6.4)$$

1.6.2 Розрахунок загальної стійкості елементів суцільного перерізу

1.6.2.1 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів при дії згинального моменту в одній з головних площин слід виконувати для плоскої форми втрати стійкості (в площині дії згинального моменту) згідно з п.п. 1.6.2.2 і 1.6.2.3 та для згинально-крутильної форми втрати стійкості (з площини дії моменту) відповідно до п.п. 1.6.2.6 – 1.6.2.8.

1.6.2.2 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів постійного по довжині перерізу в площині дії згинального моменту, що збігається з площиною симетрії, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\phi_e A R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (1.6.5)$$

У формулі (1.6.5) коефіцієнт стійкості при позацентровому стиску ϕ_e слід визначати за табл. К.3 додатка К залежно від значень умовної гнучкості $\bar{\lambda}$ та приведенного відносного ексцентриситету m_{ef} , який обчислюється за формулою

$$m_{ef} = \eta m, \quad (1.6.6)$$

де η – коефіцієнт впливу форми перерізу, що визначається за табл. К.2 додатка К;

$m = \frac{eA}{W_c}$ – відносний ексцентриситет;

$e = M/N$ – ексцентриситет, при обчисленні якого розрахункові значення внутрішніх зусиль M і N слід

приймати відповідно до вимог п. 1.6.2.3;

W_c – момент опору перерізу, обчислений для найбільш стиснутого волокна.

При значеннях $m_{ef} > 20$ розрахунок слід виконувати як для зігнутих елементів за формулами (1.5.28) і (1.5.29).

1.6.2.3 Розрахункові значення повздовжньої сили N і згинального моменту M у розрахунковому перерізі елемента слід приймати для однієї і тієї ж комбінації навантажень з розрахунку системи за недеформованою схемою у припущенні пружних деформацій сталі.

При цьому значення згинального моменту M слід приймати таким, що дорівнює значенню:

- найбільшого згинального моменту, що виникає у межах геометричної довжини колони – для колони рамної системи постійного по довжині перерізу;
- найбільшого згинального моменту, що виникає у межах ділянки колони постійного по довжині перерізу – для ступінчастої колони;
- згинального моменту в опорному перерізі, але не менше за значення моменту у перерізі, віддаленому на третину геометричної довжини від опори – для колони, защемленої в опорному перерізі та з вільним іншим кінцем;
- найбільшого згинального моменту, що виникає у межах середньої третини довжини панелі пояса, який обчислюється з розрахунку пояса як пружної нерозрізної балки – для стиснутих поясів ферм і структурних плит, що сприймають позавузлове поперечне навантаження;
- згинального моменту, який визначається за формулами табл. 1.6.1 залежно від значення

відносного ексцентриситету $m_{\max} = \frac{M_{\max}}{N} \frac{A}{W_c}$ і приймається не меншим за $0,5 M_{\max}$ – для стиснутого

елемента з шарнірно обпертими кінцями і перерізом, площина симетрії якого збігається з площиною згину.

Таблиця 1.6.1 Розрахункове значення згинального моменту

$m_{\max}$	Згинальний момент M при умовній гнучкості стрижня	
	$\bar{\lambda} < 4,0$	$\bar{\lambda} \geq 4,0$
$m_{\max} \leq 3,0$	$M = M_{\max} - 0,25\bar{\lambda}(M_{\max} - M_1)$	$M = M_1$
$3,0 < m_{\max} \leq 20,0$	$M = M_2 + \frac{m_{\max} - 3}{17}(M_{\max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{m_{\max} - 3}{17}(M_{\max} - M_1)$

Позначення, прийняті в табл. 1.6.1:

$M_{\max}$ – найбільший згинальний момент, що діє у межах геометричної довжини стрижня;

M_1 – найбільший згинальний момент, що діє у межах середньої третини геометричної довжини стрижня і приймається не меншим за $0,5M_{\max}$;

M_2 – згинальний момент, який приймається рівним значенню M при $m_{\max} \leq 3,0$ і $\bar{\lambda} < 4,0$, але не меншим за $0,5 M_{\max}$.

Примітки:

- У формулах табл. 1.6.1 значення $m_{\max}$ і $\bar{\lambda}$ слід визначати відповідно до площини згину, що збігається з площиною симетрії $x - x$ або $y - y$.
- Для стиснутих стрижнів з шарнірно обпертими кінцями, що мають суцільний переріз симетричний відносно двох головних осей і на які діють згинальні моменти, значення приведенного відносного ексцентриситету m_{ef} , що використовується при визначенні коефіцієнту стійкості φ_e , необхідно приймати згідно з табл. К.5 додатка К.

1.6.2.4 Розрахунок на стійкість позacentрово стиснутих суцільноствінчастих елементів постійного по довжині перерізу (окрім коробчатого) за згинально-крутильною формою втрати стійкості (із площини дії моменту M_x) при згині їх у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$), яка збігається з площиною симетрії, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{c\varphi_y AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.7)$$

де c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами п. 1.6.2.5;

φ_y – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що визначається відповідно до вимог п. 1.4.1.3.

1.6.2.5 Коефіцієнт c у формулі (1.6.1.5) слід визначати:

- при значеннях $m_x \leq 5$ за формулою

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \nu m_x} \leq 1, \quad (1.6.8)$$

де α , β і ν – коефіцієнти, що визначаються за табл. 1.6.1.2;

- при значеннях $m_x \geq 10$ за формулою

$$c = \frac{1}{1 + m_x \varphi_y / \varphi_b}, \quad (1.6.9)$$

де φ_b – коефіцієнт стійкості при згині, що визначається відповідно до п. 1.5.4.1 і додатка П як для балки з двома і більше закріпленнями стиснутого пояса;

- при значеннях $5 < m_x < 10$ за формулою

$$c = c_5 (2 - 0,2 m_x) + c_{10} (0,2 m_x - 1), \quad (1.6.10)$$

де коефіцієнт c_5 необхідно визначати за формулою (1.6.5) при $m_x = 5$, а коефіцієнт c_{10} – за формулою (1.6.6) при $m_x = 10$;

$m_x = \frac{M_x}{N} \frac{A}{W_c}$ – відносний ексцентриситет, при обчисленні якого значення M_x слід приймати згідно з вимогами п. 1.6.2.6.

При значеннях умовної гнучкості $\bar{\lambda}_y > 3,14$ коефіцієнт c не повинен перевищувати максимального значення c_{max} , що визначається згідно з додатком Л; у випадку, коли $c > c_{max}$, у формулах (1.6.5) і (1.6.10) замість c слід приймати c_{max} .

1.6.2.6 При визначенні відносного ексцентриситету m_x у формулах (1.6.6) – (1.6.8) за розрахункове значення згинального моменту M_x слід приймати як значення:

- максимального згинального моменту, який виникає в межах середньої третини геометричної довжини елемента, але не менше половини значення найбільшого згинального моменту, що діє по всій довжині – для елементів з кінцями, закріпленими від горизонтальних переміщень, спрямованих перпендикулярно до площини дії моменту;
- згинального моменту в опорному перерізі, але не менше за значення моменту в перерізі, віддаленому на третину довжини елемента від опори – для елементів, защемлених в опорному перерізі та іншим вільним кінцем.

1.6.2.7 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів двотаврового перерізу, стиснута полиця яких неперервно розкріплена по довжині, слід виконувати згідно з додатком П.

1.6.2.8 Позацентрово стиснуті елементи постійного по довжині перерізу, що згинаються у площині найменшої жорсткості ($I_y < I_x$ і $e_y \neq 0$), слід розраховувати за формулою (1.6.3), а при значеннях

гнучкості $\lambda_x > \lambda_y$ додатково перевіряти на втрату загальної стійкості із площини дії моменту як центрально-стиснуті елементи за формулою

$$\frac{N}{\varphi_x A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.11)$$

де φ_x – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що визначається відповідно до вимог п. 1.4.1.3 залежно від значення гнучкості λ_x .

При виконанні умови $\lambda_x \leq \lambda_y$ загальну стійкість із площини дії моменту перевіряти не потрібно.

1.6.2.9 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих стрижнів постійного по довжині перерізу (окрім коробчатого), при стисковій та згині у двох головних площинах, коли площа найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$) збігається з площиною симетрії, а також для перерізу 3-го типу за табл. 1.6.2 слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \sqrt[4]{c} A R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.12)$$

де φ_{ey} – коефіцієнт, що визначається відповідно до вимог п. 1.6.2.2, приймаючи при цьому $m = m_y$ і $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_y$;

c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами п. 1.6.2.5.

При обчисленні значення приведенного відносного ексцентриситету $m_{efy} = \eta m_y$ для стрижнів двотаврового перерізу з неоднаковими розмірами полиць коефіцієнт η слід визначати як для перерізу 11-го типу за табл. К.2 додатка К.

Окрім розрахунку за формулою (1.6.10) необхідно виконувати розрахунки за формулами (1.6.3) і (1.6.5), приймаючи $e_y = 0$, а також за формулою (1.6.1) при $M_x \neq 0$ і $M_y \neq 0$.

Значення відносних ексцентриситетів слід обчислювати за формулами:

$$m_x = e_x \frac{A}{W_{xc}} \quad \text{і} \quad m_y = e_y \frac{A}{W_{yc}}, \quad (1.6.13)$$

де W_{xc} , W_{yc} – моменти опору розрахункового перерізу відносно осей відповідно $x - x$ і $y - y$, обчислені для найбільш стиснутого волокна.

Якщо площа найбільшої жорсткості перерізу елемента ($I_x > I_y$) не збігається з площиною симетрії, тоді розрахункове значення відносного ексцентриситету m_x необхідно збільшити на 25% (окрім перерізу 3-го типу за табл. 1.6.2).

1.6.2.10 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих елементів постійного по довжині коробчатого перерізу (рис. 1.5.3, б), при стисковій зі згином у двох головних площинах слід виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} A R_y \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \delta_x W_{x,\min} R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (1.6.14)$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} A R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \delta_y W_{y,\min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.6.15)$$

де φ_{ex} , φ_{ey} – коефіцієнти стійкості при стисковій зі згином, які обчислюються відповідно до додатку К; c_x , c_y – коефіцієнти, що приймаються згідно з додатком Н;

δ_x, δ_y – коефіцієнти, які визначаються за формулами:

$$\delta_x = 1 - \frac{0,1N\bar{\lambda}_x^2}{AR_y} \quad \text{і} \quad \delta_y = 1 - \frac{0,1N\bar{\lambda}_y^2}{AR_y}, \quad (1.6.16)$$

і приймаються такими, що дорівнюють 1,0 відповідно при $\lambda_x \leq 1,0$ і $\lambda_y \leq 1,0$.

Розрахунок на стійкість позacentрово стиснутих елементів коробчатого перерізу при згині їх у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$; $M_y = 0$) слід виконувати за формулою 1.6.13, при цьому замість φ_y приймають φ_y .

Таблиця 1.6.2 Значення коефіцієнтів α, β і ν

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	Значення коефіцієнтів				
		α при		β при		ν
		$m_x \leq 1,0$	$1,0 < m_x \leq 5,0$	$\bar{\lambda}_y \leq 3,14$	$\bar{\lambda}_y > 3,14$	
1		0,7	$0,65 + 0,05 m_x$	1,0	$\sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}}$	$1 - \frac{\bar{\lambda}}{14} \left(2,12 - \frac{b}{h} \right)$
2						1,0
3						$1,25 - 0,12 \bar{\lambda}$
4		$1 - 0,3 \frac{I_2}{I_1}$	$1 - (0,35 - 0,05 m_x) \frac{I_2}{I_1}$	1,0	$\beta = 1 - \left(1 - \sqrt{\varphi_c / \varphi_y} \right) \times \left(\frac{2I_2}{I_1} - 1,0 \right);$ $\beta = 1$ при $\frac{I_2}{I_1} < 0,5$	1,0

Позначення, прийняті в табл.1.6.2:
 I_1 і I_2 – моменти інерції поперечного перерізу відповідно більшої і меншої полиць відносно осі симетрії $y - y$;
 φ_c – значення коефіцієнту стійкості φ_y при значенні умовної гнучкості $\bar{\lambda}_y = 3,14$.

Примітка
 При значеннях $b/h < 0,3$ слід приймати $b/h = 0,3$.

1.6.3 Розрахунок на загальну стійкість елементів наскрізного перерізу

1.6.3.1 Розрахунок на загальну стійкість позacentрово стиснутих елементів наскрізного перерізу зі з'єднувальними планками або ґратками слід виконувати як для стрижня в цілому, так і для окремих його гілок.

1.6.3.2 При розрахунку стрижня в цілому відносно вільної осі за формулою (1.6.3), коли планки і ґратки розміщені в площинах, паралельних до площини дії моменту, коефіцієнт стійкості φ_e необхідно визначати за табл. К.4 додатка К залежно від значення приведеної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{ef}$ (значення λ_{ef} визначають за табл. 1.4.2) і відносного ексцентриситету m , що визначається за формулою

$$m = e \frac{Aa}{I}, \quad (1.6.17)$$

де $e = M / N$ – ексцентриситет, при обчисленні якого розрахункові значення внутрішніх зусиль M і N слід приймати згідно з вимогами п. 1.6.2.3;

a – відстань від головної осі перерізу, перпендикулярної до площини дії моменту, до осі найбільш стиснутої гілки, яка приймається не меншою за відстань від головної осі перерізу до осі стінки гілки;

I – момент інерції поперечного перерізу наскрізного стрижня відносно вільної осі.

При значеннях відносного ексцентриситету $m > 20$ перевірку загальної стійкості слід виконувати як для зігнутих елементів.

1.6.3.3 При розрахунку окремих гілок наскрізних стрижнів з ґратками за формулою (1.4.3) поздовжню силу в кожній гілці слід визначати з урахуванням додаткового поздовжнього зусилля N_{ad} , викликаного дією згинального моменту M , яке необхідно визначати за формулами:

$N_{ad} = M_y / b$ – при згині елемента у площині, перпендикулярній до осі $y - y$, для 1- і 3-го типів перерізів (табл. 1.5.2);

$N_{ad} = 0,5 M_y / b_1$ – те саме, для 2-го типу перерізу;

$N_{ad} = 1,16 M_x / b$ – при згині елемента у площині, перпендикулярній до осі $x - x$, для 3-го типу перерізу;

$N_{ad} = 0,5 M_x / b_2$ – те саме, для 2-го типу перерізу;

тут b , b_1 , b_2 – відстані між осями гілок (табл. 1.4.2).

Гнучкість окремих гілок між вузлами приймати за п. 1.4.2.4.

При згині стрижня наскрізного перерізу 2-го типу (табл. 1.5.2) у двох площинах додаткове поздовжнє зусилля N_{ad} слід визначати за формулою

$$N_{ad} = 0,5 \left(\frac{M_y}{b_1} + \frac{M_x}{b_2} \right). \quad (1.6.18)$$

1.6.3.4 При розрахунку окремих гілок наскрізного стрижня з планками у формулі (1.6.3) необхідно врахувати додаткове поздовжнє зусилля N_{ad} , викликане дією згинального моменту M , а також місцевий згин гілок від фактичної чи умовної поперечної сили (як у поясах безрозкісної ферми).

1.6.3.5 Для рівностороннього тригранного наскрізного стрижня з ґратками, постійного по довжині перерізу, відносний ексцентриситет m необхідно обчислювати за формулами:

– при згині у площині, перпендикулярній до однієї з граней

$$m = 3,46 \frac{\beta M}{Nb}; \quad (1.6.19, a)$$

- при згині у площині, паралельній до однієї з граней

$$m = 3,0 \frac{\beta M}{Nb}; \quad (1.6.19, б)$$

де b – відстань між осями поясів у площині грані;

β – коефіцієнт, який приймається у залежності від виду з'єднання ґраток з гілками наскрізного стрижня і дорівнює 1,2 – для болтових з'єднань і 1,0 – для зварних з'єднань.

1.6.3.6 Розрахунок на загальну стійкість наскрізних стрижнів із двома суцільноствінчастими гілками, що є симетричними відносно осі $x-x$ (рис. 1.6.1), із ґратками, розміщеними у двох паралельних площинах, при дії поздовжньої сили та згинальних моментів в обох головних площинах, слід виконувати:

- для стрижня в цілому – у площині, паралельній до площин ґраток, згідно з вимогами п. 1.6.3.3, приймаючи $e_x = 0$;

- для окремих гілок – як позacentрово стиснутих елементів за формулами (1.6.3) і (1.6.5); при цьому поздовжню силу у кожній гілці слід визначати з урахуванням додаткового зусилля, спричиненого дією згинального моменту M_y (див. п. 1.6.3.3), а згинальний момент M_x розподілити між гілками пропорційно жорсткостям (моментом інерції) гілок I_{xb} (рис. 1.6.1); якщо згинальний момент M_x діє в площині однієї з гілок, то слід вважати його таким, що повністю передається на цю гілку. При розрахунку за формулою (1.6.5) гнучкість окремої гілки слід визначити у залежності від максимальної відстані між вузлами ґратки.

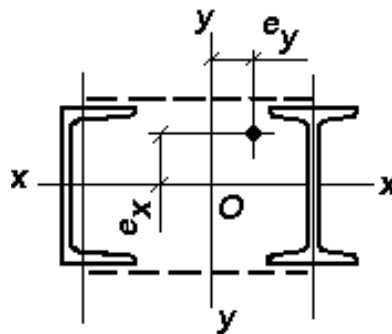


Рис. 1.6.1. Схема наскрізного перерізу стрижня з двома суцільноствінчастими гілками

1.6.3.7 Розрахунок з'єднувальних планок або ґраток наскрізних позacentрово стиснутих стрижнів слід виконувати згідно з вимогами п. 1.4.2.8 і п. 1.4.2.9 на дію поперечної сили, значення якої дорівнює більшому з двох значень: фактичної поперечної сили Q чи умовної поперечної сили Q_{fic} , яка обчислюється відповідно до вимог п. 1.4.2.7.

У випадку, коли значення фактичної поперечної сили є більшим за значення умовної, сумісну роботу гілок наскрізних позacentрово стиснутих елементів слід забезпечувати, як правило, за допомогою ґраток.

1.6.4 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів

1.6.4.1 Розрахункові розміри стінок і поясних листів (полиць), які розраховуються на втрату місцевої стійкості, слід визначати відповідно до вимог п. 1.4.2.8 і п. 1.4.3.6.

1.6.4.2 Місцеву стійкість стінок позacentрово стиснутих елементів слід вважати забезпеченою, якщо

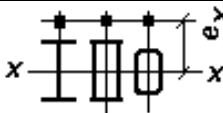
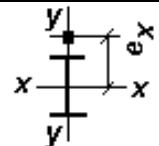
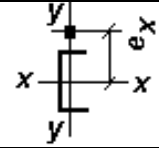
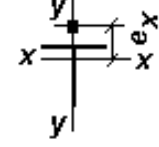
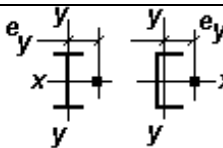
значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищують відповідних значень граничної

умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, які обчислюються за формулами табл. 1.6.3.

1.6.4.3 Стінки позацентрово стиснутих елементів суцільного перерізу (колон, стійок, опор тощо) при $\bar{\lambda}_w \geq 2,3$, як правило, слід підкріплювати основними поперечними ребрами жорсткості згідно з вимогами п. 1.4.3.3.

1.6.4.4 При підкріпленні стінок позацентрово стиснутого елемента поздовжнім ребром жорсткості з моментом інерції $I_{rl} \geq 6h_{ef}t_w^3$, який розміщують посередині стінки, найбільш навантажену (стиснуту) частину стінки між поясом і віссю ребра жорсткості слід розглядати як окремий відсік стінки і перевіряти за формулами табл. 1.6.3. При цьому розрахунок і проектування ребра жорсткості і елемента в цілому слід виконувати з урахуванням вимог п. 1.4.3.4.

Таблиця 1.6.3 Гранична умовна гнучкість стінок

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	Умови застосування формул	Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
1		$1,0 \leq m_x \leq 10,0$; для двотавра $c\varphi_y > \varphi_{ex}$	$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw1} = 1,3 + 0,15\bar{\lambda}_x^2$ (1.6.20)
		$\bar{\lambda}_x < 2,0$ $\bar{\lambda}_x \geq 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw1} = 1,2 + 0,35\bar{\lambda}_x \leq 3,1$ (1.6.21)
2		$c\varphi_y \leq \varphi_{ex}$; $1,0 \leq \alpha \leq 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw2} = 1,42 \sqrt{\frac{c_{cr} R_y \gamma_c}{\sigma_1 (2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2})}} \leq 0,7 + 2,4\alpha$ (1.6.22)
3		$1,0 \leq \alpha \leq 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 0,75\bar{\lambda}_{uw2} \leq 0,52 + 1,8\alpha$ (1.6.23)
4		$1,0 \leq \frac{b_f}{h_{ef}} \leq 2,0$; $0,8 \leq \bar{\lambda}_x \leq 4,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = (0,4 + 0,07\bar{\lambda}_x) \left(1 + 0,25 \sqrt{2,0 - \frac{b_f}{h_{ef}}} \right)$ (1.6.24)
5		$m_y \geq 1,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 2 \sqrt{\frac{AR_y \gamma_c}{N}} \leq 5,5$ (1.6.25)
Позначення, прийняті в табл.1.6.3: $\bar{\lambda}_x$ – умовна гнучкість стрижня у площині дії моменту; $\bar{\lambda}_{uw1}$ і $\bar{\lambda}_{uw2}$ – граничні умовні гнучкості стінки, обчислені для 1- і 2-го типів перерізів; c_{cr} – коефіцієнт, що визначається за табл. 1.5.7 залежно від значення α; $\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2) / \sigma_1$ (тут σ_1 – найбільше стискувальне напруження біля розрахункової межі стінки, що приймається зі знаком “плюс” і обчислюється без урахування коефіцієнтів φ_{ex}, φ_{ey}, φ_{yc} і $\varphi_{y\sqrt[4]{c}}$; σ_2 – відповідне напруження біля протилежної розрахункової межі стінки зі своїм знаком); $\beta = 0,15c_{cr} \tau / \sigma_1$ (тут $\tau = Q / (t_w h_w)$ – усереднене дотичне напруження у розрахунковому перерізі; для коробчатого перерізу $\tau = Q / (2t_w h_w)$); b_f – ширина полиці таврового перерізу 4-го типу.			

Примітки:

1. Для перерізів 1-го і 3-го типів при значеннях $0 < m_x < 1$ або $10 < m_x \leq 20$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими згідно з вимогами п. 1.4.3.2 ($m_x = 0$) або п. 1.5.5.8 ($m_x = 20$) і за формулами (1.6.20) і (1.6.21) відповідно; при цьому значення N слід приймати таким, що дорівнює нулю, і виконувати розрахунок відповідно до п. 1.5.5.8, де при $c_{1x} \leq 1,0$ приймати $\bar{\lambda}_{uw} = 5,5$.
2. При $\alpha \leq 0,5$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ для 2-го і 4-го типів перерізів слід визначити за формулами (1.6.20) і (1.6.21) при значенні $m_x = \alpha / (2 - \alpha)$ з урахуванням п. 1 приміток до цієї таблиці. При $0,5 < \alpha < 1,0$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ необхідно визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими при $\alpha = 0,5$ і $\alpha = 1,0$.
3. Для перерізів 4-го типу при $\bar{\lambda}_x < 0,8$ або $\bar{\lambda}_x > 4,0$ у формулі (1.6.24) слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x = 0,8$ або $\bar{\lambda}_x = 4,0$.
4. Для перерізів 5-го типу при значеннях $0 < m_y < 1$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ необхідно визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими згідно з вимогами п. 1.4.3.2 ($m_y = 0$) і за формулою (1.6.25) відповідно.

1.6.4.5 У випадках, коли не виконуються вимоги п. 1.6.4.2 (табл. 1.6.3), допускається:

- а) значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені за формулами табл. 1.6.3, окрім формул (1.6.20) і (1.6.21), збільшити множенням на коефіцієнт $\sqrt{\varphi_m AR_y \gamma_c / N}$, але не більше, ніж у 1,25 рази (тут φ_m – менше значення одного з коефіцієнтів φ_e , $c\varphi_y$ або φ_{exy} , які використовувались при відповідній перевірці стійкості стрижня);
- б) для перерізів 1-го і 3-го типів значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені за формулами (1.6.20), (1.6.21) і (1.6.23), збільшити множенням на коефіцієнт

$$\psi = 3 - \frac{2N}{\varphi_{ex} AR_y \gamma_c}, \quad (1.6.26)$$

одержані при цьому значення $\psi \bar{\lambda}_{uw}$ необхідно приймати не більшими за верхню межу значень $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислених відповідно за формулами (1.6.21) і (1.6.23) для розглядуваних значень m_x і α ;

- в) для перерізів 1-го і 3-го типів, а також 2-го і 4-го типів при $\alpha \leq 0,5$ виконувати перевірку стійкості стрижня за формулами (1.6.3), (1.6.8), (1.6.11) (1.6.13) і (1.6.14), а також за формулою (1.6.5) при $\alpha \leq 0,5$ з урахуванням розрахункової зменшеної площі перерізу стінки A_d , визначеної відповідно до додатку М.

1.6.4.6 Місцеву стійкість стиснутих поясних листів (полиць) позacentрово стиснутих стрижнів слід

вважати забезпеченню, якщо значення умовної гнучкості звису полиці $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ чи поясного

листа $\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{f,1}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує відповідних значень граничної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}(\bar{\lambda}_{uf,1})$, які обчислюються за формулами табл. 1.6.4.

1.6.4.7 У випадках, коли не виконуються вимоги п. 1.6.4.6 (табл. 1.6.4) допускається:

- а) значення $\bar{\lambda}_{uf}$ і $\bar{\lambda}_{uf,1}$, обчислені за формулами табл. 1.6.4, збільшити відповідно до п. 1.6.4.5, а);
- б) для двотаврового перерізу 1-го типу і перерізу 2-го типу значення $\bar{\lambda}_{uf}$ і $\bar{\lambda}_{uf,1}$, обчислені за формулами (1.6.28) і (1.6.28, а), збільшити множенням на коефіцієнт ψ , що визначається за формулою (1.6.26); одержані при цьому значення $\psi \bar{\lambda}_{uf}$ і $\psi \bar{\lambda}_{uf,1}$ необхідно приймати не більшими за значення відповідно 0,8 і 2,0;

в) для перерізів 4-го типу значення $\bar{\lambda}_{uf}$, обчислені за формулою (1.6.30), збільшити множенням на коефіцієнт

$$\psi_1 = 2 - \frac{N}{\phi_{ey} A R_y \gamma_c}, \quad (1.6.27)$$

одержані при цьому значення $\psi_1 \bar{\lambda}_{uf}$ необхідно приймати не більшими за 0,9.

1.6.4.8 При стиску зі згином стрижня у двох головних площинах перевірку місцевої стійкості стінок і поясних листів (полиць) допускається виконувати відповідно до вимог п.п. 1.6.4.2 – 1.6.4.7 окремо для згину стрижня у кожній з площин. При цьому виконувати перевірку стійкості стрижня згідно з вимогами п. 1.6.4.5, в) не потрібно.

Таблиця 1.6.4 Гранична умовна гнучкість звису поясного листа (полиці)

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	Умова застосування формул	Гранична умовна гнучкість звису полиці $\bar{\lambda}_{uf}$ чи поясного листа $\bar{\lambda}_{uf,1}$ при умовній гнучкості стрижня $0,8 \leq \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \leq 4,0$
1		$0 \leq m_x \leq 10$	$\bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(1,5 + 0,7 \bar{\lambda}_x) m_x \quad (1.6.28)$
2			$\bar{\lambda}_{uf,1} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(5,3 + 1,3 \bar{\lambda}_x) m_x \quad (1.6.28, a)$
3		—	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10 \bar{\lambda}_x \quad (1.6.29)$
4		—	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10 \bar{\lambda}_y \quad (1.6.30)$

Позначення, прийняті в табл. 1.6.4:

$\bar{\lambda}_{ufc}$ – граничне значення умовної гнучкості звису пояса чи поясного листа центрально стиснутого елемента, що визначається згідно з вимогами п. 1.4.3.7 або п. 1.4.3.8 відповідно.

Примітки:

1. При значеннях $10 < m_x \leq 20$ значення $\bar{\lambda}_{uf}(\bar{\lambda}_{uf,1})$ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uf}(\bar{\lambda}_{uf,1})$, обчисленими відповідно за формулами табл. 1.6.4 і згідно з п. 1.5.5.14 і п. 1.5.5.15 (при $m_x = 20$), умовно приймаючи значення N таким, що дорівнює нулю.
2. Для звисів поясних листів (полиць), обрамлених ребрами (рис. 1.4.4, п. 1.4.3.9), значення $\bar{\lambda}_{uf}$, які обчислюють за формулами табл. 1.6.4, слід збільшити множенням на коефіцієнт 1,5.
3. При значеннях при $\bar{\lambda}_x < 0,8$ або $\bar{\lambda}_x > 4,0$ у формулах табл. 1.6.4 слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) = 0,8$ або $\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) = 4,0$.

1.7 Розрахунок опорних плит

1.7.1 Генеральні розміри (габарити) опорної плити необхідно визначати з умови розрахунку на міцність фундаменту. Передача розрахункового зусилля на опорну плиту може здійснюватись через фрезерований торець колони, що обпирається на стругану поверхню опорної плити (в базах з фрезерованим торцем), або через зварні шви (у базах з траверсами і консольними ребрами).

1.7.2 Товщину опорної плити слід визначати з умови міцності при згині за формулою

$$t \geq \sqrt{\frac{6M_{\max}}{R_y \gamma_c}}, \quad (1.7.1)$$

де γ_c – коефіцієнт умов роботи опорної плити, що визначається за табл. 1.1.1;

$M_{\max}$ – найбільший із згинальних моментів M , що діють на різних ділянках опорної плити і визначаються за формулами додатка Н.

1.8 Розрахунок опорних частин

1.8.1 Розрахунок на зминання в циліндричних шарнірах (цапфах) балансирних опор слід виконувати за формулою:

$$\frac{F}{1,25rlR_p\gamma_c} \leq 1, \quad (1.8.1)$$

де F – тиск (сила) на опору;

r, l – відповідно радіус і довжина шарніра;

R_p – розрахунковий опір місцевому зминанню при щільному дотиканні, що приймається за вимогами п. 1.3.1.

1.8.2 Розрахунок на діаметральне стиснення катків необхідно виконувати за формулою:

$$\frac{F}{ndlR_{cd}\gamma_c} \leq 1, \quad (1.8.2)$$

де n – кількість катків;

d, l – відповідно діаметр і довжина катка;

R_{cd} – розрахунковий опір діаметральному стиску при вільному дотиканні, що приймається за вимогами п. 1.3.1.

1.9 Розрахункові довжини і граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій

1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм, в'язей і структурних конструкцій

1.9.1.1 Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$ стиснутих елементів конструкцій плоских ферм і в'язей у їхній площині та з площини (рис. 1.9.1, *a, б, в, г*), за винятком елементів, зазначених у п. 1.9.1.2 і п. 1.9.1.3, слід приймати за табл. 1.9.1.

1.9.1.2 Розрахункову довжину $l_{ef,1}$ елемента ферми із площини конструкції, по довжині якого діють зусилля стиску N_1 і N_2 ($N_1 > N_2$) (рис. 1.9.2), необхідно визначати за формулою

$$l_{ef,1} = \left(0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right) l_1. \quad (1.9.1)$$

При цьому розрахунок загальної стійкості елемента слід виконувати на дію поздовжнього зусилля N_1 . Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$ елементів постійного по довжині перерізу, розкріплених в'язями на ділянках однакової довжини, в яких діють різні поздовжні зусилля, допускається визначати згідно з табл. С1 додатка С.

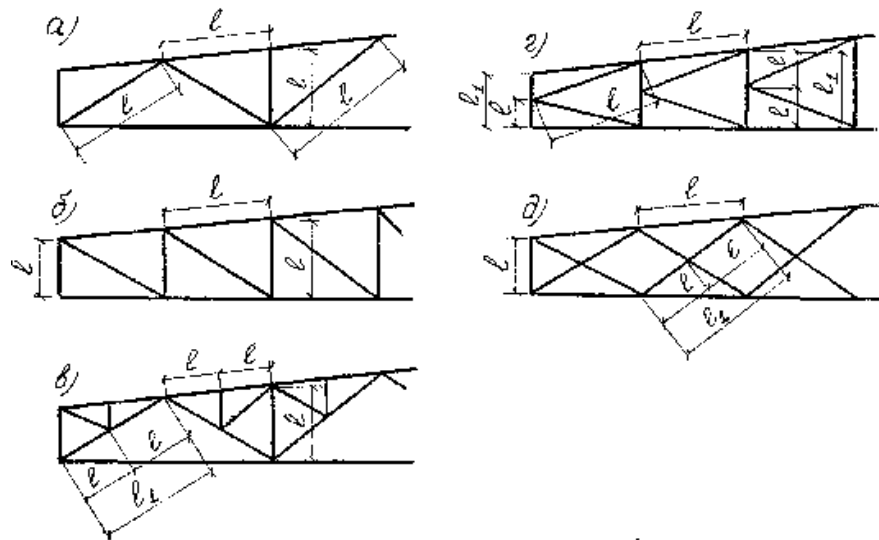


Рис. 1.9.1. Схема ґраток ферм для визначення розрахункових довжин стиснутих елементів:

a – трикутна зі стійками; *б* – розкісна; *в* – трикутна зі шпренґелями;

г – напіврозкісна трикутна; *д* – хрестова

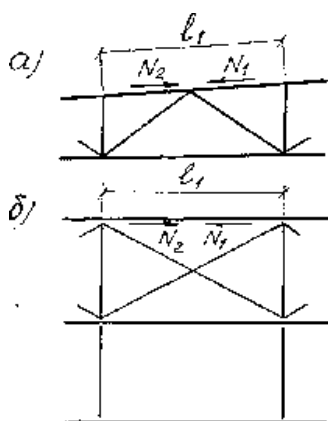


Рис. 1.9.2. Схема для визначення розрахункових довжин пояса ферми:
 а – схема ферми; б – схема поперечних горизонтальних в'язей між фермами (вид зверху)

1.9.1.3 Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$ розкосів ферми із хрестовою ґраткою за наявності з'єднань у вузлах перетину елементів ґратки (рис. 1.9.1, д), слід приймати:

- у площині ферми – такими, що дорівнюють відстані між центрами вузлів кріплення розкосу до пояса ферми і перетину елементів ґратки ($l_{ef} = l$);
- з площини ферми: для стиснутих елементів – за табл. 1.9.2; для розтягнутих елементів – такими, що дорівнюють відстані між вузлами кріплення елементів ґратки до нижнього і до верхнього поясів ферми ($l_{ef,1} = l_1$).

Таблиця 1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм і в'язей

Напрямок позовжнього згину елемента ферми	Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$		
	поясів	опорних розкосів і опорних стійок	решти елементів ґраток
1. У площині ферми l_{ef}			
а) для ферм, окрім зазначених у поз. 1, б	l	l	$0,8 l$
б) для зварних ферм, елементи якої виконані з одиничних кутиків, і ферм з прикріпленням елементів ґратки до поясів впритул	l	l	$0,9 l$
2. У напрямку перпендикулярному до площини ферми (з площини ферми) $l_{ef,1}$:			
а) для ферм, окрім зазначених у поз. 2, б	l_1	l_1	l_1
б) для ферм з поясами з замкнутих профілів з прикріпленням елементів ґратки до поясів впритул	l_1	l_1	$0,9 l_1$
3. У будь-якому напрямку для зварних ферм, елементи якої виконані з одиничних кутиків, при однакових відстанях між точками закріплення елементів у площині та з площини ферми ($l_{ef} = l_{ef,1}$)	$0,85 l$	l	$0,85 l$
Позначення, прийняті в табл. 1.9.1: l – геометрична довжина елемента (відстань між центрами найближчих вузлів) у площині ферми; l_1 – відстань між вузлами закріпленими від зміщення в площині ферми (поясами ферм, спеціальними зв'язками, жорсткими плитами покриттів, прикріпленими до пояса зварними швами або болтами тощо).			

Таблиця 1.9.2 Розрахункові довжини елементів перехресної ґратки

Конструкція вузла перетину елементів ґратки	Розрахункові довжини $l_{ef,1}$ із площини ферми при підтримувальному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва елементи не перериваються	l	$0,7 l_1$	l_1
Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою:			
- розглядуваний елемент не переривається	$0,7 l_1$	l_1	$1,4 l_1$
- розглядуваний елемент переривається і перекривається фасонкою	$0,7 l_1$	—	—
Позначення, прийняті в табл.1.9.2: l – відстань між центрами вузлів кріплення елемента ґратки до пояса ферми і перетину елементів; l_1 – відстань між вузлами кріплення елемента ґратки до нижнього і до верхнього пояса ферми.			

1.9.1.4 Радіус інерції i перерізів елементів із одиночних кутиків при визначенні гнучкості слід приймати рівним:

- мінімальному радіусу інерції ($i = i_{\min}$) – при розрахунковій довжині елемента не меншій за $0,85 l$ (де l – відстань між центрами найближчих вузлів);
- радіусу інерції кутика відносно його осі, що проходить перпендикулярно або паралельно площині ферми ($i = i_x$ або $i = i_y$) залежно від орієнтації площини згину ферми – у решті випадків.

1.9.1.5 Розрахункові довжини l_{ef} елементів структурних конструкцій слід приймати за табл. 1.9.3.

Радіуси інерції перерізів i елементів структурних конструкцій при визначенні гнучкості слід приймати рівними:

- радіусу інерції кутика відносно його осі, що проходить перпендикулярно або паралельно площині ферми ($i = i_x$ або $i = i_y$) – для стиснутих елементів, що сприймають позавузлове поперечне навантаження;
- мінімальному радіусу інерції ($i = i_{\min}$) – у решті випадків.

Таблиця 1.9.3 Розрахункові довжини елементів структурних конструкцій

Елементи структурних конструкцій	Розрахункова довжина l_{ef}
1. Окрім зазначених у поз. 2 і 3	l
2. Нерозрізні (що не перериваються у вузлах) пояси, а також елементи поясів і ґраток, що прикріплюються у вузлах зварюванням впритул до кульових або циліндричних вузлових елементів	$0,85 l$
3. З одиночних кутиків, що прикріплюються у вузлах однією полицею:	
а) зварними швами або болтами (не менш, як двома), розміщеними вздовж елемента, при $l/i_{\min}$:	
- до 90 включно	l
- понад 90 до 120 включно	$0,90 l$
- понад 120 до 150 включно (лише для елементів ґратки)	$0,75 l$
- понад 150 до 200 включно (лише для елементів ґратки)	$0,70 l$
б) одним болтом при $l/i_{\min}$:	
- до 90 включно	l
- понад 90 до 120 включно	$0,95 l$

Елементи структурних конструкцій	Розрахункова довжина l_{ef}
- понад 120 до 150 включно (лише для елементів ґратки)	0,85 l
- понад 150 до 200 включно (лише для елементів ґратки)	0,80 l

Позначення, прийняте в табл. 1.9.3:
 l – геометрична довжина елемента (відстань між центрами вузлів структурної конструкції).

1.9.2 Розрахункові довжини елементів просторових ґратчастих конструкцій

1.9.2.1 Розрахункові довжини l_{ef} і радіуси інерції перерізів i стиснутих і ненавантажених елементів просторових конструкцій (рис. 1.9.3), виконаних з одиночних рівнополічкових кутиків при визначенні гнучкості слід приймати за табл. 1.9.4 з урахуванням табл. 1.9.5 і 1.9.6.

1.9.2.2 Розрахункові довжини l_{ef} і радіуси інерції i стиснутих елементів, виконаних з одиночних рівнополічкових кутиків, при визначенні гнучкості слід приймати:

- для поясів – за табл. 1.9.4;
- для розкосів хрестової ґратки за рис.1.9.3, *а, б*: у площині грані – такими, що дорівнюють довжині l_d і радіусу інерції $i_{\min}$; з площини грані – такими, що дорівнюють повній довжині розкосу l_{d1} і радіусу інерції i_x відносно осі, паралельної до площини грані;
- для розкосів за рис.1.9.3, *а, в, г, д, е* – такими, що дорівнюють довжині l_d і радіусу інерції $i_{\min}$.

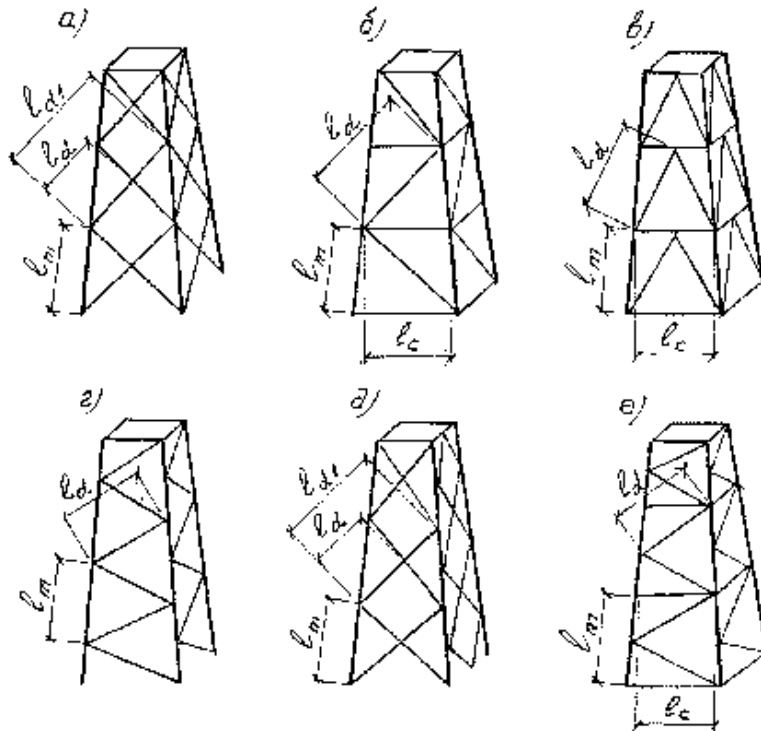


Рис. 1.9.3. Схеми просторових ґратчастих конструкцій із вузлами в суміжних гранях: *а, б, в* – суміщеними; *г, д* – не суміщеними; *е* – частково суміщеними (позначення – див. табл. 1.9.4 і 1.9.5)

Таблиця 1.9.4 Розрахункові довжини просторових конструкцій, елементи якої виконані з одиночних рівнополичкових кутиків

Елементи просторових конструкцій	l_{ef}	i
Пояси: - за рис. 1.9.3, а, б, в - за рис. 1.9.3 г, д - за рис. 1.9.3, е	l_m $0,73 l_m$ $0,64 l_m$	i_{min} i_{min} i_{min}
Розкоси: - за рис. 1.9.3, а, д - за рис. 1.9.3, б, в, г, е,	$\mu_d l_{dc}$ $\mu_d l_d$	i_{min} i_{min}
Розпірки: - за рис. 1.9.3, б, е - за рис. 1.9.3, в	$0,80 l_c$ $0,73 l_c$	i_{min} i_{min}
Позначення, прийняті в табл. 1.9.4 (рис. 1.9.3): l_{dc} – умовна довжина, що приймається за табл. 1.9.5; μ_d – коефіцієнт розрахункової довжини, що приймається за табл. 1.9.6. Примітка Розкоси за рис. 1.9.3, а, д в точках перетину повинні бути скріплені між собою зварними або болтовими з'єднаннями.		

Таблиця 1.9.5 Умовні довжини елементів просторових конструкцій

Конструкція вузла перетину елементів ґратки	Умовна довжина розкошу l_{dc} при підтримувальному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва стрижні не перериваються	l_d	$1,3 l_d$	$0,8 l_{d1}$
Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою; розглядувальний елемент не перекривається: - у конструкціях за рис. 1.9.3, а - у конструкціях за рис. 1.9.3, д	$1,3 l_d$ $(1,75 - 0,15n) l_d$	$1,6 l_d$ $(1,9 - 0,1n) l_d$	l_{d1} l_{d1}
Вузол перетину елементів закріплений від горизонтального переміщення з площини грані (діафрагмою тощо)	l_d	l_d	l_d
Позначення, прийняте в табл. 1.9.5 (рис. 1.9.3). $n = \frac{I_{m,min} l_d}{I_{d,min} l_m}$, де $I_{m,min}$ і $I_{d,min}$ – найменші моменти інерції поперечного перерізу відповідно пояса і розкошу. Примітка При $n < 1$ або $n > 3$ у формулах табл. 1.9.5 слід приймати відповідно $n = 1$ або $n = 3$.			

Таблиця 1.9.6 Коефіцієнти розрахункової довжини розкосу

Прикріплення розкосу до поясів	Значення n	Значення μ_d при $l/i_{\min}$, що дорівнює		
		до 60 включно	понад 60 до 160 включно	понад 160
Зварними швами або болтами (не менш як двома), розміщеними вдовж розкоса	До 2	1,14	$0,54 + 36 i_{\min} / l$	0,765
	Понад 6	1,04	$0,54 + 28,8 i_{\min} / l$	0,740
Одним болтом	За будь яких значеннях	1,12	$0,64 + 28,8 i_{\min} / l$	0,820

Позначення, прийняті в табл. 1.9.6:
 n – див. табл. 1.9.5;
 l – довжина, яка приймається такою, що дорівнює: l_d – для розкосів за рис. 1.9.3, б, в, г, е; l_{dc} за табл.1.9.5 – для розкосів за рис. 1.9.4, а, д.

Примітки:
1. Значення коефіцієнту μ_d при $2 \leq n \leq 6$ слід визначати за допомогою лінійної інтерполяції.
2. У випадку, коли один кінець розкосу прикріплюється до пояса без застосування фасонки за допомогою зварних або болтових з'єднань, а другий кінець – через фасонку, коефіцієнт розрахункової довжини розкосу слід приймати таким, що дорівнює $0,5(1 + \mu_d)$; при прикріпленні обох кінців розкосу до поясів через фасонки – $\mu_d = 1,0$.
3. Кінці розкосів за рис. 1.9.3, в слід прикріплювати, як правило, без застосування фасонок. У цьому випадку при їхньому прикріпленні до розпорки і пояса за допомогою зварних швів або не менше як двох болтів, розмішених вздовж довжини розкоса, значення коефіцієнта μ_d слід приймати як при $n < 2$. У випадку прикріплення кінців розкоса одним болтом значення коефіцієнта μ_d приймають за цією таблицею, а при обчисленні значення l_{ef} згідно з табл. 1.9.4 замість значення μ_d приймають значення $0,5(1 + \mu_d)$.

1.9.2.3 Розрахункові довжини l_{ef} і радіуси інерції i елементів, виконаних із труб чи парних кутиків, слід приймати відповідно до вимог п.п. 1.9.1.1 – 1.9.1.3.

1.9.3 Розрахункові довжини колон (стійок)

1.9.3.1 Розрахункові довжини l_{ef} колон (стійок) постійного по довжині перерізу або окремих ділянок ступінчастих колон слід визначати за формулою

$$l_{ef} = \mu l, \quad (1.9.2)$$

де l – геометрична довжина колони, окремої її ділянки або висота поверху;

μ – коефіцієнти розрахункової довжини.

1.9.3.2 При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини колон (стійок) значення поздовжніх сил в елементах системи слід приймати, як правило, для тієї ж самої комбінації розрахункових навантажень, для якої виконується перевірка стійкості колон (стінок) та елементів їх перерізів відповідно до вимог розділів 1.4 і 1.6 цих норм.

Допускається визначати коефіцієнт розрахункової довжини колони постійного по довжині перерізу та окремої ділянки ступінчастої колони лише для такої комбінації розрахункових навантажень, яка характеризується найбільшим значенням повздовжнього стискуючого зусилля у колоні та на окремій її ділянці, і одержані значення коефіцієнту μ використовувати для інших комбінацій навантажень.

При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини колон (стійок) рам необхідно розрізняти розкріплені (невільні) і нерозкріплені (вільні) рами. У першому випадку вузли кріплення ригелів до колон закріплені від горизонтальних переміщень у площині рами; у другому випадку – не закріплені

від таких переміщень.

Рами з жорсткими спряженням ригелів і колон та жорстким защемленням колон у фундаментах, такі що розкріплені у своїй площині елементами жорсткості (системою в'язей, стінками, жорсткими дисками покриттів і перекриттів та іншими конструкціями), слід вважати невідільними, якщо жорсткість на зсув розкріпленої елементами жорсткості рами не менш як у 6 разів перевищує відповідну жорсткість рами без розкріплювальних елементів жорсткості.

1.9.3.3 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон (стійок) постійного по довжині перерізу слід визначати залежно від умов закріплення їхніх кінців і виду навантаження. Для деяких випадків опорного закріплення і виду навантаження значення коефіцієнту μ наведені в табл. 1.9.7.

Коефіцієнти розрахункової довжини колон (стійок) постійного по довжині перерізу з пружними закріпленнями кінців слід визначати за формулами, наведеними у табл. С2 додатку С.

Таблиця 1.9.7 Коефіцієнти розрахункової довжини стійок

Схема опорного закріплення колон (стійок) і вид навантаження								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

1.9.3.4 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон постійного по довжині перерізу у площині вільних і невідільних рам при жорсткому спряженні ригелів з колонами і при однаковому завантаженні розміщених в одному рівні вузлів, слід визначати за формулами табл. 1.9.8.

Таблиця 1.9.8 Формули для визначення коефіцієнта розрахункової довжини колон рам

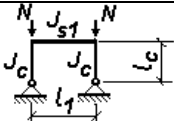
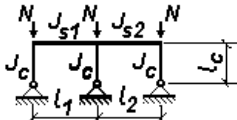
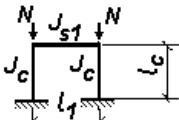
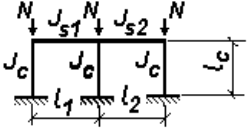
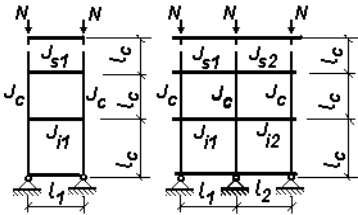
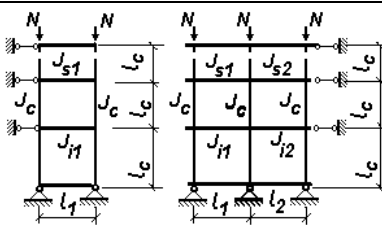
Схема рами	Коефіцієнт у формулах (1.9.3) – (1.9.7)		Коефіцієнт μ
	p	n	
Вільні рами			
	–	$\frac{I_{s1}l_c}{I_cl_1}$	$\mu = 2\sqrt{1 + \frac{0,38}{n}}$ (1.9.3)
	–	$\frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$	
	–	$\frac{I_{s1}l_c}{I_cl_1}$	$\mu = 2\sqrt{\frac{n + 0,56}{n + 0,14}}$ (1.9.4)

Схема рами	Коефіцієнт у формулах (1.9.3) – (1.9.7)		Коефіцієнт μ
	p	n	
	–	$\frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$	
	Верхній поверх $\frac{k(p_1 + p_2)}{k + 1}$ Середній поверх $\frac{k(p_1 + p_2)}{k + 1}$ Нижній поверх $\frac{2k(p_1 + p_2)}{k + 1}$	$\frac{2k(n_1 + n_2)}{k + 1}$ $\frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$ $\frac{k(n_1 + n_2)}{k + 1}$	При $n \leq 0,2$ $\mu = \frac{(p + 0,68)\sqrt{n + 0,22}}{\sqrt{0,68p(p + 0,9)(n + 0,08) + 0,1n}}; \quad (1.9.5)$ при $n > 0,2$ $\mu = \frac{(p + 0,63)\sqrt{n + 0,28}}{\sqrt{pn(p + 0,9) + 0,1n}} \quad (1.9.6)$
Невільні рами			
	Верхній поверх $0,5(p_1 + p_2)$ Середній поверх $0,5(p_1 + p_2)$ Нижній поверх $p_1 + p_2$	$n_1 + n_2$ $0,5(n_1 + n_2)$ $0,5(n_1 + n_2)$	$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(p + n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p + n) + 0,71pn}} \quad (1.9.7)$
Позначення, прийняті в табл. 1.9.8: $I_{s1}, I_{s2}, I_{i1}, I_{i2}$ – моменти інерції розрахункових перерізів ригелів, які прилягають відповідно до верхнього і нижнього кінця колони, що перевіряється; I_c, l_c – відповідно момент інерції розрахункового перерізу і геометрична довжина колони, яка перевіряється; l_1, l_2 – прольоти рами; k – кількість прольотів; $n_1 = \frac{I_{s1}l_c}{I_{c1}l_1}; n_2 = \frac{I_{s2}l_c}{I_{c2}l_2}; p_1 = \frac{I_{i1}l_c}{I_{c1}l_1}; p_2 = \frac{I_{i2}l_c}{I_{c2}l_2}.$ Примітки: 1. Для крайньої колони вільної багатопрольотної рами коефіцієнт μ слід визначати при значеннях p і n, прийнятих як для колон однопрольотної рами. 2. Для однопрольотної багатоповерхової рами при обчисленні p_2 і n_2 у формулах (1.9.5) – (1.9.7) слід приймати $p_2 = n_2 = 0$.			

1.9.3.5 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон (стійок) 1-го ярусу однопрольотних і багатопрольотних рам допускається визначати відповідно до табл. С.3 додатка С.

1.9.3.6 При відношенні $H/B \geq 6,0$ (де H – повна висота вільної багатоповерхової рами, B – ширина або загальний прольот рами) повинна бути перевірена загальна стійкість рами в цілому як консольного стрижня наскрізного перерізу, защемленого на опорі.

1.9.3.7 При нерівномірному навантаженні верхніх вузлів колон у вільній одноповерховій рамі і наявності жорсткого диска покриття або горизонтальних розпірок, розташованих по верху усіх колон і спрямованих з площини рами, коефіцієнти розрахункової довжини μ_{ef} найбільш навантаженої колони у площині рами слід визначати за формулою

$$\mu_{ef} = \mu \sqrt{\frac{I_c \sum_i N_i}{N_c \sum_i I_i}} \geq 0,7, \quad (1.9.8)$$

де μ – коефіцієнт розрахункової довжини колони, що перевіряється, обчислений за формулами (1.9.3) і (1.9.4) табл. 1.9.8;

I_c , N_c – відповідно момент інерції перерізу і поздовжнє стискуюче зусилля у найбільш навантаженої колоні розглядуваної рами;

$\sum_i N_i$, $\sum_i I_i$ – відповідно сума розрахункових поздовжніх зусиль і моментів інерції перерізів усіх колон розглядуваної рами і не більш, як чотирьох сусідніх рам (по дві з кожного боку розглядуваної рами); при цьому всі поздовжні зусилля слід визначати для тієї ж самої комбінації розрахункових навантажень, при якій в колоні, що перевіряється, виникає розрахункове поздовжнє зусилля N_c .

1.9.3.8 Коефіцієнти розрахункової довжини μ окремих ділянок ступінчастих колон у площині рами рекомендується визначати згідно з додатком Т.

При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини μ для ступінчастих колон рам одноповерхових промислових будівель допускається:

- не враховувати вплив ступеня завантаження і жорсткості сусідніх колон;
- для багатопрольотних рам (з кількістю прольотів два і більше) за наявності жорсткого диска покриття або горизонтальних поздовжніх і поперечних в'язей із розпірками, розташованими по верху всіх колон, які забезпечують просторову роботу каркасу будівлі, визначати розрахункові довжини колон як для стійок, нерухомо закріплених у рівні вузлів спряження з ригелем рами.

1.9.3.9 При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини колон рамних систем згідно з п.п. 1.9.3.3 – 1.9.3.8 допускається враховувати вплив характеру деформування системи під навантаженням відповідно до додатку С.

1.9.3.10 Розрахункові довжини колон у напрямку з площини рами рекомендується, як правило, приймати такими, що дорівнюють відстані між вузлами закріплення колони від горизонтальних переміщень з площини рами (опорами колон, підкранових балок і підкроквяних ферм, вузлами кріплення елементів в'язей і ригелів тощо). Розрахункові довжини допускається визначати на підставі розрахункової схеми, яка враховує фактичні умови закріплення колон.

1.9.3.11 Розрахункову довжину гілок плоских опор транспортерних галерей рекомендується приймати такою, що дорівнює:

- у поздовжньому напрямку галереї (з площини опори) – висоті опори (від низу бази до осі нижнього пояса ферми або балки), помноженій на коефіцієнт μ , визначений як для стійок постійного по довжині перерізу залежно від умов закріплення їхніх кінців;
- у поперечному напрямку галереї (в площині опори) – відстані між центрами вузлів; при цьому повинна бути перевірена загальна стійкість опори в цілому як консольного стрижня наскрізного перерізу, защемленого в основі.

1.9.4 Граничні гнучкості елементів

1.9.4.1 Гнучкість елемента $\lambda = l_{ef} / i$, як правило, не повинна перевищувати значення граничної гнучкості λ_u , які наводяться у табл. 1.9.9 – для стиснутих елементів і в табл. 1.9.10 – для розтягнутих елементів.

1.9.4.2 Для елементів конструкцій, які відповідно до п. 1.1.3.6 відносяться до категорії за призначенням В (див. табл. В.1 додатку В) у будівлях і спорудах I та II класів відповідальності згідно з ДБН В.1.2-14-2008, а також для всіх елементів конструкцій у будівлях і спорудах III класу відповідальності допускається збільшувати значення граничної гнучкості на 10%.

Для елементів конструкцій повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ) зазначене збільшення не допускається.

Таблиця 1.9.9 Граничні гнучкості при стиску

Елементи конструкцій	Гранична гнучкість стиснутих елементів $\bar{\lambda}_u$
1 Пояси, опорні розкоси і стійки, що передають опорні реакції:	
а) плоских ферм, структурних конструкцій і просторових конструкцій із труб або парних кутиків заввишки до 50 м	$180 - 60\alpha$
б) просторових конструкцій з одиночних кутиків, а також просторових конструкцій із труб і парних кутиків заввишки понад 50 м	120
2 Елементи, окрім зазначених у поз. 1 і 7:	
а) плоских ферм, зварних просторових і структурних конструкцій із одиночних кутиків, просторових і структурних конструкцій із труб і парних кутиків	$210 - 60\alpha$
б) просторових і структурних конструкцій із одиночних кутиків з болтовими з'єднаннями	$220 - 40\alpha$
3 Верхні пояси ферм, не закріплені у процесі монтажу (граничну гнучкість після завершення монтажу слід приймати за поз. 1)	220
4 Основні колони	$180 - 60\alpha$
5 Другорядні колони (стійки фахверку, ліхтарів тощо), елементи ґратки колон, елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче балок кранових колій)	$210 - 60\alpha$
6 Елементи в'язей, окрім зазначених у поз. 5, а також стрижні, призначені для зменшення розрахункової довжини стиснутих елементів, та інші ненавантажені елементи, окрім зазначених у поз. 7	200
7 Стиснуті і навантажені елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізу, що підлягають дії вітрових навантажень, при перевірці гнучкості у вертикальній площині	150
Позначення, прийняте в табл. 1.9.9:	
$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}$ – коефіцієнт, який приймається не меншим як 0,5 (у необхідних випадках замість φ слід застосувати φ_e).	

Таблиця 1.9.10 Граничні гнучкості при розтягу

Елементи конструкцій	Гранична гнучкість розтягнутих елементів $\bar{\lambda}_y$ при дії на конструкцію навантажень		
	динамічних, прикладених безпосередньо до конструкції	статичних	від кранів (див. прим. 5) і залізничних поїздів
1 Пояси і опорні розкоси плоских ферм (включаючи гальмові ферми) і структурних конструкцій	250	400	250
2 Елементи ферм і структурних конструкцій, окрім зазначених у поз. 1	350	400	300
3 Нижні пояси балок і ферм кранових колій	—	—	150
4 Елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче кранової колії)	300	300	200
5 Інші елементи в'язей	400	400	300
6 Пояси і опорні розкоси стійок і траверс, тяги траверс опор ліній електропередачі, відкритих розподільних пристроїв і контактних мереж транспорту	250	—	—
7 Елементи опор ліній електропередачі, відкритих розподільних пристроїв і контактних мереж транспорту, окрім зазначених у поз. 6 і 8	350	—	—
8 Елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізів (а в тягах траверс опор ліній електропередачі — з одиночних кутиків), що підлягають впливу вітрових навантажень, при перевірці гнучкості у вертикальній площині	150	—	—
Примітки: 1. У конструкціях, що не підлягають динамічним впливам, гнучкість розтягнутих елементів слід перевіряти лише у вертикальних площинах. 2. Для елементів в'язей, у яких прогин під дією власної ваги не перевищує $l/150$, при дії на конструкцію статичних навантажень допускається приймати $\lambda_y = 500$. 3. Гнучкість розтягнутих попередньо напружених елементів не обмежується. 4. Для розтягнутих елементів, в яких може змінюватись знак зусилля, граничну гнучкість слід приймати як для стиснутих елементів, при цьому з'єднувальні прокладки в елементах складеного перерізу необхідно встановлювати з кроком, що не перевищує $40i$. 5. За наявності мостових опорних кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К значення граничної гнучкості слід приймати відповідно до ГОСТ 25546. 6. Для нижніх поясів балок ферм кранових колій при кранах груп режимів роботи 1К – 6К допускається приймати $\lambda_y = 200$. 7. До динамічних навантажень, прикладених безпосередньо до конструкцій, належать навантаження, які приймаються в розрахунках на витривалість або з урахуванням коефіцієнтів динамічності.			

1.10 Розрахунок листових конструкцій

1.10.1 Розрахунок на міцність

1.10.1.1 Розрахунок на міцність листових конструкцій (оболонок обертання), які перебувають у безмоментному напруженому стані, слід виконувати за формулою

$$\frac{1}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1, \quad (1.10.1)$$

де σ_x і σ_y – нормальні напруження у двох взаємно перпендикулярних напрямках;

γ_c – коефіцієнт умов роботи конструкцій, який призначається згідно з табл. 1.1.1 цих норм.

При цьому абсолютні значення головних напружень повинні бути не більшими за значення розрахункових опорів, помножених на γ_c .

1.10.1.2 Напруження у безмоментних тонкостінних оболонках обертання (рис. 1.10.1), які перебувають під тиском рідини, газу або сипучого матеріалу, слід визначати за формулами:

$$\sigma_1 = \frac{F}{2\pi r t \cos \beta}; \quad (1.10.2)$$

$$\sigma_2 = \left(\frac{\rho}{t} - \frac{\sigma_1}{r_1} \right) r_2, \quad (1.10.3)$$

де σ_1 і σ_2 – відповідно меридіальне і кільцеве напруження;

F – проекція на вісь $z-z$ оболонки повного розрахункового тиску, що діє на частину оболонки abc (рис. 1.10.1);

r, β – радіус і кут, показані на рис. 1.10.1;

t – товщина оболонки;

ρ – розрахунковий тиск на одиницю поверхні оболонки;

r_1, r_2 – радіуси кривизни у головних напрямках середньої поверхні оболонки.

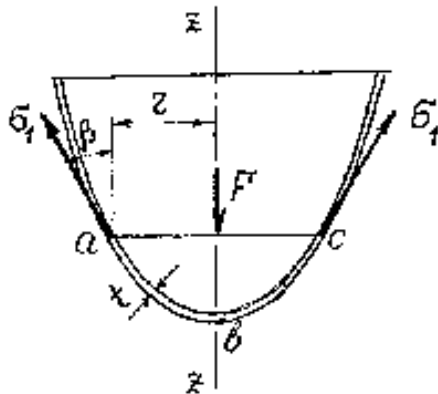


Рис. 1.10.1 Схема оболонки обертання

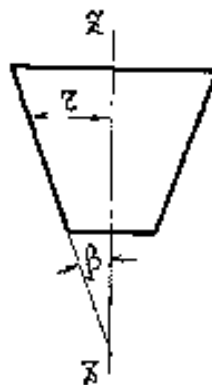


Рис. 1.10.2 Схема конічної оболонки обертання

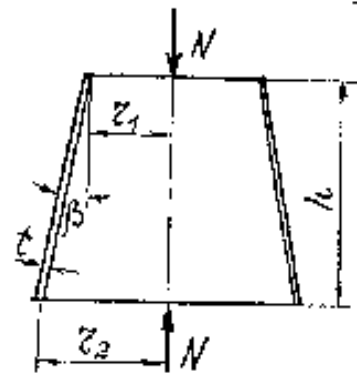


Рис. 1.10.3 Схема конічної оболонки обертання під дією поздовжнього зусилля стиску

1.10.1.3 Напруження у стиснутих безмоментних тонкостінних оболонках обертання, що перебувають під внутрішнім рівномірним тиском, слід визначати за формулами:

– для циліндричних:

$$\sigma_1 = \frac{\rho r}{2t}; \quad \sigma_2 = \frac{\rho r}{t}; \quad (1.10.4)$$

– для сферичних:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{\rho r}{2t} ; \quad (1.10.5)$$

– для конічних:

$$\sigma_1 = \frac{\rho r}{2t \cos \beta} ; \quad \sigma_2 = \frac{\rho r}{t \cos \beta} , \quad (1.10.6)$$

де ρ – розрахунковий внутрішній тиск на одиницю поверхні оболонки;

r – радіус середньої поверхні оболонки;

β – кут між твірною конуса і його віссю $z - z$ (рис. 1.10.1).

1.10.1.4 При перевірці міцності оболонок у місцях зміни їхньої форми чи товщини, а також зміни навантаження слід враховувати місцеві напруження (крайових ефект).

1.10.2 Розрахунок на стійкість

1.10.2.1 Розрахунок на стійкість замкнутих кругових циліндричних оболонок обертання, рівномірно стиснутих у паралельному до твірної напрямку, слід виконувати за формулою

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr,1} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.10.7)$$

де σ_1 – розрахункове напруження в оболонці;

$\sigma_{cr,1}$ – критичне напруження, що дорівнює:

- при $r/t \leq 300$ – меншому із значень ψR_y чи cEt/r ;
- при $r/t > 300$ – $\sigma_{cr,1} = cEt/r$;

тут r – радіус середньої поверхні оболонки; t – товщина оболонки.

Значення коефіцієнтів ψ при $0 < r/t \leq 300$ слід визначити за формулою

$$\psi = 0,97 - \left(0,00025 + 0,95 \frac{R_y}{E} \right) \frac{r}{t} . \quad (1.10.8)$$

Значення коефіцієнту c слід визначати за табл. 1.10.1.

Таблиця 1.10.1 Коефіцієнти c для розрахунку оболонок на стійкість

r/t	100	200	300	400	600	800	1000	1500	2500
c	0,22	0,18	0,16	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06

У випадку позacentрового стиску у паралельному до твірної напрямку або в разі чистого згину в діаметральній площині при значеннях дотичних напруженнях у розрахунковому перерізі, де діє найбільший згинальний момент, що не перевищують значення $0,07E(t/r)^{3/2}$, напруження $\sigma_{cr,1}$ повинно бути збільшене в $(1,1 - 0,1 \sigma'_2 / \sigma_1)$ разів, де σ'_2 – найменше напруження (при цьому, напруження розтягу необхідно приймати зі знаком «мінус»).

1.10.2.2 У трубах, що розраховуються як стиснуті або позацентрово стиснуті стрижні при умовній гнучкості $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E} \geq 0,65$ повинна бути виконана умова

$$\frac{r}{t} \leq \pi \sqrt{\frac{E}{R_y}}. \quad (1.10.9)$$

Такі труби слід розраховувати на стійкість згідно з вимогами розділів 1.4 і 1.6 незалежно від розрахунку на стійкість їх стінок. У випадку, якщо $r/t \leq 0,5\pi \sqrt{E/R_y}$, то розрахунок на стійкість стінок безшовних чи електрозварних труб не потрібен.

1.10.2.3 Циліндрична панель, обперта вздовж двох твірних і двох дугах напрямної, рівномірно стиснута вдовж твірних, при $b^2/rt \leq 20$ (де b – ширина панелі, виміряна вздовж дуги напрямної) повинна бути розрахована на стійкість як пластинка за формулами:

– при розрахунковому напруженні $\sigma \leq 0,8 R_y$:

$$\frac{b}{t} \leq 1,9 \sqrt{\frac{E}{\sigma}}; \quad (1.10.10)$$

– при розрахунковому напруженні $\sigma = R_y$:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{37}{\sqrt{1 + 500 \frac{R_y}{E}}}. \quad (1.10.11)$$

При $0,8R_y < \sigma < R_y$ найбільше відношення b/t слід визначати лінійною інтерполяцією.

Якщо $b^2/rt > 20$, то панель слід розраховувати на стійкість як оболонку відповідно до вимог п.п. 1.10.2.9.

1.10.2.4 Розрахунок на стійкість замкнутої кругової циліндричної оболонки обертання при дії зовнішнього рівномірного тиску ρ , спрямованого нормально до бічної поверхні, слід виконувати за формулою

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.10.12)$$

де $\sigma_2 = \rho r/t$ – розрахункове кільцеве напруження в оболонці;

$\sigma_{cr,2}$ – критичне напруження, що визначається за формулами:

– при $0,5 \leq l/r \leq 10$:

$$\sigma_{cr,2} = 0,55E \frac{r}{l} \left(\frac{t}{r} \right)^{3/2}, \quad (1.10.13)$$

– при $l/r \geq 20$:

$$\sigma_{cr,2} = 0,17E \left(\frac{t}{r} \right)^2, \quad (1.10.14)$$

де l – довжина циліндричної оболонки.

При $10 < l/r < 20$ напруження $\sigma_{cr,2}$ слід визначати за лінійною інтерполяцією.

Та ж сама оболонки, але підкріплена кільцевими ребрами жорсткості, розміщеними з кроком $s \geq 0,5r$ між осями ребер, повинна бути розрахована на стійкість за формулами (1.10.12) – (1.10.14) із заміною в них значення l на значення s .

У цьому випадку повинна задовольнятися перевірка загальної стійкості ребра у своїй площині, виконана як для центрально стиснутого стрижня відповідно до вимог п. 1.4.1.3 на дію поздовжнього зусилля $N = \rho rs$ при розрахунковій довжині стрижня $l_{ef} = 1,8r$; при цьому у розрахунковий переріз ребра жорсткості слід включати ділянки оболонки завширшки $0,65t\sqrt{E/R_y}$ з кожного боку від осі ребра, а умовна гнучкість стрижня $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$ не повинна перевищувати 6,5.

При використанні одностороннього ребра жорсткості його момент інерції слід обчислювати відносно осі, що збігається з найближчою поверхнею оболонки.

1.10.2.5 Розрахунок на стійкість замкнутої кругової циліндричної оболонки обертання, яка підлягає одночасній дії зусиль, зазначених у п. 1.10.2.1 і п. 1.10.2.4, слід виконувати за формулою

$$\frac{1}{\gamma_c} \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr,1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2}} \right) \leq 1, \quad (1.10.15)$$

де $\sigma_{cr,1}$ обчислюють згідно з вимогами п. 1.10.2.1, а $\sigma_{cr,2}$ – відповідно до вимог п. 1.10.2.4.

1.10.2.6 Розрахунок на стійкість конічної оболонки обертання з кутом конусності $\beta \leq 60^\circ$, стиснутої поздовжньою силою N вдовж осі (рис. 1.10.3), слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{N_{cr}\gamma_c} \leq 1, \quad (1.10.16)$$

де N_{cr} – критична сила, що визначається за формулою

$$N_{cr} = 6,28t\sigma_{cr,1}r_m \cos^2 \beta, \quad (1.10.17)$$

тут t – товщина оболонки;

$\sigma_{cr,1}$ – значення критичного напруження, обчислене згідно з вимогами п. 1.10.2.1, із заміною радіуса r на радіус r_m , що дорівнює

$$r_m = \frac{0,9r_2 + 0,1r_1}{\cos \beta}. \quad (1.10.18)$$

1.10.2.7 Розрахунок на стійкість конічної оболонки обертання при дії зовнішнього рівномірного тиску ρ , спрямованого нормально до бічної поверхні, слід виконувати за формулою

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2}\gamma_c} \leq 1, \quad (1.10.19)$$

тут $\sigma_2 = \rho r_m / t$ – розрахункове кільцеве напруження в оболонці;

$\sigma_{cr,2}$ – критичне напруження, що визначається за формулою

$$\sigma_{cr,2} = 0,55E \frac{r_m}{h} \left(\frac{t}{r_m} \right)^{3/2}, \quad (1.10.20)$$

де r_m – радіус, що визначається за формулою (1.10.18);
 h – висота конічної оболонки (між основами).

1.10.2.8 Розрахунок на стійкість конічної оболонки обертання, що підлягає одночасній дії навантажень, зазначених в п. 1.10.2.6 і п. 1.10.2.7, слід виконувати за формулою

$$\frac{1}{\gamma_c} \left(\frac{N}{N_{cr}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2}} \right) \leq 1, \quad (1.10.21)$$

де значення N_{cr} і $\sigma_{cr,2}$ слід обчислювати за формулами (1.10.17) і (1.10.20) відповідно.

1.10.2.9 Розрахунок на стійкість повної сферичної оболонки (чи її сегмента) при $r/t \leq 750$ і дії зовнішнього рівномірного тиску p , спрямованого нормально до її поверхні, слід виконувати за формулою

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.10.22)$$

де $\sigma = pr/2t$ – розрахункове напруження;

$\sigma_{cr} = 0,1Et/r$ – критичне напруження, що приймається не більшим за значення R_y ;
тут r – радіус серединної поверхні сферичної оболонки.

1.10.3 Основні вимоги до розрахунку сталевих мембранних конструкцій

1.10.3.1 Розрахунок мембранних конструкцій повинен виконуватися з урахуванням спільної роботи мембрани і елементів контуру, їхнього деформованого стану, геометричної і конструктивної нелінійності мембрани, а також зміни розрахункової схеми конструкції, що обумовлена прийнятою послідовністю монтажу, силових і температурних впливів.

1.10.3.2 При розрахунку мембранних конструкцій обпирання кромek мембрани на пружні елементи контуру слід вважати шарнірним вздовж лінії обпирання і спроможним передавати зсув на елементи контуру.

1.10.3.3 Нормальні і дотичні напруження, розподілені вздовж кромek мембрани, слід вважати урівноваженими стиском і згином опорного контуру в тангенціальній площині.

1.10.3.4 Товщина мембрани визначається розрахунком відповідно до вимог п. 1.10.1.1 з урахуванням можливих відхилень товщини і міцнісних характеристик тонколистового прокату від нормативних значень, нормованих розмірів геометричних недосконалостей, обумовлених застосуванням прийнятого методу монтажу. При розрахунку прольотної частини покриття слід обмежуватися пружною стадією роботи матеріалу.

При розрахунку на міцність за формулою (1.10.1) коефіцієнт умов роботи γ_c конструкцій при врахуванні відхилення геометричних розмірів і міцнісних властивостей листового прокату, початкових геометричних недосконалостей може бути уточнений за формулою

$$\gamma_c \approx \gamma_c(t) \gamma_c(g),$$

$\gamma_{c(t)}$ – складова коефіцієнта умов роботи конструкцій γ_c , що враховує відхилення геометричних розмірів і міцнісних властивостей листового прокату від нормативних значень, і приймається за табл. 1.10.2;

$\gamma_{c(g)}$ – складова коефіцієнта умов роботи конструкцій γ_c , що враховує відхилення поверхні оболонки від проектної геометрії і приймається за табл. 1.10.3.

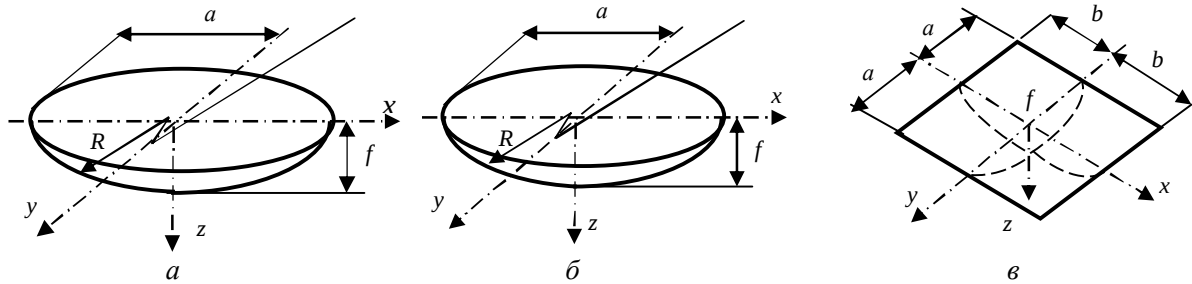


Рис. 1.10.4 Геометрія поверхні оболонки позитивної гаусової кривини:
а – на круглому плані, б – на овальному плані, в – на прямокутному плані

Таблиця 1.10.2 Коефіцієнт $\gamma_{c(t)}$, що враховує мінливість геометричних і міцнісних характеристик листового прокату класу С255 за ГОСТ 27772

План	Тип контуру	Зони		
		приконтурна	периферійна	центральна
прямокутний	гнучкий	0,92 (0,94)	0,96 (0,97)	0,98 (0,99)
	жорсткий	0,93 (0,95)	0,95 (0,96)	0,90 (0,93)
круглий	нерухомий	0,96 (0,97)	0,94 (0,95)	0,92 (0,93)
	підатливий	0,94 (0,95)	0,90 (0,93)	0,88 (0,91)

1.10.3.5 Нормальні та дотичні напруження, розподілені по краям мембрани, слід вважати урівноваженими стиском і згином опорного контуру в тангенціальній площині.

При розрахунку опорних елементів контуру мембранних конструкцій слід враховувати:

- згин у тангенціальній площині;
- осьовий стиск в елементах контуру;
- стиск, обумовлений дотичними напруженнями, спрямованими вздовж лінії контакту мембрани з елементами контуру;
- вигин у вертикальній площині.

Таблиця 1.10.3 Коефіцієнт $\gamma_{c(g)}$, що враховує відхилення від проектної геометрії поверхні оболонки, виконаної з листового прокату класу С255 та С345 за ГОСТ 27772

План	Контур	Зона	Ділянка зони	Значення $\gamma_{c(g)}$ для $\Delta\bar{z}$		
				0,02f	0,04f	0,08f
Прямокутний	Гнучкий	Приконтурна	Кутова	0,99 (0,99)	0,80 (0,85)	0,67 (0,76)
			Інші	0,99 (0,99)	0,85 (0,89)	0,75 (0,81)
		Периферійна	На відстані $a/4$	0,97 (0,98)	0,76 (0,85)	0,65 (0,73)
			Інші	0,98 (0,99)	0,90 (0,92)	0,78 (0,84)
	Жорсткий	Центральна	Усі	0,97 (0,97)	0,91 (0,94)	0,86 (0,90)
		Приконтурна	Кутова	0,96 (0,97)	0,93 (0,95)	0,65 (0,75)
			Інші	0,96 (0,97)	0,75 (0,82)	0,60 (0,70)
		Периферійна	На відстані $a/4$	0,97 (0,98)	0,76 (0,85)	0,65 (0,73)

План	Контур	Зона	Ділянка зони	Значення $\gamma_{c(g)}$ для $\Delta\bar{z}$		
				0,02f	0,04f	0.08f
		Периферійна	На відстані $a/4$	0,93 (0,95)	0,91 (0,94)	0,65 (0,75)
			Інші	0,96 (0,97)	0,85 (0,90)	0,70 (0,80)
Центральна	Усі	0,98 (0,99)	0,92 (0,94)	0,60 (0,70)		
План	Контур	Зона	Значення $\gamma_{c(g)}$ для $\Delta\bar{z}$			
			0,00027R	0,00038R	0,00107R	
Круглий	Нерухомий	Приконтурна	0,99 (0,99)	0,98 (0,99)	0,98 (0,98)	
		Периферійна	0,95 (0,96)	0,94 (0,95)	0,91 (0,94)	
		Центральна	0,77 (0,83)	0,75 (0,82)	0,72 (0,80)	
	Піддатливий	Приконтурна	1,08 (1,06)	1,07 (1,05)	0,99 (1,01)	
		Периферійна	1,05 (1,04)	1,00 (1,00)	0,92 (0,95)	
		Центральна	1,07 (1,05)	0,96 (0,97)	0,83 (0,88)	
Позначення, прийняті в табл. 1.10.3: $\Delta\bar{z}$ – середній розмір відхилень від проектної геометрії; f – початкова стріла провисання (рис. 1.10.4); R – початковий радіус кривизни поверхні для покриттів на круглому та овальному плані рис. 1.10.4,а, б); a – характерний розмір плану оболонки (рис. 1.10.4).						
Примітка. Значення у дужках наведені для сталі класу С345 за ГОСТ 27772-88.						

1.10.3.6 При прикріпленні мембрани з ексцентриситетом відносно центра ваги перерізу елементів опорного контуру в розрахунку останнього, окрім факторів, зазначених у п. 1.10.3.5, необхідно враховувати кручення.

1.10.3.7 При визначенні напружень у центрі круглих у плані плоских мембран допускається приймати, що опорний контур є недеформованим.

1.10.3.8 Для визначення напружень у центрі еліптичної мембрани, закріпленої на деформованому контурі, допускається застосовувати вимоги п. 1.10.3.4 за умови заміни значення радіуса значенням більшої головної півосі еліпса (при цьому, відношення більшої півосі еліпса до меншої не повинно перевищувати 1,2).

1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість

1.11.1 Сталеві конструкції та елементи, які безпосередньо сприймають багатократно діючі рухомі, вібраційні чи іншого виду змінні навантаження з кількістю циклів навантажень 10^5 і більше, що можуть призвести до явища утомленості, слід проектувати з врахуванням вимог до матеріалу, технології виготовлення, із застосуванням конструктивних рішень, що не викликають значної концентрації напружень, і перевіряти розрахунком на витривалість.

До конструкцій такого типу слід відносити: балки кранових колій, балки робочих площадок, елементи конструкцій бункерних і розвантажувальних естакад, конструкції, на яких встановлені двигуни, конструкції висотних споруд (типу антен, димових труб, щогл, башт тощо), підйомно-транспортні споруди, інші конструкції, що сприймають динамічні змінні навантаження.

Кількість циклів навантажень слід приймати за технологічними вимогами експлуатації або існуючими даними з історії навантаження.

Для конструкцій висотних споруд (типу антен, димових труб, щогл, башт тощо) і підйомно-транспортних споруд, опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ), при розрахунку на витривалість слід враховувати зміну напружень, яка

відбувається при коливаннях конструкції впоперек напрямку вітрового потоку в режимах вітрового резонансу.

Сталеві конструкції та їхні елементи, які безпосередньо сприймають навантаження з кількістю циклів навантажень меншою за 10^5 , слід проектувати із застосуванням конструктивних рішень, що виключають значну концентрацію напружень.

Розрахунок конструкцій на витривалість слід виконувати на дію навантажень, регламентованих вимогами ДБН В.1.2-2:2006.

1.11.2 Розрахунок сталевих конструкцій на витривалість виконується у формі оцінювання довговічності T (терміну служби), при якій виконується умова міцності, записана у вигляді

$$a_T \leq 1, \quad (1.11.1)$$

де a_T – накопичене пошкодження від утомленості за термін служби T .

1.11.3 Для характерних умов експлуатації конструкції виділяються типові проектні режими навантаження, які повинні відображати основні закономірності зміни рівня і повторюваності змінних напружень у її елементах.

Кожний i -й типовий проектний режим навантаження задається:

- середнім значенням динамічних напружень σ_i у розрахунковому перерізі;
- мінімальним $\sigma_{\min,i}$ і максимальним $\sigma_{\max,i}$ рівнями напружень у розрахунковому перерізі;
- коефіцієнтом асиметрії напружень $\rho_i = \sigma_{\min,i} / \sigma_{\max,i}$;
- кількістю циклів цих напружень n_i .

У випадку відсутності даних з проектної історії навантаження значення σ_i допускається визначати за формулою

$$\sigma_i = K \sigma_{cm}, \quad (1.11.2)$$

де K – коефіцієнт, що приймається за табл. У1 додатку У;

σ_{cm} – найбільше за абсолютним значенням напруження у розрахунковому перерізі, обчислене за перерізом нетто і без урахування коефіцієнтів динамічності і коефіцієнтів, які використовуються при розрахунках на стійкість.

1.11.4 Накопичене пошкодження від утомності a_T за час T визначається за формулою

$$a_T = \sum_{i=1}^l \frac{n_i}{N_i}, \quad (1.11.3)$$

де l – кількість типових режимів;

N_i – гранично допустима кількість циклів при напруженнях σ_i , які обчислюються за формулою

$$N_i = \frac{A_p}{\ln \left[\frac{2\sigma_i}{(1-\rho_i)R_p} \right]} - B_p, \quad (1.11.4)$$

R_p – розрахункова межа витривалості розрахункового перерізу, яка визначається за 1.11.5;

A_p і B_p – параметри, що визначаються за табл. У2 додатка У.

1.11.5 За конструктивно-технологічними ознаками основний метал, зварні з'єднання, з'єднання на високоміцних болтах, елементами і вузлами конструкцій з урахуванням дії зусиль відносно розрахункового перерізу поділяють на сім груп (див. табл. У.3 додатка У).

Значення межі витривалості R_p для груп елементів за табл. У.3 додатка У визначається формулою

$$R_p = \frac{2\sigma_{-1}}{2 - D_N (1 + \rho)} \left(1 - 1,63 \frac{S_{\sigma_{-1}}}{\sigma_{-1}} \right). \quad (1.11.5)$$

Значення параметрів у формулі (1.11.5) приймаються:

σ_{-1} і D_N – за табл. У.4 додатка У;

$S_{\sigma_{-1}}$ – за табл. У.5. додатка У.

1.12 Проектування з'єднань сталевих конструкцій

1.12.1 Зварні з'єднання

1.12.1.1 При проектуванні сталевих конструкцій зі зварними з'єднаннями слід:

- застосовувати мінімально необхідну кількість зварних швів і призначати їх мінімальні розміри;
- забезпечувати вільний доступ до місць виконання зварних з'єднань з урахуванням вибраного виду і технології зварювання.

1.12.1.2 Основні типи, конструктивні елементи і розміри зварних з'єднань слід приймати згідно з ГОСТ 5264, ГОСТ 8713, ГОСТ 11533, ГОСТ 11534, ГОСТ 14771, ГОСТ 14776, ГОСТ 23518.

1.12.1.3 При виборі електродів чи зварювального дроту рекомендується враховувати групи конструкцій, наведені в додатку В.

1.12.1.4 Зварні стикові з'єднання листових деталей рекомендується, як правило, проектувати прямими з повним проваром, із застосуванням вивідних планок, які виготовляються з того самого прокату, що й основний метал. У монтажних умовах допускається одностороннє зварювання з підварюванням кореня шва. Зварювання на сталевій підкладці, що залишається, може бути застосована тільки для конструкцій 3-ї і 4-ї груп.

1.12.1.5 Розміри зварних кутових швів і конструкція з'єднання повинні задовольняти таким вимогам:

а) катет кутового шва k_f (рис. 1.12.1) повинен задовольняти вимогам розрахунку і бути, як правило, не меншим за зазначений у табл. 1.12.1;

катет шва у тавровому двосторонньому, а також у напустковому і кутовому з'єднаннях допускається приймати меншим за вказаний у табл. 1.12.1, але не меншим за 4 мм, при цьому розміри шва повинні забезпечувати його несучу здатність, що визначається розрахунком. Виробничим контролем повинна бути установлена відсутність дефектів, у тому числі технологічних тріщин;

б) катет кутового шва k_f (рис. 1.12.1, а) не повинен перевищувати $1,2 t$, де t – найменша з товщин зварюваних елементів;

катет шва, прокладений вздовж закругленої кромки фасонного прокату товщиною t , як правило, не повинен перевищувати $0,9 t$;

в) розрахункова довжина кутового шва повинна бути не меншою за $4 k_f$ і не меншою ніж 40 мм;

г) режим зварювання слід обирати так, щоб форма шва (рис. 1.12.1, б, в) задовольняла таким умовам: для кутового шва – $b/h \geq 1,3$; для стикового однопрохідного шва – $b/h \geq 1,5$;

д) розрахункова довжина флангового шва повинна бути не більшою ніж $85\beta_f k_f$ за винятком швів, у

яких зусилля діє вздовж усієї довжини шва (тут β_f – коефіцієнт, що приймається за табл. 1.12.1.2);

- е) розмір напустку повинен бути не менш ніж п'ять товщин найтоншого із зварюваних елементів;
- ж) співвідношення розмірів катетів кутових швів слід приймати, як правило, 1:1; при різних товщинах зварюваних елементів допускається приймати шви з неоднаковими катетами; при цьому, катети, що прилягають до тоншого елемента у з'єднанні повинні задовольняти вимоги п. 1.12.1.5, б), а катети, що прилягають до товстішого елемента у з'єднанні – вимоги п. 1.12.1.5, а);
- з) у зварних стиках елементів, що перекриваються накладками, флангові кутові шви слід не доводити до осі стику не менш як на 25 мм;
- і) у конструкціях 1-ї і 2-ї груп кутові шви слід, як правило, виконувати без підсилення з плавним переходом до основного металу;
- к) зварні стики з накладками слід виконувати за рис.1.12.2, а;
- л) відстань між паралельними зварними з'єднаннями елементів конструкцій слід встановлювати не меншою за 10δ і 100 мм, де δ – товщина деталі; приварювання ребер жорсткості і елементів ґратчастих конструкцій необхідно виконувати відповідно до рис.1.12.2, б.

1.12.1.6 При проектуванні зварних з'єднань у конструкціях, що сприймають рухомі, динамічні чи вібраційні навантаження, поряд із урахуванням вимог розділу 11 цих норм, як правило, слід:

- уникати перетинів зварних швів, розміщення їх у безпосередній близькості один від одного, від місцевої зміни форми і розмірів перерізу, від зон згину, продавлених отворів і вільних кромek, утворених гільйотинним різанням;
- кутові шви виконувати з плавним переходом до основного металу;
- флангові кутові шви, що прикріплюють елементи ґратки до фасонок, виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

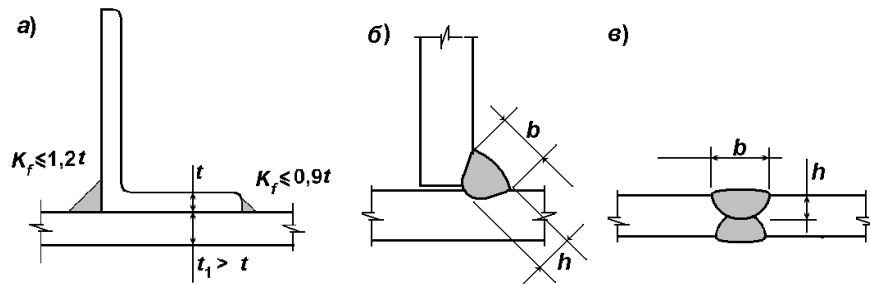


Рис. 1.12.1 Розміри зварних швів

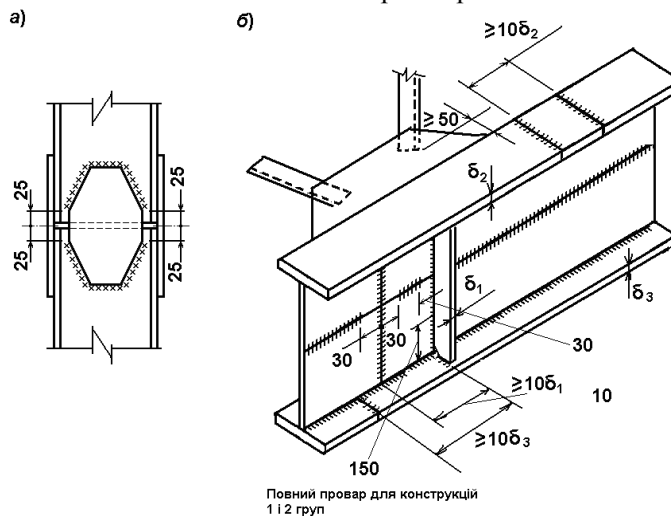


Рис. 1.12.2 Розміщення зварних швів

1.12.1.7 При проектуванні таврових і кутових зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій за наявності напружень розтягу, орієнтованих в напрямку товщини прокату, з метою зниження небезпеки розшаровування металу під зварним швом, як правило, слід:

– застосовувати сталі, рекомендовані для конструкцій 1-ї групи згідно з додатком В, з межею текучості до 390 Н/мм^2 , а також сталі з гарантованими механічними властивостями у напрямку товщини прокату за ТУ 14-1-4431 і ТУ 14-227-237;

– застосовувати зварювальні матеріали зі зниженою міцністю і підвищеною пластичністю; використовувати технологічні прийоми зварювання, спрямовані на зменшення залишкових зварювальних напружень, не застосовувати порошковий дріт;

– замінити кутові з'єднання тавровими, а в останніх забезпечувати відношення ширини звису до товщини елементів не меншою за 2; застосовувати розроблення кромки, що забезпечує зменшення об'єму наплавленого металу.

1.12.1.8 Для кутових швів, розміри яких визначені розрахунком, для елементів із сталі з межею текучості до 290 Н/мм^2 слід, як правило, застосовувати електродні матеріали, що задовольняють умовам: $R_{wf} > R_{wz}$ – при механізованому зварюванні; $1,1R_{wz} \leq R_{wf} \leq R_{wz}\beta_z/\beta_f$ – при ручному зварюванні; для елементів із сталі з межею текучості понад 290 Н/мм^2 допускається застосовувати електродні матеріали, що задовольняють умові $R_{wz} < R_{wf} < R_{wz}\beta_z/\beta_f$ (тут β_f, β_z – коефіцієнти, що залежать від технології зварювання і катета шва і визначаються за табл. 1.12.2).

1.12.1.9 Односторонні кутові шви в таврових з'єднаннях елементів із сталі з межею текучості до 390 Н/мм^2 слід, як правило, застосовувати в конструкціях, що експлуатуються в неагресивному або слабоагресивному середовищі (класифікація за СНиП 2.03.11) в опалюваних приміщеннях, окрім конструкцій у будівлях і спорудах, що належать до 1-го класу відповідальності, які зводяться в районах із сейсмічністю 8 балів і вище, а також конструкцій 1-, 2- і 3-ї груп у будівлях з мостовими опорними кранами режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К:

– для кріплення проміжних ребер жорсткості і діафрагм – у конструкціях усіх груп, окрім конструкцій 1-ї групи, що розраховуються на витривалість;

– для поясних кутових швів зварних двотаврів – у конструкціях 2- і 3-ї груп, окрім балок з умовною гнучкістю стінки $\bar{\lambda}_w > 6\sqrt{R_y/\sigma_f}$, при товщині стінки t_w у колонах і стійках до 12 мм і в балках до 10 мм, при виконанні швів механізованим зварюванням з катетом шва $k_f \geq 0,8t_w/\beta_f$;

– для всіх конструктивних елементів – у конструкціях 4-ї групи.

Односторонні кутові шви не слід застосовувати у з'єднаннях, що сприймають згинальний момент відносно поздовжньої осі шва.

Катети односторонніх швів слід приймати за розрахунком, але не меншими за вказані в табл. 1.12.1

Таблиця 1.12.1 Мінімальні катети зварних швів

Вид з'єднання	Вид зварювання	Межа текучості сталі, Н/мм^2	Мінімальний катет шва $k_{f,\min}$, мм, при товщині товстішого елемента у з'єднанні $t_{\max}$, мм						
			4...5	6...10	11...16	17...22	23...32	33...40	41...80
Таврове з двосторонніми кутовими швами; напусткове і кутове	Ручне	До 290	4	4	4	5	5	6	6
		Понад 290 до 390	4	5	6	7	8	9	10
		Понад 390 до 590	5	6	7	8	9	10	12
	Механізоване	До 290	3	4	4	5	5	6	6

Вид з'єднання	Вид зварювання	Межа текучості сталі, Н/мм ²	Мінімальний катет шва $k_{f,min}$, мм, при товщині товстішого елемента у з'єднанні t_{max} , мм						
			4...5	6...10	11...16	17...22	23...32	33...40	41...80
		Понад 290 до 390	3	4	5	6	7	8	9
		Понад 390 до 590	4	5	6	7	8	9	10
Таврове з односторонніми кутовими швами	Ручне	До 390	5	6	7	8	9	10	12
	Механізоване	До 390	4	5	6	7	8	9	10

Примітки:

1. У конструкціях із сталі з межею текучості понад 590 Н/мм², а також з усіх сталей при товщині елементів у з'єднанні понад 80 мм мінімальний катет кутових швів слід приймати за спеціальними технічними умовами.
2. У конструкціях 4-ї групи мінімальний катет односторонніх кутових швів слід зменшувати на 1 мм – при товщині товстішого елемента у з'єднанні до 40 мм і на 2 мм – при товщині товстішого елемента у з'єднанні понад 40 мм.

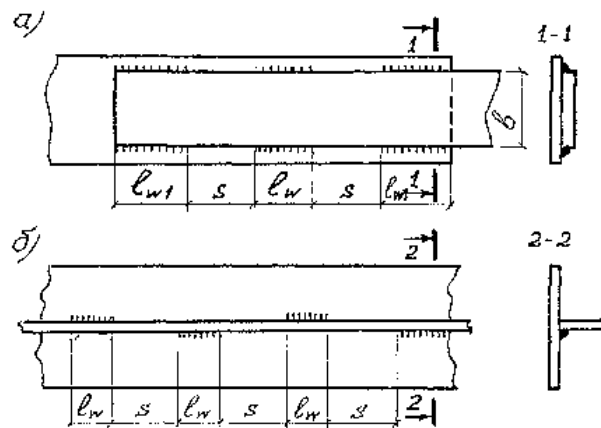


Рис. 1.12.3 Схема переривчатих кутових зварних швів:
а – у напустковому з'єднанні; б – у тавровому з'єднанні.

Таблиця 1.12.2 Коефіцієнти β_f і β_z

Вид зварювання при діаметрі зварювального дроту d , мм	Положення шва	Коефіцієнт	Значення коефіцієнтів β_f і β_z при нормальних режимах зварювання і катетах швів, мм			
			3...8	9...12	14...16	Понад І6
Автоматичне при $d = 3...5$	В човник	β_f	1,1			0,7
		β_z	1,15			1,0
	Нижнє	β_f	1,1	0,9		0,7
		β_z	1,15	1,05		1,0
Автоматичне та напівавтоматичне при $d = 1,4...2$	В човник	β_f	0,9		0,8	0,7
		β_z	1,05		1,0	
	Нижнє, горизонтальне, вертикальне	β_f	0,9	0,8	0,7	
		β_z	1,05	1,0		

Ручне, напівавтоматичне дротом суцільного перерізу при $d < 1,4$ або порошковим дротом	В човник, нижнє, горизонтальне, вертикальне, стельове	β_f	0,7
		β_z	1,0

1.12.1.10 Переривчасті кутові зварні шви допускається застосовувати у випадку надлишкової несучої здатності неперервного шва мінімального розміру при статичному навантаженні і розтягувальних напруженнях, що не перевищують $0,6 R_y$, для з'єднань у конструкціях 4-ї групи, а також у конструкціях 3-ї групи, що реконструюються за умови їх експлуатації в неагресивних або слабоагресивних середовищах.

Розміри зварного шва повинні відповідати вимогам п. 1.12.1.5. Відстань s між ділянками переривчастого зварного шва (рис. 1.12.3), як правило, не повинна перевищувати одного із значень: 150 мм, $10t_{\min}$ – у стиснутому елементі, $16t_{\min}$ – у розтягнутому елементі ($t_{\min}$ – товщина найтоншого елемента у з'єднанні). У конструкціях 4-ї групи відстань s допускається збільшувати в 1,5 рази.

При накладенні переривчастого кутового шва необхідно передбачити ділянку шва на кінцях з'єднуваних елементів (рис. 1.12.3); довжина l_{w1} такої ділянки шва в елементах складеного перерізу повинна бути не меншою за $0,75b$, де b – ширина вужчої із з'єднуваних пластин.

1.12.1.11 Кутові зварні шви, розміщені вздовж периметрів отворів чи прорізів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених п. 1.12.10, для передачі зусиль у площині напустку, запобігання втраті стійкості елементів напустку чи конструктивних з'єднань елементів.

1.12.1.12 Пробкові шви, що заповнюють наплавленим металом усю площину круглих або щілинних отворів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених п. 1.12.10, лише для запобігання втраті стійкості елементів напустку або для конструктивних з'єднань елементів. Товщина пробкового шва повинна бути: не меншою за товщину t просвердленого або прорізаного елемента, але не більшою за 16 мм; не меншою за $0,1l$, $0,45d$ чи $0,45b$, де d – діаметр отвору, l і b – довжина і ширина прорізу. При цьому діаметр отвору d і ширина прорізу b повинні задовольняти нерівності відповідно $d \geq t + 8$ мм і $b \geq t + 8$ мм. Відстань між центрами отворів чи поздовжніми осями прорізів повинна бути не меншою за $4d$ або $4b$. Розрахунковий переріз шва допускається приймати таким, що дорівнює площі отвору чи прорізу.

1.12.1.13 Застосування комбінованих з'єднань, у яких частина зсувного зусилля сприймається фрикційним з'єднанням, а частина – зварними швами, допускається при спеціальному обґрунтуванні та за умови забезпечення передачі частини зсувного зусилля через тертя, що виникає на дотичних площинах з'єднуваних елементів від натягу високоміцних болтів, для чого зварювання повинно бути виконане після остаточного затягування болтів.

Розподіл розрахункового зусилля, що діє у комбінованому з'єднанні, між фрикційним і зварним з'єднаннями допускається приймати пропорційно до їхньої несучої здатності або приймати, що фрикційне з'єднання сприймає долю зусилля, обумовлену дією постійного навантаження, а зварне – змінного. Застосування інших болтових з'єднань у комбінованих з'єднаннях не допускається.

1.12.1.14 Розрахунок зварних стикових з'єднань при дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{t l_w R_{wy} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.1)$$

де t – найменша з товщин елементів у з'єднанні;

l_w – розрахункова довжина стикового шва, що дорівнює його геометричній довжині за вирахуванням

2т. У випадку, коли кінці шва виведені за межі стика, розрахункова довжина шва приймається рівною його геометричній довжині.

При розрахунку зварних стикових з'єднань елементів із сталі з відношенням $R_u / \gamma_u > R_y$, експлуатація яких можлива і після досягнення металом межі текучості, а також із сталі з межею текучості $R_{yn} > 440 \text{ Н/мм}^2$ у формулі (1.12.1) замість R_{wy} слід приймати R_{wu} / γ_u .

Розрахунок зварних стикових з'єднань виконувати не потрібно за умов застосування зварювальних матеріалів відповідно до додатку Ж, забезпечення повного провару з'єднуваних елементів та виконання контролю якості з'єднань при розтягу фізичними методами.

1.12.1.15 Зварні стикові з'єднання, виконані без контролю їх якості фізичними методами, при одночасній дії в розрахунковому перерізі шва нормальних σ_{wx} і σ_{wy} і дотичних τ_{wxy} напружень слід перевіряти за формулою (1.5.4), приймаючи в ній $\sigma_x = \sigma_{wx}$, $\sigma_y = \sigma_{wy}$, $\tau_{xy} = \tau_{wxy}$, $R_y = R_{wy}$.

1.12.1.16 Розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами при дії поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання, слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох розрахункових площин (рис. 1.12.4) за формулами:

$$- \text{ при } \frac{\beta_f R_{wf}}{0,45 \beta_z R_{un}} \leq 1 - \text{ у площині наплавленого металу}$$

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} \leq 1; \quad (1.12.2)$$

$$- \text{ при } \frac{\beta_f R_{wf}}{0,45 \beta_z R_{un}} > 1 - \text{ у площині металу межі сплавлення}$$

$$\frac{N}{\beta_z k_f l_w R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.3)$$

де l_w – розрахункова довжина кутового шва, що дорівнює його сумарній геометричній довжині за вирахуванням двох катетів шва $2k_f$ або 1 см на кожен неперервну ділянку шва;

β_f і β_z – коефіцієнти, значення яких приймаються за табл. 1.12.2.

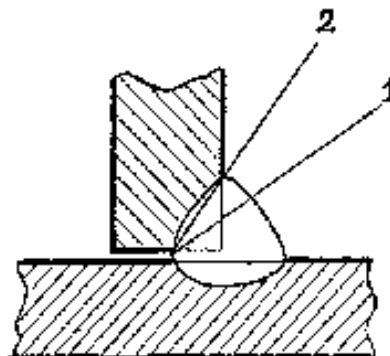


Рис. 1.12.4 Поперечний розріз кутового шва із зазначенням умовних площин руйнування:
1 – площа наплавленого металу (металу шва); 2 – площа металу межі сплавлення

1.12.1.17 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії згинального моменту M у площині,

перпендикулярній до площини розташування швів, слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох умовних площин (рис. 1.12.4) за формулами:

- у площині наплавленого металу

$$\frac{M}{W_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1; \quad (1.12.4)$$

- у площині металу межі сплавлення

$$\frac{M}{W_z R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.5)$$

де W_f і W_z – моменти опору розрахункових перерізів кутових швів у зварному з'єднанні відповідно за металом шва і за металом межі сплавлення.

1.12.1.18 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії згинального моменту M у площині розташування цих швів слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох умовних площин (рис. 1.12.4) за формулами:

- у площині наплавленого металу

$$\frac{M}{\left(I_{fx} + I_{fy} \right) R_{wf} \gamma_c} \sqrt{x^2 + y^2} \leq 1; \quad (1.12.6)$$

- у площині металу межі сплавлення

$$\frac{M \sqrt{x^2 + y^2}}{(I_{zx} + I_{zy}) \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (1.12.7)$$

де x і y – координати точки зварного з'єднання, яка найбільш віддалена від центра ваги O цього з'єднання (рис. 1.12.5); I_{fx} , I_{fy} – момент інерції розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні за металом шва відносно його головних осей x – x і y – y ; I_{zx} , I_{zy} – те саме, за металом межі сплавлення.

1.12.1.19 При розрахунку зварного з'єднання з кутовими швами на одночасну дію поздовжньої N і поперечної Q сил, а також згинального моменту M (рис. 1.12.5) повинні бути виконані такі умови:

$$\frac{\tau_f}{R_{wf} \gamma_c} \leq 1 \quad \text{і} \quad \frac{\tau_z}{R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.8)$$

де τ_f і τ_z – дотичні напруження в небезпечній точці розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення, що визначаються за формулою

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_Q + \tau_{My})^2}. \quad (1.12.9)$$

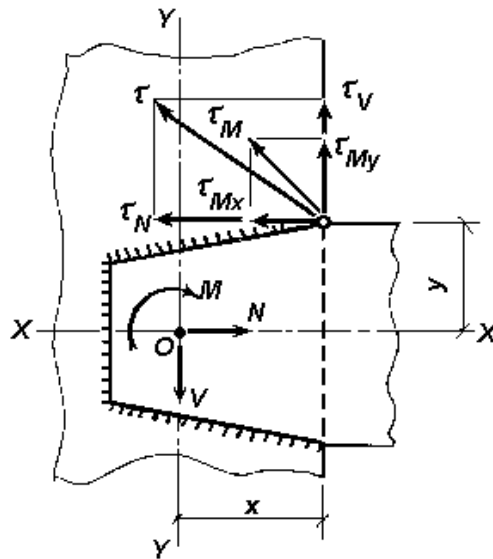


Рис. 1.12.5 Розрахункова схема зварного з'єднання з кутовими швами

1.12.1.20 Напусткові зварні з'єднання елементів завтовшки до 4 мм допускається здійснювати точковим швом дуговим зварюванням з наскрізним проплавленням; при цьому несучу здатність однієї точки слід приймати такою, що дорівнює меншому з двох граничних значень:

– при зрізі

$$N_s = 0,28d^2 R_{wun}; \quad (1.12.10)$$

– при вириві

$$N_t = \beta dt R_{un}, \quad (1.12.11)$$

де d – діаметр точкового шва у площині з'єднуваних елементів, що приймається за ГОСТ 14776; при застосуванні способу зварювання, який не регламентований ГОСТ 14776, значення d слід узгоджувати і приймати в установленому порядку; $\beta = 1,1$ – при зварюванні елементів однакової товщини; $\beta = 1,9$ – при зварюванні елементів з різними товщинами, що відрізняються у два і більше разів (при меншій різниці у товщинах значення коефіцієнту β необхідно приймати за лінійною інтерполяцією); t – товщина найтоншого елемента у з'єднанні.

1.12.2 Болтові з'єднання

1.12.2.1 Для болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати болти згідно з додатком Ж.

1.12.2.2 Болти слід розмішувати відповідно до вимог, наведених у табл. 1.12.3; при цьому болти у з'єднаннях, що розраховуються, розмішують з використанням мінімальних відстаней, а з'єднувальні конструктивні болти влаштовують, як правило, з використанням максимальних відстаней. У разі прикріплення кутика однією полицею болтами, розміщеними в шаховому порядку, отвір, найбільш

віддалений від його кінця, слід розміщувати на рисці, найближчій до обушка.
Допускається кріпити елементи одним болтом.

1.12.2.3 Болти класу точності А слід застосовувати для з'єднань, у яких отвори просвердлені на проектний діаметр у зібраних елементах або за кондукторами в окремих елементах і деталях, або просвердлені чи продавлені на менший діаметр в окремих деталях з подальшим розсвердлюванням до проектного діаметру у зібраних елементах.

Болти класів точності В і С у багатоболтових з'єднаннях слід застосовувати для конструкцій із сталі з межею текучості до 390 Н/мм².

Таблиця 1.12.3 Вимоги до розміщення болтів

Характеристика відстані та межа текучості з'єднуваних елементів	Відстань між болтами при розміщенні болтів
1. Відстань між центрами отворів для болтів у будь-якому напрямку:	
а) мінімальна:	
при $R_{yn} \leq 390 \text{ Н/мм}^2$	$2d$
при $R_{yn} > 390 \text{ Н/мм}^2$	$3d$
б) максимальна в крайніх рядах при розтягу та стиску за відсутності кутиків, розташованих вздовж кромки елементів з'єднання	$8d$ або $12t$
в) максимальна в середніх рядах, а також у крайніх рядах за наявності кутиків, розташованих вздовж кромки елементів з'єднання:	
при розтягу	$16d$ або $24t$
при стиску	$12d$ або $18t$
2. Відстань від центра отвору для болта до краю елемента	
а) мінімальна вздовж лінії дії зусилля:	
при $R_{yn} \leq 390 \text{ Н/мм}^2$	$1,5d$
при $R_{yn} > 390 \text{ Н/мм}^2$	$2,5d$
б) те саме, впоперек лінії дії зусилля:	
при обрізаних кромках	$1,5d$
при прокатних кромках	$1,2d$
в) максимальна	$4d$ або $8t$
г) мінімальна у фрикційному з'єднанні при будь-якій кромці і будь-якому напрямку зусилля	$1,3d$
3. Відстань мінімальна між центрами отворів вздовж лінії дії зусилля для болтів, розміщених у шаховому порядку	$u + 1,5d$
Позначення, прийняті в табл. 1.12.3: d – діаметр отвору для болта; t – товщина найтоншого зовнішнього елемента; u – відстань між рядами отворів впоперек лінії дії зусилля.	
Примітки: 1. Діаметр отворів слід приймати: для болтів класу точності А – $d = d_b$; для болтів класів точності В і С в конструкціях опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ) – $d = d_b + 1 \text{ мм}$, у решті випадків – $d = d_b + 3 \text{ мм}$. 2. В одноболтових з'єднаннях елементів ґратки (розкосів, стійок і розпірок, окрім тих, що постійно працюють на розтяг, при товщині елемента до 6 мм із сталі з межею текучості до 390 Н/мм ² і просвердлених отворах відстань l_1 від краю елемента до центра отвору вздовж лінії дії зусилля допускається приймати від $1,5d$ до $1,35d$ без допуску в сторону зменшення при виготовленні елементів, про що необхідно зазначити у проекті. 3. При розміщенні болтів у шаховому порядку на відстанях не менших за вказані у поз. 3 площу поперечного перерізу елемента нетто A_n слід визначати з урахуванням ослаблення його отворами, розміщеними у розрахунковому перерізі елемента, який орієнтується впоперек лінії дії зусилля. У з'єднаннях, в яких болти працюють переважно на розтяг, слід, як правило, застосовувати болти класів точності В і С або високоміцні.	

1.12.2.4 Болти, що мають по довжині ненарізної частини ділянки з різними діаметрами, не

допускається застосовувати у з'єднаннях, в яких болти працюють на зріз.

1.12.2.5 Різьба болта, що сприймає зсувне зусилля, в елементах структурних конструкцій, опор ліній електропередачі та відкритих розподільних пристроїв, а також у болтових з'єднаннях за наявності зовнішнього елемента товщиною до 8 мм, повинна знаходитись поза пакетом з'єднаних елементів; у решті випадків різьба болта не повинна заходити вглиб отвору більш ніж на половину товщини зовнішнього елемента з боку гайки або 5 мм.

1.12.2.6 Влаштування шайб на болти слід виконувати згідно з вимогами розділу 2.

У розрахункових з'єднаннях з болтами класів точності А, В і С (за винятком болтових з'єднань у допоміжних конструкціях) слід передбачити заходи проти самовідгвинчування гайок (встановлення пружинних шайб, додаткових гайок тощо).

1.12.2.7 На скошених поверхнях з'єднаних деталей і елементів (внутрішні грані полиць двотаврів і швелерів) під головки болтів і гайки слід додатково встановлювати косі шайби.

1.12.2.8 Отвори в деталях і елементах сталевих конструкцій слід виконувати згідно з вимогами розділу 2.

Діаметр отворів для болтів у елементах з прокату повинен відповідати вимогам ГОСТ 24839.

1.12.2.9 Розрахункове зусилля, яке може бути сприйняте одним болтом, слід визначати залежно від виду напруженого стану за формулами:

- при зрізі (умовному) болта

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c, \quad (1.12.12)$$

- при зминанні металу з'єднаних елементів в отворі

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t_{\min} \gamma_b \gamma_c, \quad (1.12.13)$$

- при розтягу болта

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c, \quad (1.12.14)$$

де R_{bs} , R_{bp} , R_{bt} – розрахункові опори одноболтових з'єднань;

$A_b = 0,785d_b^2$ – площа поперечного перерізу стрижня болта;

n_s – кількість розрахункових площин зрізу одного болта;

d_b – зовнішній діаметр стрижня болта;

$\sum t_{\min}$ – найменша сумарна товщина елементів у з'єднанні, які зминаються в одному напрямку;

A_{bn} – площа поперечного перерізу нетто болта за різьбою, що приймається відповідно до табл. Ж8 додатку Ж;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, який визначається за табл. 1.1.1;

γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання, який визначається за табл. 1.12.4.

1.12.2.10 При дії на болтове з'єднання поздовжньої сили N , що проходить через центр ваги з'єднання, слід приймати, що ця сила розподіляється між болтами рівномірно. У цьому разі необхідну кількість болтів у з'єднанні слід визначити за формулою

$$n \geq \frac{N}{N_{b, \min}}, \quad (1.12.15)$$

де $N_{b, \min}$ – найменше із значень N_{bs} чи N_{bp} , або значення N_{bt} , обчислені відповідно до п. 1.12.2.9.

У випадках, коли в болтовому з'єднанні відстань l між крайніми болтами вздовж лінії дії зсувного зусилля перевищує $16d$, значення n у формулі (1.12.15) слід збільшити діленням на коефіцієнт $\beta = 1 - 0,005 \left(\frac{l}{d} - 16 \right)$, що приймається не меншим за 0,75. Цю вимогу не слід враховувати у випадку,

коли болтове з'єднання влаштоване по всій довжині елемента конструкції (балки, колони) і розрахункове зусилля діє вздовж усієї довжини такого з'єднання (наприклад, у поясному з'єднанні балки).

1.12.2.11 При дії на болтове з'єднання згинального моменту, який викликає зсув з'єднаних елементів, слід приймати, що зусилля зрізу розподіляються між болтами з'єднання пропорційно до відстаней від центра ваги з'єднання до розглядуваного болта.

Зусилля в найбільш напруженому болті $N_{b, \max}$ не повинно перевищувати меншого із значень N_{bs} чи N_{bp} , обчислених згідно з п. 1.12.2.9.

Таблиця 1.12.4 Коефіцієнти умов роботи болтового з'єднання

Характеристики		Межа текучості R_{yn} сталі з'єднаних елементів, Н/мм ²	Значення $\frac{a}{d}, \frac{s}{d}$	Значення коефіцієнта γ_b
болтового з'єднання	напруженого стану			
Одноболтове, болти класу точності А, В і С або високоміцні	зріз		—	1,0
	зминання	до 290	$1,5 \leq a/d \leq 2$	$0,4a/d + 0,2$
			$1,35 \leq a/d < 1,5$	$a/d - 0,7$
		понад 290 до 390	$1,5 \leq a/d \leq 2$	$0,5a/d$
			$1,35 \leq a/d < 1,5$	$a/d - 0,25$
	понад 390	$a/d \geq 2,5$	1,0	
Багатоболтове, болти класу точності А	зріз			1,0
	зминання	до 290	$1,5 \leq a/d \leq 2$	$a/d + 0,2$
			$2 \leq s/d \leq 2,5$	$0,4s/d$
		понад 290 до 390	$1,5 \leq a/d \leq 2$	$0,5a/d$
			$2 \leq s/d \leq 2,5$	$0,5s/d - 0,25$
		понад 390	$a/d \geq 3$	1,0
			$s/d \geq 3$	1,0

Позначення, прийняті в табл. 1.12.4:

a – відстань від краю елемента до центра найближчого отвору вздовж лінії дії зусилля;

s – відстань між центрами отворів вздовж лінії дії зусилля;

d – діаметр отвору для болта.

Примітки:

1. Для розрахунку багатоболтового з'єднання на зріз і зминання при використанні болтів класів В і С, а також високоміцних болтів з нерегульованим натягом при всіх значеннях межі текучості R_{yn} сталі з'єднаних елементів значення коефіцієнта γ_b слід множити на 0,9.

2. Для розрахунку багатоболтового з'єднання на зминання значення коефіцієнту γ_b слід приймати як менше з обчислених при прийнятих значеннях a, d, s .

1.12.2.12 При одночасній дії на болтове з'єднання поздовжньої і поперечної сил та згинального

моменту, що діють в одній площині і викликають зсув з'єднаних елементів, слід визначити рівнодійне зусилля у найбільш напруженому болті, яке не повинно перевищувати меншого із значень N_{bs} чи N_{bp} , обчислених згідно з п. 1.12.2.9.

1.12.2.13 При одночасній дії на болтове з'єднання зусиль, що викликають зріз і розтяг болтів, найбільш напружений болт, поряд із розрахунком за формулами (1.12.14) і (1.12.15) слід перевіряти за формулою

$$\sqrt{\left(N_s/N_{bs}\right)^2 + \left(N_t/N_{bt}\right)^2} \leq 1, \quad (1.12.16)$$

де N_s і N_t – розрахункові зусилля відповідно зрізу і розтягу, що припадають на один болт;
 N_{bs} , N_{bt} – розрахункові зусилля, які можуть бути сприйняті одним болтом і визначаються згідно з п. 1.12.2.9 із зміною значення A_{bn} на A_b .

1.12.2.14 У болтових з'єднаннях одного елемента до іншого через прокладки чи інші проміжні елементи, а також в елементах з односторонньою накладкою кількість болтів, обчислена за (1.12.15), необхідно збільшити на 10%.

У болтових з'єднаннях виступаючих полиць кутиків або швелерів за допомогою коротишів кількість болтів, що прикріплюють коротиш до цієї полиці, необхідно збільшити на 50% порівняно з розрахунком.

1.12.2.15 Фундаментні (анкерні) болти слід перевіряти згідно з вимогами СНиП 2.09.03.

1.12.3 Фрикційні з'єднання

1.12.3.1 Фрикційні з'єднання, в яких розрахункове зусилля передається через тертя, що виникає на контактних поверхнях з'єднаних елементів внаслідок натягу високоміцних болтів, слід застосовувати :

- у конструкціях, що безпосередньо сприймають дію рухомих, вібраційних чи динамічних навантажень;
- у болтових з'єднаннях, до яких висуваються підвищені вимоги щодо обмеження деформативності.

1.12.3.2 У фрикційних з'єднаннях слід застосовувати болти, гайки і шайби відповідно до п. 1.2.2.4. Болти слід розміщувати згідно з вимогами, наведеними у табл. 1.12.3, при цьому залежно від умов складання з'єднання різниця між номінальними діаметрами болта та отвору може складати від 1 до 6 мм.

1.12.3.3 Розрахункове зусилля, яке може бути сприйняте кожною площиною тертя елементів, зтягнутих одним високоміцним болтом, слід визначати за формулою

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} A_{bn} \mu}{\gamma_h}, \quad (1.12.17)$$

де R_{bh} – розрахунковий опір розтягу високоміцного болта, що визначається за п. 1.3.8;
 A_{bn} – площа поперечного перерізу болта за різьбою, що приймається згідно з табл. Ж8 додатку Ж;
 μ – коефіцієнт тертя, що приймається за табл. 1.12.5;
 γ_h – коефіцієнт надійності, що приймається за табл. 1.12.5.

Таблиця 1.12.5 Коефіцієнти надійності і коефіцієнти тертя фрикційних з'єднань

Спосіб обробки (очищення) контактних поверхонь	Коефіцієнт тертя μ	Коефіцієнт γ_h при контролі натягу болтів за моментом закручування при навантаженні і при різниці між діаметром отвору і номінальним діаметром болта δ , мм	
		динамічний при $\delta = 3...6$; статичний при $\delta = 5...6$	динамічний при $\delta = 1$; статичний при $\delta = 1...4$
1. Дробеметальний чи дробеструменевий двох поверхонь без консервації	0,58	1,35	1,12
2. Газополум'яневий двох поверхонь без консервації	0,42	1,35	1,12
3. Сталевими щітками двох поверхонь без консервації	0,35	1,35	1,17
4. Без обробки	0,25	1,70	1,30
Примітки: 1. При контролі натягу болтів за кутом повороту гайки значення коефіцієнту γ_h слід множити на 0,9. 2. Допускаються інші способи обробки (очищення) контактних поверхонь, що забезпечують значення коефіцієнтів тертя не нижче тих, що наведені у таблиці.			

1.12.3.4 При дії на фрикційне з'єднання сили N , що викликає зсув з'єднаних елементів і проходить через центр ваги з'єднання, слід приймати, що сила розподіляється між болтами рівномірно. В цьому випадку необхідну кількість болтів у з'єднанні слід визначати за формулою

$$n \geq \frac{N}{Q_{bh} k \gamma_b \gamma_c}, \quad (1.12.18)$$

де Q_{bh} – розрахункове зусилля, що може бути сприйняте однією площиною тертя, яке обчислюється за формулою (1.12.17);

k – кількість площин тертя з'єднаних елементів;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, що приймається за табл. 1.1.1;

γ_b – коефіцієнт умов роботи фрикційного з'єднання, що залежить від кількості болтів n у з'єднанні і приймається таким, що дорівнює: 0,8 при $n < 5$; 0,9 при $5 \leq n < 10$; і 1,0 при $n \geq 10$.

1.12.3.5 При дії на фрикційне з'єднання згинального моменту, чи сили і згинального моменту, що викликають зсув з'єднаних елементів, розподіл зусиль між болтами необхідно приймати відповідно до п.п. 1.12.2.11, 1.12.2.12.

При дії у з'єднанні лише згинального моменту розподіл зусилля між болтами допускається приймати рівномірним за прямокутною епюрою.

1.12.3.6 При дії на фрикційне з'єднання поряд з силою N , що викликає зсув з'єднаних елементів, сили F , що викликає розтяг у болтах, необхідно значення коефіцієнта γ_b , що визначається згідно з п. 1.12.3.4, помножити на коефіцієнт $(1 - P/P_b)$, де P – розрахункове зусилля розтягу, що припадає на один болт, P_b – зусилля натягу болта.

1.12.3.7 Діаметр болта у фрикційному з'єднанні слід приймати, як правило, не меншим за товщину найтовстішого елемента у з'єднанні.

1.12.3.8 У проекті повинні бути вказані марки сталі та механічні властивості болтів, гайок і шайб, а

також стандарти, за яким слід виконувати натяг високоміцних болтів і яке слід приймати таким, що дорівнює $P_b = R_{bh} A_{bh}$.

1.12.3.9 При проектуванні фрикційних з'єднань слід забезпечувати вільний доступ для влаштування болтів, щільного стягування пакета болтами і закручування гайок із застосуванням динамометричних ключів, гайковертів тощо.

1.12.3.10 Для високоміцних болтів згідно з ГОСТ 22353 зі збільшеними розмірами головок болтів і гайок при різниці між діаметром отвору і номінальним діаметром болта, що не перевищує 3 мм, а в конструкціях зі сталі з тимчасовим опором не нижчим за 440 Н/мм² – 4 мм, допускається влаштування однієї шайби під гайку.

1.12.3.11 Розрахунок на міцність з'єднаних елементів фрикційного з'єднання у розрахунковому перерізі, послабленому отворами, слід виконувати з урахуванням того, що половина зусилля, яке припадає на кожний болт з'єднання, передана силами тертя. При цьому перевірку послаблених перерізів слід виконувати: при рухомих, вібраційних і динамічних навантаженнях – за площею перерізу нетто A_n ; при статичних навантаженнях – за площею перерізу брутто A при $A_n \geq 0,85 A$ або за умовною площею $A_{ef} = 1,18 A_n$ при $A_n < 0,85 A$.

1.12.4 Поясні з'єднання в балках

1.12.4.1 Зварні і фрикційні поясні з'єднання двотаврової балки слід розраховувати за формулами, наведеними у табл. 1.12.6.

При прикладанні нерухомого зосередження навантаження до верхнього пояса балки за відсутності поперечних ребер жорсткості у місцях прикладання навантаження, а також при прикладанні нерухомого зосередження навантаження до нижнього пояса незалежно від наявності ребер жорсткості в місцях прикладання навантаження поясні з'єднання слід розраховувати як для рухомого навантаження.

Зварні шви, виконані з проваром на всю товщину стінки, слід вважати рівноміцними зі стінкою.

1.12.4.2 У балках з фрикційними поясними з'єднаннями з багатолистовими поясними пакетами прикріплення кожного з листів у розрахунковому перерізі, розташованому за місцем свого теоретичного обриву, слід розраховувати на половину зусилля, яке може бути сприйняте поперечним перерізом листа. Прикріплення кожного листа у розрахунковому перерізі, розташованому на ділянці між дійсним місцем його обриву і місцем обриву попереднього листа, слід розраховувати на повне зусилля, яке може бути сприйняте поперечним перерізом листа.

Таблиця 1.12.6 Формули для розрахунку поясних з'єднань у складаних балках

Характер навантаження	Поясні з'єднання	Розрахункова формула	
Нерухоме	Зварні	$\frac{T}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1$	(1.12.19)
		$\frac{T}{n\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \leq 1$	(1.12.20)
	Фрикційні	$\frac{T_s}{Q_{bh} k \gamma_c} \leq 1$	(1.12.21)

Характер навантаження	Поясні з'єднання	Розрахункова формула	
Рухоме	Зварні (двосторонні шви)	$\frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1$	(1.12.22)
		$\frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \leq 1$	(1.12.23)
	Фрикційні	$\frac{s\sqrt{T^2 + \alpha^2 V^2}}{Q_{bh} k \gamma_c} \leq 1$	(1.12.24)

Позначення, прийняті в табл. 1.12.6:

$T = \frac{QS}{I}$ – погонне зусилля зсуву пояса, викликане поперечною силою Q (тут S – статичний момент бруто пояса балки відносно нейтральної осі);

n – кількість кутових швів: при двосторонніх кутових швах у поясних з'єднаннях – $n = 2$, при односторонніх – $n = 1$;

Q_{bh} , k – величини, що визначаються згідно з п. 1.12.3.4;

$V = \frac{\gamma_f \gamma_{f1} F_n}{l_{ef}}$ – погонний тиск від зосередженого вантажу F_n , що визначається з урахуванням вимог п. 1.5.2.2 і п. 1.5.2.3;

γ_f , γ_{f1} – коефіцієнти надійності за навантаженням, що приймаються згідно з ДБН В.1.2-2:2006 (для нерухомих вантажів $\gamma_{f1} = 1$);

s – крок поясних болтів;

α – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: $\alpha = 0,4$ – за наявності навантаження, прикладеного до верхнього пояса балки, до якого пристругана стінка, і $\alpha = 1,0$ – за відсутності приструговування стінки або за наявності навантаження, прикладеного до верхнього пояса.

1.13 Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення

1.13.1 Загальні вимоги щодо проектування сталевих конструкцій

1.13.1.1 При проектуванні сталевих конструкцій необхідно:

- передбачати в'язі, що забезпечують у процесі монтажу і експлуатації стійкість і просторову геометричну незмінюваність споруди в цілому та окремих її елементів, призначаючи їх у залежності від основних параметрів споруди і режиму експлуатації (конструктивної схеми, прогонів, типів кранів і режимів їх роботи, температурних впливів тощо);
- враховувати виробничі можливості і потужність технологічного і кранового обладнання підприємств-виробників сталевих конструкцій, а також підйомно-транспортне та інше обладнання монтажних організацій;
- передбачати монтажні кріплення елементів (монтажні столики тощо);
- у болтових монтажних з'єднаннях застосовувати болти класу точності В і С, а також високоміцні, при цьому в з'єднаннях, що сприймають значні вертикальні зусилля (кріпленнях ферм, ригелів, рам тощо), слід передбачати столики; при наявності в з'єднаннях згинальних моментів слід застосовувати болти класу точності В і С, що працюють на розтяг.

1.13.1.2 При конструюванні сталевих зварних конструкцій слід виключати можливість шкідливого впливу залишкових деформацій і напружень, у тому числі зварювальних, а також концентрації напружень, передбачаючи відповідні конструктивні рішення (з найбільш рівномірним розподілом напружень в елементах і деталях, без вхідних кутів, різких змін форми перерізу та інших концентраторів напружень) і технологічні заходи (порядок зборки і зварювання, попередні вигини, механічну обробку відповідних зон шляхом стругання, фрезерування, зачищення абразивним кругом

тощо).

1.13.1.3 У зварних з'єднаннях слід виключати можливість крихкого руйнування конструкцій у процесі їх монтажу і експлуатації в результаті несприятливого сполучення наступних факторів:

- великих місцевих напружень, викликаних впливом зосереджених деформацій чи навантажень деталей з'єднань, а також залишкових напружень;
- різких концентраторів напружень на ділянках з великими місцевими напруженнями, що орієнтовані впоперек напрямку діючих напружень розтягу;
- пониженої температури, при якій сталь в залежності від її хімічного складу, структури і товщини прокату переходить у крихкий стан.

При конструюванні зварних конструкцій слід враховувати, що конструкції із суцільною стінкою мають менше концентраторів напружень і менш чутливі до ексцентриситетів порівняно до ґратчастих конструкцій.

1.13.1.4 Сталеві конструкції необхідно захищати від корозії відповідно до вимог нормативних документів із захисту будівельних конструкцій від корозії.

1.13.2 Відстань між температурними швами

1.13.2.1 Відстань l між температурними швами сталевих каркасів одноповерхових будівель і споруд, як правило, не повинна перевищувати найбільших значень l_u , наведених у табл. 1.13.1.

1.13.2.2 Значення найбільших відстаней l_u , наведені в табл. 1.13.1 у будівлях з висотою колон h_1 або h_2 понад 12 м допускається збільшувати множенням на коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

$$\begin{aligned} \text{– вздовж блока –} \quad k_1 &= \frac{h_1}{12} \leq 1,5; \\ \text{– впоперек блока –} \quad k_2 &= \frac{h_2}{12} \leq 1,5, \end{aligned}$$

де h_1 – висота, м, колон у площині поздовжніх конструкцій каркасу (вздовж температурного блока), що дорівнює відстані від верху фундаменту до низу підкранової балки (при двоярусному розташуванні кранів – до низу підкранової балки нижнього ярусу) або до рівня обпирання несучої конструкції покриття (у будівлях без мостових опорних кранів);

h_2 – висота, м, крайньої колони у площині поперечної конструкції каркасу (впоперек температурного блока), що дорівнює відстані від верху фундаменту до рівня обпирання несучої конструкції покриття.

Таблиця 1.13.1 Найбільша відстань між температурними швами

Характеристика		Найбільша відстань l_u , м, між температурними швами для кліматичних районів із середньою місячною температурою повітря у січні	
будівлі і споруди	відстані	вищою за 0°C	нижчою за 0°C
Опалювана будівля	вздовж блока	350	280
	поперек блока	230	180
Неопалювана будівля	вздовж блока	300	240
	поперек блока	180	150
Гарячий цех	вздовж блока	230	180
	поперек блока	140	120
Відкрита естакада	вздовж осі	180	150

1.13.2.3 Вертикальні в'язі, влаштовані між колонами в межах висоти h_1 вздовж температурного блока, повинні задовольняти таким умовам:

- відстань від будь-якого торця температурного блока до осі найближчої в'язі не повинна перевищувати $0,5l_u k_1$;
- відстань між осями крайніх в'язей при їх влаштуванні в декількох місцях не повинна перевищувати $0,3l_u k_1$, де $l_u k_1$ – найбільша довжина блока відповідно до вимог п. 1.13.2.1 і п. 1.13.2.2.

1.13.2.4 Найбільші відстані l_u , що встановлюються згідно з вимогами 1.13.2.2 і 1.13.2.3, допускається збільшувати на підставі розрахунку на кліматичні температурні навантаження з урахуванням впливу стін або інших огорожувальних конструкцій, непружних деформацій конструкцій і піддатливості вузлів.

1.13.3 Ферми і структурні плити покриттів

1.13.3.1 Осі стрижнів ферм і структур повинні бути, як правило, центрованими в усіх вузлах. Центрування стрижнів у фермах і структурних плитах слід виконувати: при зварних з'єднаннях у вузлах – за центрами ваги перерізів (із округленням до 5 мм); при болтових з'єднаннях – за рисками кутиків, найближчих до обушка.

Зміщення осей елементів поясів ферм при зміні їх перерізів по довжині допускається не враховувати, якщо воно не перевищує 1,5% висоти елемента пояса меншого перерізу.

При наявності ексцентриситетів у вузлах елементи ферм і структур слід розраховувати з урахуванням дії відповідних згинальних моментів. У разі прикладання навантажень поза вузлами ферм пояси повинні бути розраховані на сумісну дію поздовжніх зусиль і згинальних моментів.

1.13.3.2 При розрахунку плоских ферм з'єднання елементів решітки з поясом у вузлах ферм допускається приймати шарнірними при типах поперечних перерізів елементів:

- з кутиків або таврів;
- двотаврових, Н-подібних і трубчастих, якщо відношення $h/l \leq 0,1$, де h – висота перерізу, l –

геометрична довжина елемента (відстань між вузлами).

При перевищенні зазначених відношень h/l слід враховувати додаткові згинальні моменти, що виникають в елементах ферми від жорсткості вузлів; при цьому допускається провадити урахування жорсткості вузлів у фермах наближеними методами, а осьові зусилля визначати за шарнірною схемою.

1.13.3.3 Відстань між краями елементів ґратки і пояса у фермах зі зварними вузловими з'єднаннями на фасонках слід приймати не меншою за $a = 6t - 20$ мм, але не більшою за 80 мм, де t – товщина фасонки, мм.

Між торцями елементів поясів ферм, що стикаються і перекриваються накладками, слід залишати зазор величиною не менш як 50 мм.

Зварні шви, які прикріплюють елементи ґратки ферм до фасонок, слід виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

1.13.3.4 У вузлах ферм з поясами з таврів, двотаврів і одиночних кутиків кріплення фасонок до полиць поясів встик слід здійснювати з проваром на всю товщину фасонки. В конструкціях 1-ї групи прилягання вузових фасонок до поясів необхідно виконувати згідно з додатком У (табл. У.3, поз. 7).

1.13.3.5 При розрахунку вузлів ферм зі стрижнями трубчастого і двотаврового перерізів і прикріпленням елементів ґратки безпосередньо до пояса (без фасонок) необхідно перевіряти несучу здатність:

- стінки пояса при місцевому згинанні (продавлюванні) у місцях примикання елементів ґратки (для стрижнів з круглих і прямокутних труб);

- бічної стінки пояса в місці примикання стиснутого елемента ґратки (для стрижнів з прямокутних труб);
- полиць пояса на відгин (для стрижнів двотаврового перерізу);
- стінки пояса (для стрижнів двотаврового перерізу);
- елементів ґратки в перерізі, що примикає до пояса;
- зварних швів, які прикріплюють елементи ґратки до пояса.

При перевірці міцності стінки необхідно враховувати сумісну дію зусиль у полиці і в прилеглому елементі ґратки.

1.13.3.6 При прольотах ферм покриттів, що складають понад 36 м, рекомендується передбачати будівельний підйом, що дорівнює теоретичному прогину конструкції від розрахункових експлуатаційних постійних і тривалих навантажень. При плоских покрівлях будівельний підйом слід передбачати незалежно від величини прольоту, приймаючи його таким, що дорівнює прогину від суми розрахункових експлуатаційних постійних і тривалих навантажень, збільшеному на $1/200$ прольоту.

1.13.4 Колони

1.13.4.1 Відправні елементи наскрізних колон з ґратками, розташованими у двох площинах, слід підкріплювати діафрагмами, розташованими біля кінців відправного елемента. Допускається не передбачати спеціальну діафрагму, якщо існує плита бази чи оголовка колони.

У наскрізних колонах зі з'єднувальною ґраткою, розташованою в одній площині, діафрагми слід розташовувати не рідше як через 4 м.

1.13.4.2 У колонах і стійках з односторонніми поясними швами згідно з п. 1.12.1.9 у вузлах кріплення в'язей, балок, розпірок та інших елементів у зоні передавання зусилля слід застосовувати двосторонні поясні шви, що виходять за контури прикріплюваного елемента (вузла) на довжину $30k_f$ з кожного боку.

1.13.4.3 Кутові шви, що прикріплюють фасонки з'єднувальної ґратки до віток колони внапусток, слід призначати за розрахунком і розташовувати з двох боків фасонки вздовж вітки у вигляді окремих ділянок, розташованих у шаховому порядку, при цьому відстань між кінцями таких швів не повинна перевищувати 15 товщин фасонки.

У разі застосування ручного дугового зварювання шви повинні бути неперервними по всій довжині фасонки.

1.13.4.4 Монтажні стики колон рекомендується виконувати з фрезерованими торцями, звареними встик або на накладках зі зварними кутовими швами або болтами, у тому числі високоміцними. При приварюванні накладок кутові шви слід не доводити до осі стика на 30 мм з кожного боку. Допускається застосування фланцевих з'єднань з передаванням стискаючих зусиль через щільний дотик фланців, а розтягувальних зусиль – через болти.

1.13.4.5 У наскрізних колонах, гілки яких з'єднані планками, рекомендується приймати:

- ширину b_s проміжних планок такою, що дорівнює $(0,5...0,75)b$, де b – габаритна ширина колони у площині планок;
- ширину кінцевих планок такою, що дорівнює $(1,3...1,7)b_s$.

1.13.5 В'язі

1.13.5.1 У кожному температурному блоці будівлі слід передбачати самостійну систему в'язей.

1.13.5.2 Нижні пояси балок і ферм кранових колій прольотом понад 12 м слід укріплювати горизонтальними в'язями.

1.13.5.3 Вертикальні в'язі між основними колонами каркасу нижче рівня підкранових балок при двогілкових колонах слід розташовувати у площині кожної гілки.

Гілки двогілкових в'язей, як правило, слід з'єднувати між собою з'єднувальними гратками.

1.13.5.4 Поперечні горизонтальні в'язі слід передбачати у рівні верхнього або нижнього поясів кроквяних ферм у кожному прольоті будівлі по торцях температурних блоків. При довжині температурного блока, що перевищує 144 м, слід передбачати проміжні поперечні горизонтальні в'язі. Кроквяні ферми, які не примикають безпосередньо до поперечних горизонтальних в'язей, слід розкріплювати у площині розташування цих в'язей розпівками і розтяжками.

У місцях розташування поперечних горизонтальних в'язей слід передбачати вертикальні в'язі між фермами.

За наявності жорсткого диска покрівлі у рівні верхніх поясів слід передбачати інвентарні збірно-розбірні в'язі для вивіряння конструкцій і забезпечення їхньої стійкості в процесі монтажу.

1.13.5.5 Поздовжні горизонтальні в'язі у площині нижніх поясів кроквяних ферм слід передбачати:

- вздовж крайніх рядів колон у будівлях з мостовими опорними кранами груп режимів роботи 6К – 8К згідно з ГОСТ 25546;

- у покриттях з підкроквяними фермами;

- в одно- і двопрольотних будівлях, обладнаних мостовими опорними кранами вантажопідйомністю 10 т і більше, а при відмітці низу кроквяних конструкцій понад 18 м – незалежно від вантажопідйомності кранів.

У будівлях з трьома і більше прольотами горизонтальні поздовжні в'язі слід розміщувати також вздовж середніх рядів колон не рідше, ніж через прольот – у будівлях з мостовими опорними кранами груп режимів роботи 6К – 8К згідно з ГОСТ 25546 і через два прольоти – в інших будівлях.

1.13.5.6 Горизонтальні в'язі по верхніх і нижніх поясах розрізних ферм прольотних споруд транспортерних галерей слід конструювати роздільно для кожного прольоту.

1.13.5.7 При застосуванні хрестової гратки в'язей покриттів, за винятком будівель і споруд 1-го класу відповідальності згідно з ДБН В.1.2-*:200*, допускається виконувати розрахунок за умовною схемою у припущенні, що розкоси гратки сприймають тільки зусилля розтягу.

При визначенні зусиль, що виникають в елементах в'язей, обтиснення поясів ферм, як правило, враховувати не слід.

1.13.5.8 При влаштуванні мембранного настилу у площині нижніх поясів ферм допускається враховувати сумісну роботу пояса і мембрани.

1.13.5.9 У висячих покриттях із площинними системами (двопоясними, згинально-жорсткими вангами тощо) слід передбачати вертикальні і горизонтальні в'язі між несучими системами.

1.13.6 Балки

1.13.6.1 Поясні кутові шви зварних балок, а також шви, за допомогою яких до основного перерізу балки прикріплюються допоміжні елементи (наприклад, ребра жорсткості), як правило, повинні виконуватися неперервними. Поперечні ребра жорсткості повинні мати вирізи у місцях перетину зварних швів.

1.13.6.2 Застосовувати пакети листів для поясів зварних двотаврових балок, як правило, не дозволяється.

Для поясів балок з фрикційними з'єднаннями допускається застосовувати пакети, які складаються не більш як з трьох листів; при цьому площу перерізу поясних кутиків слід приймати такою, що становить не менш як 30% від усієї площі перерізу пояса.

1.13.6.3 При застосуванні односторонніх поясних швів у зварних двотаврових балках 1-го класу, які несуть статичне навантаження, повинні бути виконані такі вимоги:

- розрахункове навантаження повинне бути прикладене симетрично відносно поперечного перерізу балки;
- стійкість стиснутого пояса балки повинна бути забезпечена відповідно до вимог п. 1.5.4.4, а);

- у місцях прикладання до пояса балки зосереджених навантажень, включаючи навантаження від ребристих залізобетонних плит, повинні бути встановлені поперечні ребра жорсткості.

У ригелях рамних конструкцій біля опорних вузлів, а також у місцях, де навантаження викликає згинальний момент відносно поздовжньої осі зварного шва, слід застосовувати двосторонні поясні шви.

У балках з перерізами 2-го і 3-го класів, а також з умовною гнучкістю стінки $\bar{\lambda}_w > 6\sqrt{R_y/\sigma_f}$ застосування односторонніх поясних швів не допускається.

1.13.6.4 Ребра жорсткості зварних балок повинні бути віддалені від стиків стінок на відстань не меншу за 10 товщин стінки. У місцях перетину стикових швів стінки балки з поздовжнім ребром жорсткості шви, за допомогою яких поздовжнє ребро жорсткості прикріплюється до стінки, не доводять до стикового шва стінки на $(6t - 20)$ мм, але не менш як на 30 мм, де t – товщина стінки, мм.

1.13.6.5 У зварних двотаврових балках конструкцій 2-, 3- і 4-ї груп рекомендується застосовувати односторонні ребра жорсткості з розміщенням їх з одного боку стінки балки і приварюванням їх до поясів балки.

У балках з односторонніми поясними швами ребра жорсткості слід розташовувати з того боку стінки, який є протилежним до розташування односторонніх поясних швів.

1.13.7 Балки кранових колій

1.13.7.1 Верхні поясні шви у балках кранових колій для мостових опорних кранів режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К згідно з ГОСТ 25546 повинні бути виконані з проваром на всю товщину стінки.

1.13.7.2 Вільні кромки розтягнутих поясів балок кранових колій і балок робочих площадок, які безпосередньо сприймають навантаження від рухомого составу, повинні бути прокатними, струганими або обрізаними машинним кисневим або плазмово-дуговим різанням.

1.13.7.3 Розміри ребер жорсткості балок кранових колій повинні задовольняти вимоги п.п. 1.5.5.9, 1.5.5.10 і 1.5.5.13, при цьому ширина виступаючої частини двостороннього проміжного ребра жорсткості повинна бути не меншою за 90 мм.

Рекомендується не використовувати зварні шви розташовані поперек верхнього поясу цих балок. При цьому торці ребер жорсткості повинні бути щільно пригнані до верхнього пояса, а у підкранових балках для кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К за ГОСТ 25546 необхідно стругати торці ребер жорсткості, що примикають до верхнього пояса.

Можливо використання інших конструктивних рішень, що пройшли практичну апробацію.

1.13.7.4 У підкранових балках для мостових опорних кранів груп режимів роботи 1К – 5К згідно з ГОСТ 25546 допускається застосовувати односторонні поперечні ребра жорсткості, виконані зі смугової сталі або одиночних кутиків, з приварюванням їх до стінки і до верхнього пояса і

розташуванням відповідно до п. 1.13.6.5.

1.13.8 Листові конструкції

1.13.8.1 При проектуванні листових конструкцій необхідно передбачати індустріальні методи їхнього виготовлення і монтажу шляхом застосування:

- листів і стрічок великих розмірів;
- рулонування, виготовлення заготовок у вигляді шкарлуп тощо;
- раціонального розкрою із забезпеченням найменшої кількості відходів;
- автоматичного зварювання;
- мінімальної кількості зварних швів, що виконуються на монтажі.

1.13.8.2 Передачу зосереджених навантажень слід, як правило, передбачати через елементи жорсткості.

1.13.8.3 У місцях спряження оболонок різної форми необхідно застосовувати, як правило, плавні переходи з метою зменшення місцевих напружень.

1.13.8.4 Контур поперечних елементів жорсткості оболонок рекомендується проектувати замкненим.

1.13.8.5 Необхідно, як правило, застосовувати стикові зварні з'єднання. З'єднання листів завтовшки 5 мм і менше, а також монтажні з'єднання допускається передбачати внапусток.

1.13.8.6 Виконання всіх стикових швів слід здійснювати двостороннім зварюванням або одностороннім зварюванням з підварюванням кореня шва або на підкладках. У проекті слід указувати на необхідність забезпечення щільності з'єднань конструкцій, в яких ця щільність є потрібною.

1.13.9 Висячі покриття

1.13.9.1 Для висячих конструкцій слід, як правило, застосовувати канати, пасма і високоміцний дріт. Допускається застосування прокату.

1.13.9.2 Покрівля висячого покриття, як правило, повинна бути розташована безпосередньо на несучих нитках і повторювати утворену ними форму. Допускається покрівлю підняти над нитками, обперши її на спеціальну надбудовану конструкцію, чи підвісити покрівлю до ниток знизу. У цих випадках форма покрівлі може відрізнятися від форми провисання ниток.

1.13.9.3 Обриси опорних контурів слід призначати з урахуванням кривих тиску від зусиль у прикріплених до них нитках при розрахункових навантаженнях.

1.13.9.4 Для забезпечення герметичності та інших експлуатаційних якостей прийнятої конструкції покрівлі необхідна стабілізація покриття при дії змінних навантажень, у тому числі вітрового від'ємного тиску (відсосу). При цьому слід перевіряти зміну кривизни покриття у двох напрямках – уздовж і поперек ниток.

Необхідна стабілізація покриття досягається за допомогою таких конструктивних заходів:

- збільшенням натягу нитки за рахунок збільшення ваги покриття чи попереднього напруження;
- створенням спеціальної стабілізуючої конструкції;
- застосуванням гнучко-жорстких ниток;
- перетворенням системи ниток і покрівельних плит у єдину конструкцію.

1.13.9.5 Переріз нитки повинен бути розрахований на дію найбільшого зусилля, що виникає при розрахунковому навантаженні, з урахуванням зміни заданої геометрії покриття. У сітчастих системах, окрім цього, переріз нитки повинен бути перевірений на зусилля від дії змінного навантаження, прикладеного тільки уздовж розглядуваної нитки.

1.13.9.6 Вертикальні і горизонтальні переміщення ниток і розрахункові зусилля в них слід визначати з урахуванням нелінійної роботи конструкцій покриття.

1.13.9.7 При розрахунку ниток, виконаних з канатів, і їхніх закріплень слід приймати коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 0,8$; для стабілізуючих канатів, що не служать затяжками для опорного контуру, коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1,0$.

1.13.9.8 Опорні вузли ниток із прокатних профілів слід виконувати, як правило, шарнірними.

1.13.10 Мембранні покриття

1.13.10.1 Мембранні покриття, як правило, повинні бути стабілізовані від надмірних деформацій одним із таких заходів:

- збільшенням власної ваги покриття;
- введенням у конструкцію згинально-жорстких елементів (лінійних стабілізуючих елементів);
- попереднім напруженням системи покриття;
- раціональною формою поверхні.

1.13.10.2 Мінімальна товщина листового прокату для прольотної частини мембрани повинна бути не меншою за 2 мм. Мембранні полотнища повинні мати максимальні розміри в плані з урахуванням їхніх умов виготовлення, транспортування і монтажу, і поставлятися на монтажну площадку в рулонах. Максимальна ширина полотнища, як правило, не повинна перевищувати 12 м, а довжина рулону має бути рівною прольоту або радіусу покриття.

Мембранні полотнища рекомендується з'єднувати між собою і з опорним контуром зварюванням внапуск (безперервним кутовим швом, точковим проплавленням) або на високоміцних болтах.

1.13.10.3 Лінійні стабілізуючі елементи складають основу, на яку укладаються полотнища мембрани в період монтажу, і можуть служити системою стабілізації під час експлуатаційного періоду покриття. Лінійні стабілізуючі елементи складаються з направляючих і поперечних в'язей.

Направляючі стабілізуючі елементи розташовуються уздовж мембранних полотнищ із кроком, що дорівнює їхній ширині. При ширині полотнищ понад 6 м направляючі рекомендується встановлювати з кроком, що дорівнює половині ширині полотнища мембрани. Крок направляючих повинен бути узгоджений із кроком колон і розмірами елементів опорного контуру.

Поперечні стабілізуючі елементи рекомендується виконувати з гнутих або прокатних профілів і встановлювати з кроком 3...6 м. Кріплення поперечних стабілізуючих елементів до направляючих повинно забезпечувати роботу направляючих стабілізуючих елементів за нерозрізною схемою.

Виконувати стабілізуючі елементи необхідно зі сталевий смуги завширшки 300...500 мм довжиною, що дорівнює прольоту мембрани.

1.13.10.4 Для покриттів великих прольотів опорний контур рекомендується виконувати сталобетонним із монолітного бетону, укладеного у металеву опалубку. Для жорстких контурів рекомендується застосовувати залізобетон.

Для мембранних покриттів малих і середніх прольотів зовнішні і внутрішні опорні контури рекомендується виконувати гнучкими, металевими з прокатних або зварних профілів двотаврового або коробчатого перерізу. Монтажний стик елементів опорного контуру рекомендується виконувати фланцевим на високоміцних болтах або зварним.

1.13.10.5 При проектуванні прямокутних або квадратних у плані мембран покриттів у кутах опорного контура слід застосовувати, як правило, плавне спряження елементів контура.

Спряження елементів контуру в кутах покриттів на квадратному або прямокутному плані з плоским опорним контуром рекомендується виконувати із застосуванням вутів (розпірок). Опорний контур плоских покриттів на прямокутному плані рекомендується виконувати з кутовими поширеннями.

Опорний контур покриттів на овальному або еліптичному плані рекомендується виконувати просторовим (вигнутим у вертикальній площині), що дозволяє наблизити характер його роботи до безмоментного.

Примикання мембрани до опорного контуру рекомендується виконувати через опорний столик, нахил якого дорівнює нахилу дотичної до поверхні мембранної оболонки в місці примикання.

1.13.10.6 Для мембранних конструкцій слід, як правило, використовувати сталі з підвищеною корозійною стійкістю.

При розробці вузлів і з'єднань мембранних покриттів необхідно враховувати конструктивні вимоги, призначені для запобігання загальної корозії тонкостінних елементів і щільної корозії при наявності з'єднань, що виконуються внапуск.

Мембрани, виконані з нержавіючої сталі, противокорозійного захисту не потребують.

1.13.11 Опорні частини

1.13.11.1 Нерухомі шарнірні опори з центруючими прокладками, тангенціальні, а при дуже великих реакціях – балансірні, слід застосовувати за необхідності суворо рівномірного розподілення тиску під опорою.

1.13.11.2 Площинні або каткові рухомі опори необхідно застосовувати у тих випадках, коли нижче розташована (підопорна) конструкція повинна бути розвантажена від горизонтальних зусиль, які виникають при нерухомому обпиранні балки або ферми.

1.13.11.3 Коефіцієнт тертя приймається таким, що дорівнює: в площинних рухомих опорах – 0,3, в каткових опорах – 0,03.

1.13.12 Фланцеві з'єднання

1.13.12.1 При проектуванні фланцевих з'єднань необхідно:

- обирати сталь для фланців з урахуванням гарантії властивостей у напрямку товщини прокату;

- використовувати високоміцні болти, що забезпечують зниження трудомісткості монтажних робіт, а також можливість сприйняття поперечних зусиль за рахунок сил тертя між фланцями.

1.13.12.2 При розрахунку фланцевих з'єднань у залежності від конструктивного рішення, характеру діючих у з'єднанні зусиль і вимог експлуатації слід перевіряти:

- несучу здатність болтового з'єднання;
- несучу здатність фрикційного з'єднання;
- міцність фланців при згині;
- міцність фланців при розтягу в напрямку товщини прокату;
- міцність зварних швів, що з'єднують фланець з основним елементом.

1.13.13 З'єднання з фрезерованими торцями

1.13.13.1 У з'єднаннях елементів із фрезерованими торцями (наприклад, у стиках і базах колон тощо) розрахункове зусилля стиску слід вважати таким, що цілком передається через торці елементів.

1.13.13.2 У позацентрово-стиснутих елементах зварні шви і болти, включаючи високоміцні, при дії в зазначених з'єднаннях подовжньої сили і згинального моменту слід розраховувати на максимальне зусилля розтягу від дії моменту і подовжньої сили при найбільш несприятливому їхньому сполученні, а також на зусилля зсуву від дії поперечної сили.

1.13.14 Монтажні кріплення

1.13.14.1 Монтажні кріплення конструкцій будівель і споруд з балками кранових колій, які розраховуються на витривалість, а також конструкцій під залізничні состави слід приймати зварними або фрикційними.

Болти класів точності В і С у монтажних з'єднаннях цих конструкцій допускається застосовувати для кріплення:

- прогонів, елементів ліхтаря, в'язей по верхніх поясах ферм (при наявності в'язей по нижніх поясах або жорсткій покрівлі), вертикальних в'язей між фермами і ліхтарями, а також елементів фахверку;
- в'язей по нижніх поясах ферм при наявності жорсткої покрівлі (залізобетонних чи армованих плит з ніздрюватих бетонів, сталевого профільованого настилу тощо);
- кроквяних і підкроквяних ферм до колон і кроквяних ферм до підкроквяних за умови передачі вертикального опорного тиску через столики;
- розрізних балок кранових колій між собою, а також для кріплення їхнього нижнього пояса до рядових колон (за винятком колон в'язевого блоку);
- балок робочих площадок, які не підлягають дії динамічних навантажень;
- дрюгорядних конструкцій.

1.13.14.2 Для перерозподілу згинальних моментів в елементах рамних систем допускається застосування у вузлах спряження ригелів з колонами сталевих накладок, що працюють у пластичній стадії. Накладки слід виготовляти зі сталей з межею текучості до 345 Н/мм^2 . Зусилля в накладках слід визначати при мінімальній межі текучості $\sigma_{y, \min} = R_{yn}$ і максимальній межі текучості $\sigma_{y, \max} = R_{yn} + 100 \text{ Н/мм}^2$.

Накладки, що працюють у пластичній стадії, повинні мати стругані або фрезеровані поздовжні кромки.

1.13.14.3 При проектуванні висотних будівель і споруд, а також споруд, монтаж яких здійснюється великими блоками, рекомендується передбачати різноманітні монтажні пристрої – ловителі (направляючі), фіксатори тощо, – необхідні для полегшення наведення монтажних блоків на розташовувані нижче конструкції, а також допоміжні монтажні деталі (вушки, столики тощо) для навішування монтажних пристроїв.

1.14 Додаткові вимоги до проектування конструкцій при ремонті, підсиленні і реконструкції

1.14.1 Загальні положення

1.14.1.1 Проектне рішення слід приймати на підставі спеціального обстеження конструкцій і висновку про їхній технічний стан згідно з вказівками ДБН 362-92.

1.14.1.2 При розробленні проекту реконструкції сталевих конструкцій будівель і споруд слід виявляти резерви несучої здатності конструкцій, що підлягають збереженню, а також застосовувати конструктивні рішення, які забезпечують можливість здійснювати роботи, як правило, без зупинки виробничого процесу.

1.14.1.3 При розробленні проекту ремонту, реконструкції шляхом підсилення або зміни умов роботи конструкцій, що підлягають збереженню, слід забезпечити їхній працездатний стан.

Конструкції, які перебувають в обмежено працездатному стані, при забезпеченні необхідного контролю допускається не підсилювати на період від проведення обстеження до завершення ремонту, реконструкції.

1.14.1.4 Для конструкцій, які були запроектовані за раніше чинними нормами і технічними умовами, допускається не здійснювати перевірочний розрахунок у випадках, якщо за період експлуатації не менш як 15 років у них не виник фізичний знос, дефекти і пошкодження, а також не змінились умови подальшої експлуатації, не змінились навантаження і впливи, а при їхній зміні не збільшились зусилля в основних елементах.

1.14.1.5 При підсиленні конструкцій необхідно передбачати конструктивні рішення і методи виконання робіт, що забезпечують плавне включення елементів і конструкцій підсилення у сумісну роботу з конструкціями, що підлягають збереженню. У необхідних випадках слід використовувати штучне регулювання зусиль і тимчасове розвантаження конструкцій.

1.14.1.6 Заміна окремих конструкцій допускається, як правило, тільки у випадках, коли їхнє підсилення неможливе або економічно недоцільне.

1.14.2 Розрахункові характеристики сталі і з'єднань

1.14.2.1 Оцінку якості матеріалу сталевих конструкцій слід виконувати за даними заводських сертифікатів або за результатами випробувань зразків згідно з вказівками ДБН 362-92.

1.14.2.2 Вибір визначуваних при випробуваннях показників, відбір проб для хімічного аналізу та зразків для механічних випробувань і визначення їхньої кількості слід виконувати згідно з вказівками ДБН 362-92.

Допускається не виконувати випробування металу зварних конструкцій, призначених для експлуатації, при напруженнях в них, що не перевищують 165 Н/мм^2 , за умови, що розрахункова температура і показник групи S , обчислений згідно з додатком В, задовольняють обмеження, наведені в табл. 1.14.1. При цьому показник групи слід збільшувати на 1 бал, якщо конструкція має корозійний знос понад 10 %, і на 2 бали, якщо порушені вимоги п. 1.12.1.7, п. 1.14.2.2.

Таблиця 1.14.1.

Розрахункова від'ємна температура, $t^{\circ}\text{C}$, не нижче	Показник групи S , не вище
-40	19
-30	23

1.14.2.3 Розрахункові опори зварних з'єднань конструкцій, що підлягають збереженню, слід призначати з урахуванням марки сталі, зварювальних матеріалів, видів зварювання, положення швів і засобів їх контролю, застосованих у конструкціях. За відсутності встановлених нормами необхідних даних допускається приймати:

- для кутових швів – $R_{wf} = R_{wz} = 0,44 R_{un}$; $\beta_f = 0,7$ і $\beta_z = 1,0$, приймаючи при цьому $\gamma_c = 0,8$;
- для розтягнутих стикових швів – $R_{wy} = 0,55 R_y$ в конструкціях, виготовлених до 1972 р., і $R_{wy} = 0,85 R_y$ – після 1972 р. Допускається уточнити несучу здатність зварних з'єднань за результатами випробувань зразків, відібраних із конструкції згідно з вказівками ДБН 362-92.

1.14.2.4 Розрахункові опори зрізу і розтягу болтів, а також зминанню елементів, що з'єднуються болтами, слід визначати відповідно до вказівок п. 1.3.6. Якщо неможливо встановити клас міцності

болтів, то значення розрахункових опорів одноболтових з'єднань слід приймати: $R_{bs} = 150 \text{ Н/мм}^2$ і $R_{bt} = 160 \text{ Н/мм}^2$.

1.14.2.5 Розрахункові опори заклепкових з'єднань слід приймати за табл. 1.14.2.

Якщо у виконавчій документації відсутні вказівки про спосіб утворення отворів і матеріал заклепок, а встановити їх за наявними даними неможливо, розрахункові опори заклепкових з'єднань необхідно приймати за табл. 1.14.2, як для з'єднань на заклепках групи С із сталі марки Ст2.

Розрахунки заклепкових з'єднань слід виконувати відповідно до п. 1.12.2.9, приймаючи $R_{bs} = R_{rs}$; $R_{bp} = R_{rp}$; $R_{bt} = R_{rt}$; $A_b = A_{bn} = A_r = 0,785d_r^2$; $\gamma_b = 1,0$; $d_b = d_r$, де d_r – діаметр заклепки, A_r – площа перерізу заклепки.

Таблиця 1.14.2 Розрахункові опори заклепкових з'єднань

Напружений стан	Умовне позначення	Група з'єднання	Розрахунковий опір заклепкового з'єднання, Н/мм ²		
			зрізу і розтягу заклепок із сталі марок		зминачню з'єднувальних елементів
			Ст2 , Ст3	09Г2	
Зріз	R_{rs}	В	180	220	—
		С	160	—	—
Розтяг (відрив головки)	R_{rt}	В, С	120	150	—
Зминачня	R_{rp}	В	—	—	$R_{rp} = 2,0 R_y$
		С	—	—	$R_{rp} = 1,7 R_y$
Примітки:					
1. До групи В належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені у зібраних складаних елементах або в деталях із застосуванням кондуктора. До групи С належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені в окремих деталях без застосування кондуктора.					
2. При застосуванні заклепок з потайними чи напівпотайними головками розрахункові опори заклепкових з'єднань зрізу і зминачню зменшуються множенням на коефіцієнт 0,8. Робота зазначених заклепок на розтяг не допускається.					

1.14.3 Підсилення конструкцій

1.14.3.1 Конструкції, що експлуатуються при додатній температурі і виготовлені з киплячої низьковуглецевої сталі, а також з інших сталей, у яких за результатами випробувань значення ударної в'язкості є нижчими за регламентовані табл. Д1 додатка Д, можуть не підлягати підсиленню або заміні за умови, що напруження в елементах із цих сталей не будуть перевищувати значень, що були до ремонту і реконструкції. Рішення про використання, підсилення чи заміну цих конструкцій, експлуатація яких буде відрізнятися від вказаних умов, слід приймати на підставі спеціального дослідження.

1.14.3.2 Розрахункову схему конструкції, споруди чи будівлі в цілому слід приймати з урахуванням особливостей їхньої дійсної роботи, у тому числі з урахуванням фактичних відхилень геометричної форми, розмірів перерізів, умов закріплення і виконання вузлів спряження елементів.

Перевірочні розрахунки елементів конструкцій та їх з'єднань слід виконувати з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень, встановлених кількісних показників корозійного зносу, фактичних умов спряження і обпирання. Розрахунок елементів допускається виконувати за деформованою схемою, приймаючи при цьому коефіцієнт умов роботи $\gamma = 1,0$ для поз. 3, 6 і 7, а) за табл. 1.1.1.

1.14.3.3 Конструкції, що не задовольняють вимогам розділів 1.4 – 1.7, 1.10, 1.12, 1.13.7. 1.13.8, а також вимогам ДСТУ Б В.1.2-3:2006 щодо обмеження вертикальних прогинів, які забезпечують нормальну експлуатацію технологічного і підйально-транспортного устаткування, повинні бути, як правило, підсилені чи замінені, за винятком випадків, указаних в цьому розділі.

Відхилення від геометричної форми, розмірів елементів і з'єднань від номінальних, які перевищують

допустимі відхилення відповідно до правил виконання і приймання робіт, але не перешкоджають нормальній експлуатації, можуть не усуватися за умови забезпечення несучої здатності конструкцій і виконання вимог п. 1.14.3.2.

1.14.3.4 Допускається не підсилювати елементи конструкцій, якщо:

- їхні горизонтальні переміщення і вертикальні прогини перевищують граничні значення, встановлені ДСТУ Б В.1.2-3:2006, але не перешкоджають нормальній експлуатації, виходячи з технологічних вимог;

- їхня гнучкість перевищує граничні значення, регламентовані в розділі 1.9 цих норм, але вони мають викривлення, що не перевищують граничних значень, установлених правилами виконання і приймання робіт, і зусилля в елементах не зростатимуть в процесі подальшої експлуатації, а також у тих випадках, коли можливість використання таких елементів перевірена розрахунком або випробуванням.

1.14.3.5 При підсиленні конструкції допускається враховувати можливість попереднього напруження і активного регулювання зусиль в них, у тому числі за рахунок зварювання, зміни конструктивної і розрахункової схеми, а також розглядати пружно-пластичну роботу сталі, роботу тонкостінних елементів і обшивок конструкцій у закритичній стадії згідно з чинними нормами.

1.14.3.6 Конструктивні заходи з підсилення і методи його виконання повинні передбачати заходи щодо зниження небажаних додаткових деформацій у процесі підсилення. Несуча здатність конструкцій у процесі виконання робіт з підсилення повинна бути забезпечена розрахунком з урахуванням послаблення розрахункових перерізів додатковими отворами під болти та несприятливого впливу зварювання.

У необхідних випадках в період підсилення конструкція повинна бути повністю або частково розвантажена.

1.14.3.7 У конструкціях груп Б, В відповідно до додатку В, які експлуатуються в неагресивному або слабоагресивному середовищах, для забезпечення сумісної роботи деталей підсилення та існуючої конструкції допускається застосовувати переривчасті флангові зварні шви.

В усіх випадках застосування кутових зварних швів слід, як правило, призначати мінімально необхідні катети. Допускається кінцеві ділянки швів проектувати з катетом більшим, ніж катет проміжних ділянок, і визначати їхні розміри розрахунком.

1.14.3.8 При підсиленні елементів конструкцій допускається застосовувати комбіновані з'єднання: заклепкові з фрикційними; заклепкові з болтовими, болти мають бути класу точності А.

1.14.3.9 В елементах конструкцій категорій за призначенням А, Б чи В згідно з додатком В, що підлягають при підсиленні нагріванню внаслідок зварювання, розрахункове напруження σ_d не повинне перевищувати значень відповідно $0,2R_y$; $0,4R_y$ чи $0,8R_y$.

Напруження σ_d слід визначати від навантажень, що діють при підсиленні для непідсиленого перерізу, з урахуванням фактичного стану конструкцій (послаблення перерізу, викривлень елемента тощо).

При перевищенні зазначених напружень необхідне розвантаження конструкцій або підведення тимчасових опор.

1.14.3.10 При розрахунку елементів конструкцій, підсиленних за допомогою збільшення перерізу, слід, як правило, враховувати різні розрахункові опори матеріалів конструкції та підсилення. Допускається приймати один розрахунковий опір, що дорівнює меншому з них, якщо вони відрізняються не більше ніж на 15%.

1.14.3.11 При розрахунку на стійкість елементів при центральному стиску і стиску зі згином допускається приймати для підсилення перерізу в цілому приведені значення розрахункового опору, що обчислюється за формулою

$$R_{y,ef} = R_y \sqrt{K}, \quad (1.14.1)$$

де R_y – розрахунковий опір основного металу, що визначається згідно з вимогами п. 1.14.2.2;
 K – коефіцієнт, який обчислюється за формулою

$$K = \left[\frac{R_{ya}}{R_y} - \frac{A}{A_a} \left(\frac{R_{ya}}{R_y} - 1 \right) \right] \times \left[\frac{R_{ya}}{R_y} - \frac{I}{I_a} \left(\frac{R_{ya}}{R_y} - 1 \right) \right], \quad (1.14.2)$$

де R_{ya} – розрахунковий опір металу підсилення;

A, I – відповідно площа і момент інерції непідсиленого перерізу елемента відносно осі, перпендикулярної до площини перевірки стійкості;

A_a, I_a – те саме, підсиленого перерізу в цілому.

1.14.3.12 Розрахунок на міцність і стійкість елементів, підсилених способом збільшення перерізів, слід, як правило, виконувати з урахуванням напружень, які існували в елементі в момент підсилення (з урахуванням розвантаження конструкції). При цьому, необхідно враховувати початкові викривлення елементів, зміщення центру ваги підсиленого перерізу і викривлення, викликані зварюванням.

Викривлення від зварювання при перевірці стійкості елементів при центральному стиску і стиску зі згином допускається враховувати введенням додаткового коефіцієнта умов роботи $\gamma_{c,ad} = 0,8$.

Перевірку на міцність елементів, для яких згідно з п. 1.14.3.10 допускається приймати один розрахунковий опір, окрім розрахунку за формулами (1.5.10), (1.5.11) і (1.5.19), допускається виконувати на повний розрахунковий опір без урахування напружень, які існували до підсилення, а при перевірці стійкості стінок допускається використовувати додатковий коефіцієнт умов роботи $\gamma_{c,ad} = 0,8$.

1.14.3.13 Розрахунок на міцність елементів конструкцій, які підсилюються методом збільшення перерізів, слід виконувати за формулами:

а) для центрально-розтягнутих симетрично підсилюваних елементів за формулою (1.4.1);

б) для центрально-стиснутих симетрично підсилюваних елементів

$$\frac{N}{AR_y \gamma_N \gamma_c} \leq 1, \quad (1.14.3)$$

де $\gamma_N = 0,95$ – при підсиленні без використання зварювання;

$\gamma_N = 0,95 - 0,25\sigma_d / R_y$ – при підсиленні з використання зварювання;

в) для несиметрично підсилюваних центрально-розтягнутих, центрально-стиснутих і позacentрово стиснутих елементів

$$\frac{1}{R_y \gamma_M \gamma_c} \left(\frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x \right) \leq 1, \quad (1.14.4)$$

де $\gamma_M = 0,95$ – для конструкцій категорії за призначенням А; $\gamma_M = 1,0$ – для конструкцій категорії за призначенням Б і В за табл. В1 додатка В; при $N / (AR_y) \geq 0,6$ слід приймати $\gamma_M = \gamma_N$, тут γ_N слід визначати як у формулі (1.14.3).

У формулі (1.14.4) необхідно приймати абсолютні значення розрахункових внутрішніх зусиль N , M_x

і M_y . Моменти інерції перерізу I_x і I_y слід визначати відносно головних осей підсиленого перерізу.

1.14.3.14 Допускається не підсилювати існуючі сталеві конструкції, виконані з відхиленням від вимог п.п. 1.12.1.5, 1.12.1.10, 1.12.2.2, 1.13.2.1, 1.13.3.1, 1.13.3.3, 1.13.3.6, 1.13.6.1, 1.13.6.4, 1.13.14.1 і вимог до конструкцій, за умови, що:

- відсутні пошкодження елементів конструкцій, викликані цими відхиленнями;
- виключені зміни у несприятливу сторону умов експлуатації конструкцій;
- несуча здатність і жорсткість обумовлені розрахунком з урахуванням вимог п.п. 1.14.3.2, 1.14.3.4, 1.14.3.8;
- виконуються заходи щодо запобігання руйнуванню конструкцій від утомленості, на які поширюються вказівки розділу 11 цих норм.

При виконанні цих умов для перевірок стійкості центрально-стиснутих елементів допускається приймати криву стійкості типу “в” замість кривої типу “с”.

2 ВИМОГИ ВИГОТОВЛЕННЯ

2.1 Загальні положення

2.1.1 Правила цього розділу регламентують загальні вимоги до виготовлення та контролю якості сталевих будівельних конструкцій.

Положення цього розділу чинні для всіх підприємств і установ, які займаються виготовленням сталевих конструкцій, а також наглядових органів для:

- затвердження при розробленні конструкторської і технологічної документації;
- здійснення контролю якості при виготовленні сталевих конструкцій.

2.1.2 Вимоги цього розділу можуть бути використані для сертифікації продукції, у тому числі обов'язкової.

2.1.3 Правила цього розділу не поширюються на конструкції зі сталі класу С440 – С590, що підлягають безпосередньому впливу вібраційних або динамічних навантажень.

2.1.4 Сталеві конструкції зі сталей класу до С390 включно, що зводяться або експлуатуються в кліматичних районах з розрахунковою температурою до -40°C , слід виготовляти при плюсовій температурі.

2.1.5 Для сталей класу до С390 включно при температурі нижче -25°C , а для сталі марки С440 – при температурі нижче 0°C забороняються ударні впливи при виготовленні, а також різання на ножицях і продавлювання отворів.

2.1.6 При виготовленні та прийманні сталевих конструкцій, окрім правил цього розділу, слід керуватися відповідними додатковими правилами для окремих видів споруд, наведених в нормативних документах на ці споруди.

2.1.7 Правила цього розділу не поширюються на конструкції, виготовлення і приймання яких повинно проводитися за правилами, регламентованими Держпромтехнаглядом України.

2.2 Вимоги до конструкторської документації, контроль якості

2.2.1 Уся конструкторська документація, яка надходить до підприємства, має бути розглянута і проаналізована з метою виявлення помилок та перевірки технологічності складання.

2.2.2 Сталеві конструкції повинні виготовлятися відповідно до креслень стадії КМД (конструкції металеві деталювальні), розробленими за робочими кресленнями стадії КМ (конструкції металеві).

2.2.3 При розробці креслень стадії КМД слід враховувати вимоги, обумовлені технологією монтажних робіт (членування на відправні елементи, вказівки щодо загального та контрольного складання, укомплектування деталями для складання, установки та зварювання на монтажі тощо), і технологічні можливості підприємства-виробника.

2.2.4 Організація, що розробляє креслення стадії КМД, несе відповідальність за відповідність їх кресленням стадії КМ, за розрахункову міцність усіх заводських і монтажних з'єднань конструкцій, за правильність розмірів елементів конструкцій і ув'язування їх між собою, а також за виконання вимог, обумовлених технологією монтажних робіт. Відхилення від креслень стадії КМ, як правило, не допускаються. У разі потреби вони повинні бути погоджені з розробниками креслень стадії КМ.

2.2.5 При виготовленні сталевих конструкцій повинен бути забезпечений контроль за виконанням вимог проектної документації, технологічних карт, проекту виконання робіт.

Контроль повинен здійснюватися при:

- виготовленні деталей;
- складанні конструкцій (або відправних марок) під зварювання або з'єднання болтами;
- зварюванні або постановці болтів;
- загальному або контрольному складанні;
- попередньому напруженні конструкцій;
- підготовці поверхонь під ґрунтування;
- підготовці поверхонь під фарбування;
- ґрунтуванні і фарбуванні;
- нанесенні захисних покриттів;
- випробуванні конструкцій.

2.2.6 Якість і марки матеріалів, які відповідно до проекту застосовують при виготовленні конструкцій, повинні задовольняти вимогам стандартів та технічних умов і засвідчуватися сертифікатами або паспортами заводів-постачальників. Допускається засвідчувати якість і марки матеріалів лабораторними випробуваннями відповідно до вимог, встановлених стандартами.

2.3 Вхідний контроль, збереження металопрокату, зварювальних, лакофарбових матеріалів і металовиробів

2.3.1 Увесь сталевий прокат і гнуті профілі (далі за текстом «сталь») повинні бути перевірені на відповідність його діючим стандартам або технічним умовам, розсортовані, замарковані, розкладені за профілями, марками та плавками і перед подачею у виробництво виправлені, очищені від окалини, іржі, масел, вологи, снігу, льоду та інших забруднень, а також захищені від корозії ґрунтовкою, що дозволяє виконувати зварювання.

2.3.2 Усі матеріали слід зберігати відповідно до вимог ДБН Г.1-4-95.

2.3.3 При надходженні прокату до виробника слід перевіряти:

- кількість за теоретичною вагою;
- сортамент і марки сталей;
- клейма/бірки підприємств-постачальників;
- наявність видимих тріщин, раковин, розшарувань, закатів, загальних деформацій, які перевищують граничні значення, наведені у нормативних документах на прокат.

При наявності відхилень від вимог нормативних документів слід складати рекламацийний акт.

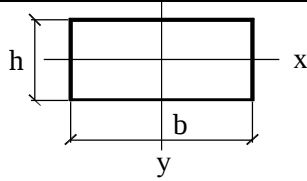
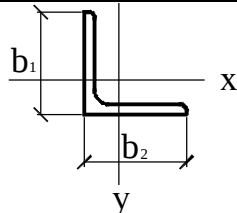
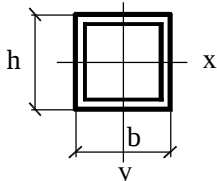
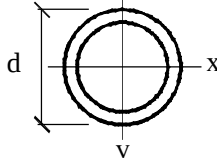
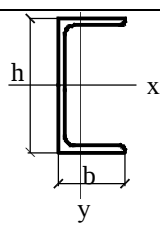
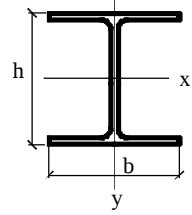
2.3.4 Вагу металоконструкцій слід визначати за теоретичною вагою, яка обчислюється за кресленнями проекту стадії КМ. Для уточнення ваги конструкції за робочими кресленнями стадії КМД визначену попередню вагу необхідно збільшити на 3%. Отриману вагу слід збільшити на 1%, врахувавши у такий спосіб вагу зварних швів. Для складних (індивідуального виготовлення) конструкцій дозволяється фактичну вагу зварювальних швів визначати за розробленими детальованими кресленнями стадії КМД.

До загальної ваги металоконструкцій при необхідності може бути додана вага монтажних пристосувань і вага для упаковки і транспортування конструкцій.

2.4 Підготовка металопрокату, зварювальних і лакофарбових матеріалів

2.4.1 Виправлення прокату в залежності від профілю необхідно виконувати, як правило, у холодному стані. Граничні допустимі значення прогинів після холодного виправлення наведені в табл. 2.4.1.

Таблиця 2.4.1.

ПРОФІЛЬ	ЕСКІЗ	ЩОДО НЕЙТРАЛЬНОЇ ОСІ	ГРАНИЧНИЙ ПРОГІН, ЩО ДОПУСКАЄТЬСЯ, ММ
Сталь листова, універсальна, смугова, квадратна		$x - x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{800b}$
Сталь кутикова		$x - x$	$\frac{l^2}{720b_1}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{720b_2}$
Гнutoзварні профілі		$x - x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{400b}$
Труби, круг		$x - x$	$\frac{l^2}{400d}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{400d}$
Швелери		$x - x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{720b}$
Двотаври		$x - x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y - y$	$\frac{l^2}{400b}$
Примітка l – довжина відрізка елемента з прогином одного знака.			

2.4.2 Допускається виправлення сталі місцевим нагріванням полум'ям газових пальників, при цьому температура зони нагрівання не повинна перевищувати 800°C – для гарячекатаних і нормалізованих сталей, 650°C – для термічно покращених сталей.

2.4.3 Після виправлення прокат повинен відповідати наступним вимогам:

- не мати тріщин і розшарувань; при цьому, допускається наявність місцевих вм'ятин по товщині та ширині прокату на глибину, що не перевищує подвоєної величини мінусового допуску для даного виду прокату, передбаченого відповідними ГОСТ чи ТУ, але в усіх випадках не більше як 1 мм – за товщиною прокату та 3 мм – за габаритними розмірами поперечного перерізу;

- розбіжність площини перерізів профільного прокату не повинна перевищувати відповідних допусків, установлених ДСТУ чи ТУ для даного виду прокату;

- граничні прогини профільного прокату по всій довжині елемента не повинні перевищувати $0,001l < 10$ мм, а прогини місцевого скривлення – 1 мм на ділянці елемента довжиною 1,0 м;

- площинність листового прокату повинна відповідати ГОСТ 19903.

2.4.4. Перед застосуванням лакофарбові матеріали повинні бути доведені до параметрів, установлених технологічним регламентом і НГД на конкретний матеріал.

2.5 Розмічання, намічання, виготовлення шаблонів і кондукторів, виправлення і згинання

2.5.1 Розмічання слід виконувати за допомогою рулеток, що відповідають точності другого класу за ГОСТ 7502-69, і лінійок вимірювальних металевих за ГОСТ 427-56. При розмічанні необхідно враховувати припуски на механічну обробку й усадку від зварювання за вказівками, наведеними у табл. 2.5.1.

Таблиця 2.5.1

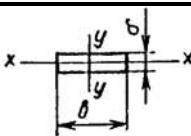
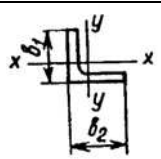
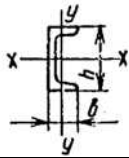
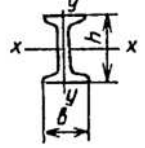
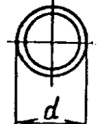
ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКУ	ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИПУСКУ	РОЗМІР ПРИПУСКУ, ММ
На ширину різання	При ручному кисневому різанні листового прокату для товщини сталі, мм: 5...25	4,0
	28...50	5,0
	50...100	6,0
	При машинному кисневому і полум'яно-дуговому різанні листового прокату для товщини сталі, мм: 5...25	3,0
	28...50	4,0
	50...100	5,0
	При ручному кисневому різанні профільного прокату	4,0
На фрезерування торців	На кожен торець, що фрезерують	5,0
На стругання та фрезерування кромки	На кожен оброблювану кромку: – при різанні на гильотинних ножицях і кисневому ручному різанні	5,0
	– при різанні на газорізальних машинах	3,0
На усадку при зварюванні	Стикові шви (усадка перпендикулярно стику): – листовий прокат товщиною, мм: до 16	1,0
	до 40	2,0
	понад 40	3,0...4,0
	– профільний прокат: – кутики, швелери, труби, балки з висотою стінки, мм: 400 і менш	1,0
	понад 400	1,5
	поздовжні кутові шви, на кожен 1 м шва	1,0

2.5.2 Кондуктори для свердління отворів слід виготовляти зі сталі, при цьому запресовані втулки повинні бути загартовані. Кондуктори мають бути виготовлені з точністю, наведеною в табл. 2.5.2.

Таблиця 2.5.2

НАЙМЕНУВАННЯ ПАРАМЕТРА	ГРАНИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ, ММ
Внутрішній діаметр втулок	+ 0,15
Відстань між центрами двох сусідніх втулок, у тому числі по діагоналі	± 0,25
Відстань між будь-якими втулками в групі, у тому числі по діагоналі	± 0,35
Відстань між групами отворів	± 1,0

Таблиця 2.5.3

Прокат	Ескіз	Відносно осі	Радіус кривизни ρ і стріла прогину f			
			при гнутті		при виправленні	
			ρ	f	ρ	f
Листова, і смугова сталь універсальна та смугова сталь (шаблеподібність)		$x-x$	25δ	$\frac{l^2}{200\delta}$	50δ	$\frac{l^2}{400\delta}$
		$y-y$	—	—	—	$\frac{l^2}{800b}$
Куттик		$x-x$	$45b_1$	$\frac{l^2}{360b_1}$	$90b_1$	$\frac{l^2}{720b_1}$
		$y-y$	$45b_2$	$\frac{l^2}{360b_2}$	$90b_2$	$\frac{l^2}{720b_2}$
Швелер		$x-x$	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$	$50h$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$45b$	$\frac{l^2}{360b}$	$90b$	$\frac{l^2}{720b}$
Двотавр		$x-x$	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$	$50h$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$25b$	$\frac{l^2}{200b}$	$50b$	$\frac{l^2}{400b}$
Труба		—	$30d$	—	$60d$	—

Позначення, прийняті у табл. 2.5.3:

l – довжина погнутої частини; δ – товщина листа; b і h – ширина і висота профілю; d – діаметр труби.

Примітки:

1. Виправлення універсальної і смугової сталі нагріванням опуклої сторони полум'ям газового пальника дозволяється робити при будь-якій стрілі шаблеподібності
2. Мінімальний радіус кривизни при гнутті листових деталей, що сприймають статичне навантаження, може бути прийнятий рівним $12,5 \delta$.
3. Формули для визначення стріли прогину f при виправленні і гнутті сталі дійсні при довжині хорди, що не перевищує $1,5 \rho$.

2.5.3 Виправлення сталі повинно виконуватися способами, що виключають утворення вм'ятин, забоїн та інших пошкоджень на поверхні сталі.

Радіус кривизни ρ деталей у розрахункових елементах при виправленні та згинанні в холодному стані на вальцях і пресах не повинен бути меншим, а стріла прогину f не повинна бути більшою за граничні величини, наведені у табл. 2.5.3.

2.5.4 Обробка деталей зі сталі класу до С345 включно в гарячому стані (тиском) повинна виконуватися після нагрівання до температури 900...1000°C, а зі сталей класу С390 і С440, що поставляються в нормалізованому стані, – до температури 900...950°C; обробка повинна припинятися при температурі не нижче за 700°C. Швидкість охолодження деталей після закінчення обробки повинна виключати загартування, короблення, появу тріщин і надривів. Термічно покращену сталь нагрівати до температури вище за 700°C забороняється. Забороняється виправлення сталі шляхом наплавлення валиків дуговим зварюванням.

2.5.5 При гнутті деталей з вуглецевої сталі на кромкозгинальних пресах внутрішні радіуси заокруглення повинні бути не меншими за $1,2t$ – для конструкцій, що сприймають статичне навантаження, і $2,5t$ – для конструкцій, що сприймають динамічне навантаження, тут t – товщина сталі. Для деталей, виконаних з низьколегованої сталі, граничні розміри внутрішніх радіусів заокруглення приймають на 50% більшими, ніж для вуглецевої сталі. Внутрішні радіуси заокруглень для деталей, виконаних зі сталі класу С440, повинні бути не меншими за $3t$. У деталях з низьколегованої сталі класу до С440 включно до згинання слід простругати кромки, що перетинають лінії згину, і видалити задирки.

2.6 Різання і обробка кромки

2.6.1 Різання профільного прокату можна виконувати фрикційними та абразивними пилокми, зубчастими пилокми, ручним і машинним термічним різанням без наступної механічної обробки торців деталей. Ці способи обробки припустимі для будь-яких марок сталі і будь-яких умов експлуатації конструкцій.

2.6.2 Різання листового прокату можна виконувати на прес-ножицях і гильотинних ножицях, машинах для зарубки, у штампах, ручним і машинним термічним різанням.

2.6.3 Різання листового прокату на гильотинних ножицях, машинах для зарубки і штампах забороняється виконувати при виготовленні деталей з будь-яких сталей для:

- конструкцій груп I і II за п. 1.1.3.6, що працюють на розтягнення, поздовжні кромки яких після складання і зварювання залишаються вільними, у тому числі стикових накладок;
- фасонок кроквяних і підкроквяних ферм, прольотних будівель транспортерних галерей, а також фасонок інших конструкцій групи I за п. 1.1.3.6.

2.6.4 Можливе застосування без обмежень різання на гильотинних ножицях, машинах для зарубки та в штампах з наступною механічною обробкою кромки на величину не меншу за $0,2t$, тут t – товщина листового прокату.

2.6.5 В інших випадках, за виключенням вищевикладених, різання на гильотинних ножицях, машинах для зарубки та в штампах слід допускати без обмежень.

2.6.6 Кромки деталей, виконаних з низьколегованої сталі класу до С390 включно і термічно покращеної вуглецевої сталі, що не підлягають зварюванню або не повністю проплавляються при зварюванні, після ручного кисневого різання підлягають механічній обробці (струганню,

фрезеруванню, обробці абразивним кругом тощо). Кромки деталей зі сталі класу С440 підлягають струганню або фрезеруванню.

Кромки деталей, що приторцьовуються, незалежно від способів різання сталі, підлягають струганню або фрезеруванню.

2.6.7 Механічна обробка виконується на глибину, що забезпечує видалення дефектів поверхні кромки, але не менше ніж на 2 мм; поверхні кромки не повинні мати надривів і тріщин. При обробці абразивним кругом сліди зачищення повинні бути спрямовані уздовж кромки.

Кромки деталей, виконаних з вуглецевої сталі класу С235, після ручного кисневого різання повинні бути очищені та не мати розшарування та задирок, що перевищують 1 мм.

2.6.8 Кромки деталей після машинного кисневого і плазмово-дугового різання, що не підлягають зварюванню або неповністю проплавляються при зварюванні, за шорсткістю поверхні різання повинні відповідати другому класу згідно з ГОСТ 14792-69 та у всіх випадках не мати нерівностей, що перевищують 0,3 мм.

Величина неперпендикулярності кромки, що з'єднуються, встановлюється за третім класом ГОСТ 14792-69, але не більше як 2 мм.

Кромки деталей, виконаних з низьколегованої сталі, що працюють на розтягнення, а також кромки всіх розрахункових деталей у конструкціях, що безпосередньо сприймають динамічні або вібраційні навантаження, і не відповідають за шорсткістю поверхні різання вищевказаним вимогам, підлягають механічній обробці відповідно до вказівок п. 2.6.3 і п. 1.12.4. Окремі місця з висотою нерівностей, що перевищує 0,3 мм, а також вириви, які не призводять до відхилень розмірів деталей за межі допусків, у кількості не більше ніж один на 1 м довжини різання, допускається виправляти плавним зачищенням.

У конструкціях, що працюють на статичне навантаження, допускається виправляти кромки з вихватами зварюванням за спеціальною технологією з наступним зачищенням місць виправлення.

2.6.9 Кромки деталей усіх товщин, які виконані з низьколегованої сталі і працюють на розтягнення, та з вуглецевої сталі товщиною понад 10 мм, кромки фасонки ферм, виконаних з усіх марок сталей, а також кромки всіх розрахункових деталей у конструкціях, що сприймають динамічні навантаження, після різання на ножицях підлягають механічній обробці відповідно до вказівок п. 2.6.3 і п. 1.12.4.

Інші кромки після різання на ножицях не повинні мати нерівностей, задирок і завалів, що перевищують 0,3 мм, а також не повинні мати тріщин.

2.6.10 При температурі навколишнього повітря нижче -15°C кисневе різання кромки деталей, виконаних з низьколегованої сталі, що підлягають подальшій механічній обробці, слід робити з підігрівом металу в зоні різання до $+100^{\circ}\text{C}$.

2.6.11 При обробці кромки під зварювання допускається застосування різання (без подальшої обробки) способами, що забезпечують дотримання допусків на розміри і форму підготовки кромки, при цьому, відхилення прямолінійних кромки від проектного положення обмежуються допусками на зазори згідно з ГОСТ 5264-69, ГОСТ 8713-70 і ГОСТ 14771-69.

Скоси по товщині на кінцях розтягнутих деталей (при з'єднанні деталей різної товщини) у конструкціях, що сприймають динамічне навантаження, не повинні мати після механічної обробки виступів і пошкоджень поверхні, орієнтованих у поперечному напрямку відносно лінії дії зусилля. Рекомендується обробляти ці скоси фрезеруванням. Нерівності і пошкодження поверхні в деталях, що утворилися після поперечного стругання, повинні бути згладжені абразивною обробкою вздовж лінії дії зусилля.

2.6.12 На деталі основних елементів конструкцій, наведених у кресленнях, наносяться фарбою або тавруванням номера плавок.

2.6.13 Гострі кромки деталей і елементів конструкцій, котрі в подальшому мають бути пофарбовані

або захищені від корозії шляхом нанесення захисних покриттів (алюмінування, цинкування тощо), повинні бути притуплені не менш ніж на 1 мм.

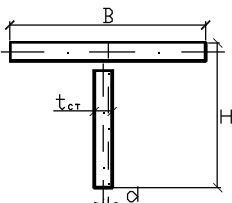
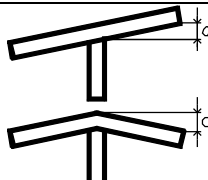
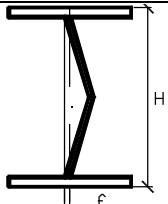
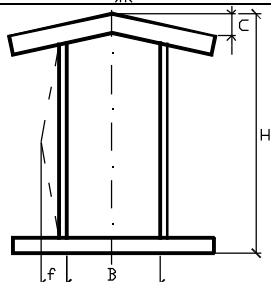
2.7 Складання

2.7.1 Складання конструкцій можна виконувати тільки з виправлених деталей і елементів, очищених від задирок, бруду, масел, іржі, вологи, льоду та снігу.

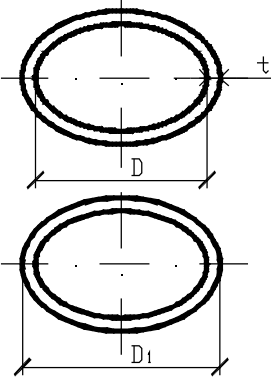
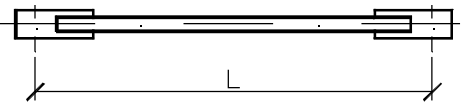
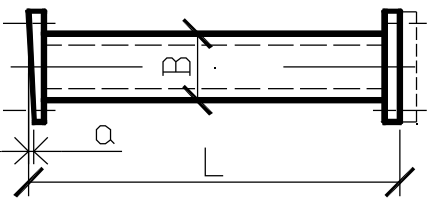
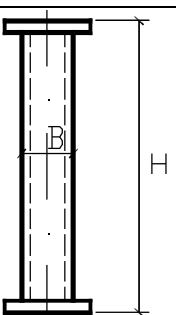
При складанні конструкцій і елементів не повинна допускатися зміна їхньої форми, не передбачена технологічним процесом, а при кантуванні і транспортуванні – їх залишкове деформування.

2.7.2 Граничні відхилення геометричних розмірів деталей, що передаються на складання під зварювання, не повинні перевищувати граничних відхилень, наведених у проектній документації. У випадку, коли в проектній документації граничні відхилення не наведені, слід дотримуватися вимог, наведених у табл. 2.7.1.

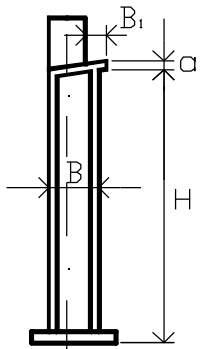
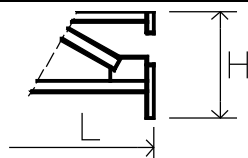
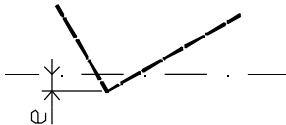
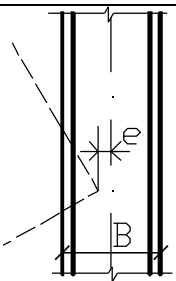
Таблиця 2.7.1

ВИД ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ	ЕСКІЗ	ВЕЛИЧИНА ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ, ММ
1. Відхилення форми та лінійних розмірів перерізів елементів		
<u>Двотаврові і таврові перерізи:</u> – відхилення по висоті H		$\pm 3,0$
Зсув стінки щодо осі полиці: – неперпендикулярність полиці a – неперпендикулярність полиці c		$\leq 0,5t_{ct},$ t_{ct} – товщина стінки $0,01 B,$ B – ширина полиці
– стріла прогину стінки балки, не підкріпленої поперечними ребрами жорсткості f – те ж, укріпленої ребрами жорсткості		$0,01 H \leq t_{ct}$ $0,05 H \leq t_{ct}$
<u>Двохстінчаті балки коробчатого перерізу:</u> – відхилення висоти H – відхилення ширини B – неперпендикулярність полиць c – стріла прогину стінок f		$\pm 3,0$ $\pm 3,0$ $\pm 0,015B \leq t_{ct},$ t_{ct} – товщина стінки $\pm 0,015H \leq t_{ct}$

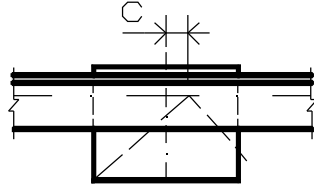
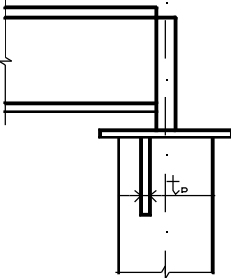
Продовження таблиці 2.7.1

ВИД ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ	ЕСКІЗ	ВЕЛИЧИНА ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ, ММ
<u>Трубчасті перерізи:</u> – відхилення зовнішнього периметра труби від теоретичного розміру $P = \pi D$, де D – діаметр труби – овальність перерізу труби в місцях, підкріплених ребрами жорсткості D_1 – те ж, у місцях, не підкріплених ребрами жорсткості		$\pm 0,75 t_{ст},$ $t_{ст}$ – товщина стінки труби $\pm 0,01 D$ $\pm 0,02 D$
2. Відхилення розмірів елементів з болтовими з'єднаннями		
Фрикційні, зрізні та фрикційно-зрізні при: $L \leq 6000$ мм $L \geq 6000$ мм		$\pm 3,0$ $\pm 5,0$
<u>Фланцеві з'єднання:</u> – відхилення довжини елемента L за наявності компенсаційних прокладок – неперпендикулярність фланця щодо осі елемента a – місцева нещільність робочої поверхні фланця		$0 \dots 5,0$ $0,0007 B, B$ – габарит перерізу елемента $0,3$
3. Відхилення розмірів L елементів з монтажними з'єднаннями: – стиковими зварними – те ж, що з'єднуються на накладках		$0 \dots 5,0$ $0 \dots 10,0$
4. Відхилення розмірів H елементів, що передають опорні зусилля через торці: – відхилення по висоті стійок і колон, що монтуються в один і два яруси – те ж, у три яруси і більше – неперпендикулярність торців щодо розміру перерізу торця – неплоскостинність опорної поверхні		$\pm 5,0$ $\pm 3,0$ $0,0007 B, B$ – габарит перерізу $0,3$

Продовження таблиці 2.7.1

ВИД ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ	ЕСКІЗ	ВЕЛИЧИНА ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ, ММ
– відстань H від опорної плити стійки, колони до опорної поверхні столиків, консолей, траверс тощо – неперпендикулярність a опорної поверхні столиків, консолей, траверс щодо осі колон (по ширині опорної поверхні B_1)		$\pm 3,0$ $0,001B_1$
– відхилення висоти балки H_B від верхнього пояса до опорної поверхні при передачі зусилля через торці опорних ребер – те ж, через опорні плити		$\pm 2,0$ $\pm 5,0$
5. Ферми з передачею зусиль через торцеві опорні ребра: – відхилення H від опорної поверхні ребра до зовнішньої поверхні верхнього пояса		$\pm 5,0$
Відхилення лінійних розмірів елементів наскрізних конструкцій: – відхилення довжини L складальних одиниць при наявності в монтажних з'єднаннях чи прокладок при зварному з'єднанні з накладками; – відхилення висоти на опорі: – те ж, у стиках – те ж, в інших місцях		$\pm 10,0$ $\pm 5,0$ $\pm 3,0$
Розцентрування елементів решіток щодо осі пояса e : – для конструкцій із труб, прямокутних профілів, двотаврів і швелерів, стійок і колон – розцентрування відносно вертикальної осі – те ж, для конструкцій з парних кутників і таврів		$\pm 10,0$ $\pm 5,0$ $0,04B, B$ – габарит перерізу

Закінчення таблиці 2.7.1

ВИД ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ	ЕСКІЗ	ВЕЛИЧИНА ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ, ММ
6. Гранично допустимі прогини елементів у площині та з площини по довжині L і висоті H		$0,03 B$ $0,001 H$ $0,001 L$
7. Відхилення s вузлових фасонок наскрізних конструкцій і фасонок для приєднання в'язей, балок тощо		$\pm 5,0$
8. Зсув ребер і діафрагм жорсткості при передачі зосереджених навантажень у траверсах колон, опорних вузлах балок, рамних вузлах тощо Зсув і відхилення від проектної осі ребер жорсткості і діафрагм, що забезпечують стійкість стінки		$0,25t_p$ t_p – товщина ребра $\pm 10,0$

2.7.3 Прихватки, призначені для з'єднання деталей, що складаються, повинні розміщуватися в місцях розташування зварних швів.

Розміри перерізу прихваток повинні бути мінімально необхідними для забезпечення розплавлення їх при накладанні швів проектного перерізу. Довжина прихваток у конструкціях, виконаних зі сталей класу до С390 включно, повинна бути не меншою за 50 мм, відстань між прихватками – не більшою за 500 мм, а в конструкціях, виконаних зі сталі класу С440, – відповідно 100 і 400 мм при катеті шва прихватки, який приймається не більше половини катета шва зварного з'єднання.

Прихватки для складання конструкцій повинні бути виконані із застосуванням тих самих зварювальних матеріалів і такої самої якості, що й основні шви зварних з'єднань.

На деталях, виготовлених зі сталей класу до С390 включно, дозволяється виконання прихваток поза місцями розташування швів для тимчасового скріплення деталей у процесі їхньої обробки (пакетного свердління, гнуття тощо). Ці прихватки після виконання свого призначення повинні бути вилучені, а місця їхнього розміщення зачищені.

У зварних з'єднаннях, що виконуються автоматами і напівавтоматами, складальні прихватки виконуються електродами, що забезпечують задану міцність з дотриманням вимог, що висуваються до постійних зварних з'єднань.

2.7.4 Форми кромки і розміри зазорів при складанні зварних з'єднань, а також вивідних планок повинні відповідати величинам, зазначеним у ГОСТ 5264-69, ГОСТ 8713-70 і ГОСТ 14771-69 на шви зварних з'єднань, а в конструкціях зі сталі класу С440 – відповідати спеціальним вказівкам в кресленнях.

Усі місцеві уступи і зосереджені нерівності на складальних деталях, що перешкоджають щільному їхньому з'єднанню, слід до складання усувати плавним зачищенням за допомогою абразивного круга.

2.7.5 Пакети з деталей під болтові з'єднання повинні бути щільно стягнуті болтами, а отвори в пакетах – суміщені складальними пробками.

Щільність стяжки пакета при складанні перевіряється щупом товщиною 0,3 мм, який не повинен проходити всередину між складеними деталями більше ніж на 20 мм, і простукуванням болтів контрольним молотком вагою 0,5 кг. Болти при цьому не повинні тремтіти або переміщуватися.

Зазор між деталями в з'єднаннях, для яких проектом передбачене щільне припасування, не повинен

перевищувати 0,3 мм. При цьому щуп такої самої товщини не повинен проходити між приторцьованими поверхнями деталей.

Обушки парних кутиків, що лежать в одній площині, не повинні бути зміщені один відносно іншого більше ніж на 0,5 мм у межах вузлів і прикріплень і більше ніж на 1 мм на інших ділянках.

2.7.6 Загальне складання конструкцій повинно виконуватися шляхом послідовного з'єднання всіх елементів конструкції або окремих її частин. При цьому, повинно бути виконано припасування всіх з'єднань, включаючи розсвердлювання монтажних отворів і встановлення фіксуючих пристроїв. На всіх відправних елементах має бути проставлено індивідуальне маркування і нанесені риси.

2.7.7 Контрольне і загальне складання конструкцій з монтажними болтовими з'єднаннями повинно виконуватися на підприємстві-виробнику, якщо це обумовлено в проектній документації; при цьому, якість виконання груп отворів у цих з'єднаннях повинна відповідати вимогам нормативної документації на монтаж конструкцій.

Контрольне складання конструкцій виконується також за вимогою технологічної документації виробника конструкцій під час періодичного контролю й випробування.

2.7.8 Загальне складання конструкцій, у тому числі негабаритних просторових конструкцій, монтаж яких здійснюється блоками, виконується при наявності цієї вимоги в проектній документації.

2.7.9 На заводі слід виконувати загальне складання наступних конструкцій у випадках, не обумовлених вимогами п. 2.7.7 і п. 2.7.8:

- колон загальною масою понад 20 т, підкранових балок прольотом понад 18 м, кроквяних і підкроквяних ферм прольотом понад 36 м, негабаритних ферм, підкраново-підкроквяних ферм прольотом 24 м і більше;

- веж (площинами);
- конічних частин труб;
- негабаритних бункерів;
- конструкцій транспортерних галерей — у межах одного конструктивного елемента (ферми, опори);

- листових конструкцій, при загальному складанні котрих одночасно повинно бути зібрано не менше трьох царг.

2.7.10 Кожен перший і, в подальшому, кожен десятий екземпляр однотипних конструкцій, виготовлених в кондукторах, повинен проходити контрольне складання, в процесі якого проводиться перевірка відповідності виготовлених конструкцій технічній документації.

До обсягу контрольного складання однотипних конструкцій повинні входити всі елементи і деталі, виготовлені з застосуванням усього комплексу кондукторів. Кількість влаштованих повномірних складальних болтів і пробок повинна бути не більшою за 30% від кількості отворів у групі, у тому числі пробок – не більше 3-х шт.

Періодичність контрольного складання конструкцій, виготовлених в кондукторах, може бути іншою, якщо це передбачено в технічній документації.

2.7.11 Для однотипних масових конструкцій, виготовлених на спеціалізованих виробництвах в кондукторах, слід проводити (якщо інше не обумовлено технічною документацією) контрольні складання за такою нормою – кожна п'ятидесята конструкція та не менше однієї від кожної виготовленої партії, обсяг якої становить менше 50 шт. Контрольному складанню підлягає також кожна перша конструкція.

2.8 Зварювання

2.8.1 Зварювання сталевих конструкцій слід здійснювати за розробленим на підприємстві технологічним процесом, оформленим у вигляді проекту виконання робіт (ПВР), технологічних карт тощо, у яких повинні враховуватися особливості і стан виробництва. Зварювання безпосередньо на будівництві рекомендується здійснювати за проектом виконання зварювальних робіт (ПВЗР).

2.8.2 Устаткування для зварювання повинно забезпечувати можливість ефективного виконання зварних з'єднань за технологічним регламентом. Стабільність параметрів режиму, заданого в технологічному регламенті, що забезпечується устаткуванням, повинна оцінюватися при операційному контролі процесу зварювання.

2.8.3 Механічні властивості металу зварних з'єднань повинні відповідати наступним вимогам:

- тимчасовий опір металу шва повинен бути не нижче, ніж тимчасовий опір основного металу;
- твердість металу шва – не вище, ніж 35 HV – для конструкцій 1-ї групи за п. 1.1.3.4, і 400 HV – для конструкцій інших груп;
- ударна в'язкість – $KCV^{-20} \leq 29 \text{ Дж/см}^2$;
- відносне видовження – не нижче 16%.

2.8.4 Зварювання наскрізних конструкцій, номенклатура яких визначається додатковими правилами для окремих видів споруд, дозволяється виконувати за загальними вказівками без спеціально розробленої технологічної документації.

2.8.5 Зварювання необхідно виконувати при стабільному режимі, встановленому технологічним процесом. Допускаються відхилення сили струму в розмірі $\pm 5\%$ та відхилення напруги дуги в розмірі $\pm 5\%$. Режим зварювання слід підбирати таким чином, щоб коефіцієнт форми провару шва складав: $b/h \geq 1,3$ – для кутового шва (рис. 2.8.1, а) і $b/h \geq 1,5$ – для стикового однопрохідного шва (рис. 2.8.1, б).

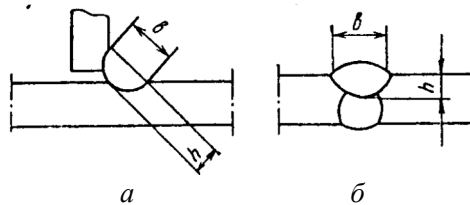


Рис. 2.8.1. Форма провару зварних з'єднань: а – кутового шва; б – стикового однопрохідного шва

2.8.6 При зварюванні особливо відповідальних і спеціальних конструкцій (категорій А, В за ДБН В.1.2-14-2008) біля шва зварного з'єднання повинен бути проставлений номер або знак зварника, що виконав цей шов. Номер або знак проставляється на відстані не меншій за 4 см від межі шва, якщо немає інших вказівок у технологічній документації.

2.8.7 При використанні металопрокату, який не підлягав консервації, поверхні, що проплавляються, і прилеглі до них зони металу завширшки не менше 20 мм, а також кромки листів у місцях примикання вивідних планок перед складанням повинні бути очищені до чистого металу з видаленням конденсаційної вологи. При наявності на конструкціях іржі, бруду тощо безпосередньо перед зварюванням очищення повинне бути повторене. Продукти очищення не повинні залишатися в зазорах між складеними деталями.

2.8.8 Зварювання сталевих конструкцій повинне виконуватися після перевірки правильності їхнього складання. Виконання кожного валика багат шарових швів зварних з'єднань допускається після очищення попереднього валика, а також прихваток від шлаку і бризок металу. Ділянки шарів шва з порами, раковинами і тріщинами повинні бути вилучені до накладення наступного шару.

2.8.9 При двосторонньому зварюванні швів стикових зварних з'єднань, а також кутових і таврових зварних з'єднань з обробленими кромками з наскрізним проплавленням необхідно перед виконанням шва зі зворотної сторони очистити корінь шва до чистого бездефектного металу. В процесі виконання автоматичного і напівавтоматичного зварювання при вимушеній перерві в роботі зварювання дозволяється відновити після очищення кінцевої ділянки шва довжиною 50 мм і кратера від шлаку; цю ділянку і кратер слід цілком перекрити швом.

2.8.10 Надання кутовим швам увігнутого профілю і плавного переходу до основного металу, а також виконання стикових швів без підсилення, якщо це передбачається технічною документацією, повинно, як правило, здійснюватися шляхом добору режимів зварювання та відповідним розташуванням зварюваних деталей. Механічна обробка швів виконується способами, що не залишають на їхній поверхні зарубин, надрізів та інших дефектів.

2.8.11 Початок і кінець шва стикового зварного з'єднання, а також шва кутового і таврового зварного з'єднання, виконаного автоматом, повинні виводитися за межі зварюваних деталей на початкові і вивідні планки. Ці планки видаляються кисневим різанням після закінчення зварювання. Місця, де були встановлені планки, слід зачищати. Запалювати дугу і виводити кратер на основний метал конструкції за межі шва забороняється.

2.8.12 Відхилення розмірів перерізу швів зварних з'єднань від проектних, що допускаються, не повинні перевищувати величин, зазначених у ГОСТ 5264-69, ГОСТ 8713-70 і ГОСТ 14771-69, а в конструкціях зі сталі класу С440 – відповідно до вказівок, наведених у технічній документації.

Риски від абразивної обробки після видалення вивідних планок повинні бути орієнтовані вздовж кромок зварюваних деталей. Всі опіки на поверхні основного металу від зварювання повинні бути зачищені абразивним кругом на глибину не меншу за 0,5 мм.

Ослаблення перерізу при обробці зварних з'єднань (заглиблення в основний метал) не повинно перевищувати 3 % від товщини металу.

Для видалення поверхневих дефектів з торця шва механічною обробкою дозволяється заглиблюватися в товщину металу на його вільній кромці з ухилом, що не перевищує 1:20, на величину $0,02B$, тут B – ширини листа, що зварюється, але не більше, ніж на 8 мм із кожної сторони, без підварювання. Після обробки торців швів необхідно закруглювати гострі грані.

2.8.13 Ручне і напівавтоматичне дугове зварювання конструкцій, виконаних зі сталей класу до С440 включно, при температурах сталі, нижче зазначених у табл. 2.8.1, слід виконувати з попереднім підігрівом сталі до 120...160°C в зоні зварювання на ширину 100 мм з кожної сторони з'єднання.

Зварювання листових об'ємних конструкцій зі сталі товщиною понад 20 мм має виконуватися способами, що забезпечують зменшення швидкості охолодження: каскадом, гіркою, двостороннім зварюванням секціями.

Зварювання конструкцій, виконаних зі сталі класу С590, слід здійснювати при температурі не нижче – 15°C – при товщині сталі до 16 мм і не нижче 0°C – при товщині сталі більше 16 до 25 мм. При більш низьких температурах зварювання сталі зазначених товщин необхідно виконувати з попереднім підігрівом до температури 120...160°C.

При товщині сталі понад 25 мм попередній підігрів слід виконувати в усіх випадках незалежно від температури навколишнього середовища.

Таблиця 2.8.1

Товщина сталі, мм	Мінімально допустима температура сталі, °С			
	Вуглецевої		Низьколегованої марок до С390 включно	
	Шви зварних з'єднань в конструкціях			
	Наскрізних	Листових об'ємних і суцільностінчатих	Наскрізних	Листових об'ємних і суцільностінчатих
до 16 (включно)	–30	–30	–20	–20

Товщина сталі, мм	Мінімально допустима температура сталі, °С			
	Вуглецевої		Низьколегованої марок до С390 включно	
	Шви зварних з'єднань в конструкціях			
	Наскрізних	Листових об'ємних і суцільностінчатих	Наскрізних	Листових об'ємних і суцільностінчатих
більше 16 до 30	–30	–20	–10	±0
більше 30 до 40	–10	–10	±0	+5
більше 40	±0	±0	+5	+10

2.8.14 Автоматичне зварювання дозволяється проводити без підігріву у конструкціях, виготовлених:

- з вуглецевої сталі завтовшки до 30 мм, якщо температура сталі не є нижчою за –30°C, а при більших товщинах – нижчою за –20°C;
- з низьколегованої сталі завтовшки до 30 мм, якщо температура сталі не є нижчою за –20°C, а при більших товщинах – нижчою за –10°C.

2.8.15 Автоматичне зварювання при температурах, які є нижчими за наведені у п. 2.8.14, може виконуватися тільки на підвищених режимах, які забезпечують збільшену подачу тепла і уповільнюють процес охолодження.

2.8.16 Електрошлакове зварювання конструкцій, виготовлених з вуглецевої і низьколегованої сталей, може виконуватися без обмеження температури сталі.

2.8.17 При температурі сталі, що є нижчою за –5°C, зварювання слід виконувати від початку до кінця шва без перерви, за винятком часу, необхідного на зміну електрода чи електродного дроту і зачищення шва в місці поновлення зварювання.

Припиняти зварювання до виконання шва проектного розміру і залишати незавареними окремі ділянки шва не допускається. У випадку змушеного припинення зварювання процес слід відновити після підігріву сталі до температури, що відповідає технологічному процесу, розробленому для зварюваних конструкцій.

2.8.18 Якість швів зварних з'єднань для кріплення складальних і монтажних пристроїв повинна бути не нижчою за якість основних швів.

2.8.19 Шви зварних з'єднань і конструкцій після закінчення зварювання повинні бути очищені від шлаку, бризок і напливів металу. Приварені складальні пристрої слід видаляти без застосування ударних впливів і пошкодження основного металу, а місця їх приварки зачищати до основного металу з видаленням усіх дефектів.

2.8.20 Контроль якості зварних швів сталевих конструкцій здійснюється методами, наведеними у табл. 2.8.2. Кількість швів, які контролюються, має бути зазначена в технічній документації на конструкцію.

Таблиця 2.8.2

Метод контролю	Конструкції
1. Систематична перевірка виконання заданого технологічного процесу складання і зварювання	Усі типи конструкцій
2. Зовнішній огляд всіх швів з перевіркою розмірів	Те ж саме
3. Вибірковий контроль ¹⁾ швів ультразвуковою дефектоскопією або просвічуванням проникаючим випромінюванням ¹⁾	Усі типи конструкцій за винятком зазначених у п. 6 цієї таблиці
4. Випробування всіх швів на непроникність	Листові конструкції при товщині металу до 16 мм

Метод контролю	Конструкції
одним із таких методів: – обприскуванням гасом; – обприскуванням мильною емульсією (при надлишковому тиску чи вакуумі)	включно, шви яких повинні бути герметичними
5. Випробування на непроникність і міцність повітряним, гідравлічним чи газовим тиском	Резервуари, трубопроводи і судини; при цьому, випробувальне середовище і величина тиску приймаються відповідно за додатковими правилами або проектом
6. Контроль фізичними методами без руйнування з'єднань, що контролюються	Типи конструкцій, для яких методи і норми контролю передбачаються додатковими правилами або проектом
7. Механічне випробування контрольних зразків	Те ж саме
8. Металографічне дослідження макрошліфів на торцях швів контрольних зразків або на торцях стикових швів зварних з'єднань	Те ж саме
¹⁾ Для вибіркового контролю дозволяється застосовувати інші методи контролю згідно з ДСТ 3242-69.	

2.8.21 За зовнішнім виглядом шви зварних з'єднань повинні задовольняти такі вимоги:

- мати гладку чи рівномірно лускату поверхню (без напливів, пропалів, звужень і розривів) і не мати різкого переходу до основного металу; у конструкціях, що сприймають динамічні навантаження, кутові шви повинні виконуватися з плавним переходом до основного металу;
- наплавлений метал повинен бути щільним по всій довжині шва, не мати тріщин і дефектів, окрім тих, що передбачені в п. 2.8.25;
- глибина підрізів основного металу не повинні перевищувати 0,5 мм – при товщині сталі від 4 до 10 мм, і 1 мм – при товщині сталі понад 10 мм, за винятком випадків, наведених у додаткових правилах;
- усі кратери повинні бути заварені.

2.8.22 Вибірковий контроль якості швів зварних з'єднань відповідно до п. 3 табл. 2.8.2 проводиться, як правило, у місцях перетинання швів і в місцях з ознаками дефектів.

Якщо в результаті вибіркового контролю буде встановлена незадовільна якість шва, контроль продовжують до виявлення фактичних меж дефектної ділянки, після чого весь шов на цій ділянці видаляють, знову заварюють і перевіряють повторно.

2.8.23 Перевірку герметичності швів зварних з'єднань гасом слід робити рясним обприскуванням стикових швів і введенням гасу під напуск. Обробка швів гасом повинна проводитися не менше двох разів з перервою 10 хв. На протилежній стороні, вкритій водяною суспензією крейди або каоліну, протягом 4 год. – при плюсовій температурі навколишнього повітря і 8 год. – при мінусовій температурі не повинні з'являтися плями.

2.8.24 При перевірці непроникності швів зварних з'єднань надлишковим тиском повітря або вакуумом на поверхні шва, вкритого мильною емульсією, не повинні з'являтися бульбашки.

2.8.25 Допускаються наступні дефекти швів зварних з'єднань, що виявляються фізичними методами контролю (за винятком випадків, зазначених у додаткових правилах):

- а) непровари по перерізу швів у з'єднаннях, доступних для зварювання з двох сторін, глибиною до 5% товщини металу, але не більше 2 мм при довжині непроварів не більше 50 мм, відстані між ними не менше 250 мм і загальній довжині ділянок непровару не більше 200 мм на 1 м шва;
- б) непровари в корені шва в з'єднаннях без підкладок, доступних для зварювання тільки з одного боку, глибиною до 15% товщини металу, але не більше як 3 мм;

в) окремі шлакові включення або пори, або скупчення їх (за групою А і В відповідно до ГОСТ 7512-69) розміром (за діаметром), що не перевищує 10% товщини металу, що зварюється, але не більше як 3 мм;

г) шлакові включення або пори, розташовані ланцюжком уздовж шва (за групою Б відповідно до ГОСТ 7512-69), при сумарній їхній довжині, що не перевищує 200 мм на 1 м шва;

д) скупчення газових пор і шлакових включень (за групою В відповідно до ГОСТ 7512-69) в окремих ділянках шва в кількості, що не перевищує 5 одиниць на 1 м² площі шва, при діаметрі одного дефекту не більше 1,5 мм;

е) сумарна величина непровару, шлакових включень і пор, розташованих окремо чи ланцюжком (за групами А і Б відповідно до ГОСТ 7512-69), що не перевищує в розглянутому перерізі при двосторонньому зварюванні – 10% від товщини зварюваних елементів, але не більше 2-х мм, і при односторонньому зварюванні без підкладок – 15%, але не більше 3-х мм.

У конструкціях, виконаних зі сталі марки С440, не допускаються дефекти швів, зазначені в підпунктах а) і б).

Шлакові включення або пори, що утворюють суцільну лінію вздовж шва, не допускаються.

2.8.26 У стикових і кутових швах зварних з'єднань конструкцій, що сприймають динамічні навантаження, а також у статично навантажених розтягнутих елементах допускаються одиничні пори або шлакові включення діаметром, що не перевищує 1 мм – для сталі завтовшки до 25 мм, і не більше 4% від товщини – для сталі завтовшки понад 25 мм, у кількості не більше чотирьох дефектів на ділянці шва довжиною 400 мм. Відстань між дефектами повинна бути не меншою за 50 мм.

У стикових і кутових швах статично навантажених стиснутих елементів допускаються одиничні пори і шлакові включення діаметром не більше 2-х мм у кількості не більше шести дефектів на ділянці шва довжиною 400 мм або не більше однієї групи цих самих дефектів на цій самій ділянці шва. Відстань між дефектами повинна бути не меншою за 10 мм.

Характер роботи елементів приймається за технічною документацією.

2.8.27 Якщо при вибіркового контролю були виявлені недопустимі дефекти, то необхідно виявити межі дефектної ділянки додатковим контролем поблизу місць з виявленими дефектами. Якщо при додатковому контролі будуть також виявлені недопустимі дефекти, контролю повинен підлягати весь шов.

2.8.28 Тріщини у швах зварних з'єднань не допускаються. Ділянка шва з тріщиною повинна бути засвердлена (з діаметром отвору 5...8 мм) в межах габариту тріщини плюс 15 мм з кожної її сторони, після чого виправлена відповідно до п. 2.8.31 з роззенковкою і заваркою отворів.

2.8.29 Пластини для механічних випробувань контрольних зразків повинні виготовлятися з тієї самої сталі, що й основний виріб. Пластини прилаштовуються до виробу таким чином, щоб шов пластин виконувався в тому самому просторовому положенні, що і шов зварюваного виробу, і був його продовженням. Пластини зварюються тим самим зварювальником із застосуванням тих самих режимів зварювання, матеріалів і устаткування, що і при зварюванні виробу.

2.8.30 Розміри пластин, форма і розміри зразків, а також спосіб вирізки зразків із заготовок повинні відповідати вимогам ГОСТ 6996–66. При цьому повинні бути проведені наступні випробування:

- на статичне розтягування стикового зварного з'єднання – 2 зразки; металу шва стикового, кутового і таврового з'єднання – по 3 зразки;

- на ударний вигин металу шва стикового з'єднання й навколошовної зони вздовж лінії сплавлення – по 3 зразки;

- на статичний вигин стикового з'єднання – 2 зразки;

- на твердість за алмазною пірамідою всіх з'єднань елементів, виготовлених з низьколегованої сталі – не менше ніж у чотирьох точках як металу шва, так і навколошовної зони – на одному зразку.

Нормовані показники механічних властивостей приймаються за нормами проектування металевих конструкцій. При незадовільних результатах випробувань відповідний шов повинен бути видалений, якість зварювальних матеріалів і режими зварювання, а також кваліфікація зварювальника додатково

перевірені.

2.8.31 Дефекти зварних з'єднань повинні усуватися такими способами:

- виявлені розриви швів і кратери заварюються; шви з іншими дефектами, що перевищують допустимі, видаляються на довжину дефектного місця плюс по 15 мм із кожної сторони і заварюються знову;
- підрізи основного металу, що перевищують допустимі, зачищаються і заварюються з наступним зачищенням, що забезпечує плавний перехід від наплавленого металу до основного. Виправлення негерметичних швів зварних з'єднань шляхом закарбування забороняється. Виправлені дефектні шви або частини їх повинні бути знову оглянуті.

2.8.32 Залишкові деформації конструкцій, що виникли після зварювання і перевищують допустимі величини, повинні бути виправлені способами термічного, механічного або термомеханічного впливу відповідно до вимог п. 2.5.3 і п. 2.5.4.

2.8.33 Під час виконання зварювальних робіт потрібно дотримуватися вимог НАПБ А.01.001-2004.

2.9 Влаштування отворів і контрольне складання

2.9.1 Усі монтажні отвори повинні бути влаштованими на проектний діаметр на підприємстві-виробнику за винятком отворів, обумовлених у проекті відповідно до технології виконання монтажних робіт.

Утворення отворів на менший діаметр із наступним розсвердлюванням на проектний виконується тільки у випадках, передбачених технічною документацією.

2.9.2 Влаштування отворів продавлюванням забороняється застосовувати для сталей з межею текучості понад 350 МПа.

2.9.3 Співвідношення між товщиною металу і діаметром отвору при продавлюванні не повинно перевищувати таких величин:

- для болтів класів міцності 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 8.8 – не більше $0,7t/d_b$, де $t \leq 20$ мм;
- для болтів класів міцності 10.9 і вище – не більше $0,5t/d_b$, де $t \leq 12$ мм.

2.9.4 Забороняється виконувати продавлювання отворів у конструкціях І групи за п. 1.3.5 при співвідношенні товщини металу і діаметра отвору, що перевищує $0,5t/d_b$.

2.9.5 У випадках, не передбачених у п.п. 2.9.2 – 2.9.4, влаштування отворів продавлюванням можна допускати без обмежень.

2.9.6 Номінальні діаметри болтів класу точності В і С, а також високоміцних і відповідні їм номінальні діаметри отворів наведені в табл. 2.9.1.

Таблиця 2.9.1

Металовироби і отвори	Номінальний діаметр*, мм					
Стержні болтів класу точності В, С, а також високоміцних	12	16	20	24	30	36
Отвори для болтів:						
– не високоміцних	15	19	23	28	33	39
– високоміцних	–	–	21	25	31	–
	–	–	23	28	33	–
	–	–	25	30	35	–

Металовироби і отвори	Номінальний діаметр*, мм
* діаметр отвору приймається за проектом	

2.9.7 Номінальні діаметри отворів для болтів підвищеної точності приймаються рівними номінальним діаметрам стрижнів болтів.

2.9.8 Граничні відхилення діаметрів отворів залежно від способу їх утворення наведені в табл. 2.9.2.

Таблиця 2.9.2

СПОСІБ УТВОРЕННЯ ОТВОРУ	ДІАМЕТР ОТВОРУ	ГРАНИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ ДІАМЕТРА, мм
Продавлювання	до 15	+ 0,6
	понад 15 до 23	+ 0,9
Свердління	понад 23	+ 1,2
	до 27	+ 0,6
	понад 27	+ 0,9

2.9.9 Свердління або розсвердлювання монтажних отворів повинно виконуватись після завершення зварювання елементів.

Допускається свердління монтажних отворів у складальних деталях і гілках конструкцій за умови складання елементів у кондукторах.

Розсвердлювання отворів при загальному складанні слід виконувати після закінчення складання і перевірки всіх розмірів, включаючи ординати будівельного підйому.

2.9.10 Заводські отвори, виконані на проектний діаметр для болтів грубої і нормальної точності, а також високоміцних, повинні задовольняти у складеній конструкції таким вимогам:

– калібр, діаметр якого на 1,5 мм є меншим за номінальний діаметр отвору, до прочищення отворів повинен пройти не менше ніж у 75% отворів кожної групи, в іншому випадку виконується повторне складання і перевірка отворів калібром;

– якщо при повторному складанні кількість отворів, у які пройде калібр, буде меншою за 75 % від загальної кількості отворів у групі, допускається виконувати розсвердлювання отворів на наступний більший діаметр із перевіркою міцності болтового з'єднання розрахунком.

2.9.11 Контроль якості і розташування монтажних отворів, просвердлених в елементах конструкцій по кондукторах, проводиться:

а) перевіркою, після контрольного складання з вивіркою будівельного підйому, усіх монтажних отворів калібром, діаметр якого на 1 мм є менший за проектний діаметр отвору. При цьому калібр повинен пройти не менше ніж у 85% отворів кожної групи.

У випадку, якщо калібр проходить менше ніж у 85% отворів кожної групи, а також у випадку недотримання вимог п. 2.9.10, виконується повторне контрольне складання з інших елементів даної конструкції. Якщо при повторному контрольному складанні якості отворів не буде задовольняти висунутим вище вимогам, кондуктори, за якими оброблялися ці монтажні отвори, підлягають виправленню, а всі конструкції, виготовлені з застосуванням цих кондукторів, підлягають загальному складанню для виправлення дефектних отворів способами, передбаченими для заводських отворів. Конструкції, в яких монтажні отвори виправлені, повинні мати індивідуальне маркування відправних елементів;

б) перевіркою складальними кондукторами, пристроями (фіксаторами) або спеціальними контрольними шаблонами, що дозволяють контролювати взаємне розташування отворів одночасно в декількох монтажних вузлах.

2.9.12 Приймання розсвердлених отворів при загальному складанні конструкцій виконується до її

розбирання. Задирки на краях отворів повинні бути вилучені без зняття фасок.

2.10 Грунтування і фарбування

2.10.1 Усі сталеві конструкції повинні бути погрунтовані і пофарбовані на підприємстві-виробнику відповідно до вказівок проекту.

2.10.2 При грунтуванні і фарбуванні слід виконувати такі вимоги:

а) перед грунтуванням сталеві конструкції повинні бути очищені від забруднень і знежирені;
б) грунтування може виконуватися тільки після перевірки якості очищення сталевих конструкцій, а нанесення фарбувальних матеріалів – після перевірки якості грунтування; при виконанні робіт слід дотримуватися технології, що наведена в нормативних документах і технічних умовах на застосовувані матеріали;

в) у конструкціях не підлягають грунтуванню і фарбуванню зони монтажного зварювання на ширину 100 мм по обидві сторони від шва, а також поверхні, обумовлені в кресленнях, і контактні поверхні монтажних з'єднань на високоміцних болтах;

г) грунтування і фарбування слід проводити при плюсовій температурі навколишнього повітря і конструкцій (не нижче 5°C); нанесення грунтовок і фарбувальних матеріалів при мінусовій температурі допускається при застосуванні матеріалів і методів проведення робіт, що забезпечують належну якість грунтування і фарбування;

д) частини сталевих конструкцій, що підлягають бетонуванню, не грунтуються, не фарбуються, а покриваються цементним молоком;

е) рулоновані конструкції слід грунтувати на заводі-виробнику грунтом, який швидко висихає;

ж) грунтовки і покривні матеріали повинні наноситися рівними шарами без пропусків і патьоків; товщина шарів визначається технологічними інструкціями;

з) при грунтуванні і фарбуванні пневматичними розпилювачами стиснене повітря повинно бути очищене від вологи, масел і пилу та відповідати вимогам ГОСТ 9.010-73.

2.10.3 Конструкції, виготовлені в польових майстернях при температурі зовнішнього повітря нижчій за 5°C, дозволяється грунтувати та фарбувати в процесі монтажу при температурі 5°C і вище.

2.10.4 Башмаки колон, у яких бетон не включений в роботу споруди, можуть бути погрунтовані і пофарбовані.

2.11 Покриття конструкцій гарячим цинкуванням і алюмінізація

2.11.1 Поверхні конструкцій перед покриттям гарячим цинкуванням або алюмінізацією повинні бути оброблені методом травлення або підлягати дробометальній чи піскоструминній обробці колотим чавунним дробом.

2.11.2 З метою запобігання утворення тріщин у цинкових і алюмінізованих покриттях у процесі експлуатації його товщина не повинна перевищувати 250 мкм.

Рекомендована товщина покриття у залежності від товщини металу для сталей з вмістом кремнію до 0,07 % і в межах від 0,12 до 0,4 % наведена в табл. 2.11.4.

Таблиця 2.11.4

ТОВЩИНА ПРОКАТУ t , ММ, ВИРІБ	ТОВЩИНА ОДНОГО ШАРУ ПОКРИТТЯ	
	мінімальна	максимальна
Сталь $t > 6$	95 ± 10	215 ± 25

ТОВЩИНА ПРОКАТУ T , ММ, ВИРІБ	ТОВЩИНА ОДНОГО ШАРУ ПОКРИТТЯ	
	мінімальна	максимальна
Сталь $3 < t \leq 6$	85 ± 15	140 ± 25
Сталь $1 < t \leq 3$	60 ± 10	80 ± 10
Ковані та чавунні вироби	85 ± 15	Не застосовувати
Дрібні деталі	55 ± 5	Те ж

2.11.4 При гарячому цинкуванні і алюмінізації на поверхні конструкцій допускають: дрібні крупинки гартцинку (діаметром не більш 2 мм), дрібні напливи цинку, що не перешкоджають з'єднанню елементів у місцях примикань, а також матові плями, сірий тон, невеликі ділянки кольору мінливості при відсутності пошкодження цинкового покриття, нерівномірну поверхню, що виникла під час складування і збереження, пористість, невеликі темні продукти корозії цинку і алюмінію.

2.11.5 Під час цинкування або алюмінізації металовиробів і деталей з нарізними з'єднаннями зовнішнє різьблення слід нарізати з мінусовим допуском на величину цинкового шару, а внутрішнє різьблення – після цинкування.

2.11.6 Дозволено електрозварювання оцинкованих і алюмінізованих конструкцій за спеціальною технологією з наступним очищенням і фарбуванням зон зварювання силікатними лакофарбовими матеріалами.

2.11.7 Оцинковані і алюмінізовані конструкції, призначені для експлуатації в ґрунті, повинні бути додатково покриті товстошаровими матеріалами на бітумній основі.

2.11.8 У разі необхідності тривалої експлуатації оцинкованих і алюмінізованих конструкцій в середньо і сильно агресивних середовищах вони повинні бути додатково пофарбовані.

2.11.9 Розміри конструкцій, що підлягають гарячому цинкуванню або алюмінізації, повинні бути погоджені з підприємством-виробником і повинні відповідати розмірам ванн для травлення і цинкування.

2.12 Маркування, приймання і відвантаження

2.12.1 Виготовлені конструкції повинні бути замарковані відповідно до технічної документації.

2.12.2 Виготовлені конструкції повинні бути прийняті відділом технічного контролю (ВТК) підприємства-виробника до ґрунтування та підготовки для цинкування або алюмінізації. Приймання якості ґрунтування, фарбування чи цинкування слід проводити додатково після їхнього виконання.

2.12.3 Відхилення від проектних лінійних розмірів відправних елементів конструкцій і від проектної геометричної форми не повинні перевищувати величин, наведених у табл. 2.7.1.

2.12.4 Шорсткість поверхні після стругання, фрезерування та свердління повинна бути не грубішою як для третього класу чистоти поверхні за ГОСТ 2789-73.

2.12.5 Підприємство-виробник сталевих конструкцій по закінченні всього замовлення або окремих його частин повинен видавати сертифікати на виготовлені сталеві конструкції.

2.12.6 Виступаючі частини конструкцій, що транспортуються, повинні бути підкріплені, а місця монтажних з'єднань захищені від забруднення.

2.12.7 Оброблені (фрезеровані) торці, що передають зусилля, і поверхні тертя шарнірів і інших механічних деталей, а також поверхні кочення опорних частин повинні бути покриті змащенням. Окрім того, отвори для шарнірів повинні бути захищені дерев'яними заглушками.

3 ВИМОГИ МОНТАЖУ

Вимоги даного розділу поширюються на виконання і приймання робіт, що виконуються під час монтажу (демонтажу) сталевих конструкцій при будівництві і реконструкції підприємств, будівель і споруд загального призначення.

3.1 Загальні положення

3.1.1 Монтаж і демонтаж сталевих конструкцій мають здійснювати організації незалежно від форм власності і приналежності, що мають необхідні ліцензії відповідно до чинного законодавства України.

3.1.2 Усі роботи по монтажу, демонтажу і реконструкції будівель та споруд з металевих конструкцій належить виконувати відповідно до затвердженого проекту виконання робіт (ПВР).

3.1.3 Під час виконання монтажних та демонтажних робіт слід дотримуватись відповідних стандартів, будівельних норм та правил з організації будівельного виробництва і охорони праці та промислової безпеки в будівництві, правил пожежної безпеки при проведенні будівельно-монтажних робіт, а також вимоги органів державного нагляду.

3.1.4 У проекті виконання робіт (ПВР) поряд із загальними вимогами ДБН А.3.1-5-96 мають бути передбачені:

- послідовність монтажу;
- заходи, що забезпечують необхідну точність монтажу;
- просторова геометрична незмінюваність конструкцій в процесі їх укрупнювального збирання та встановлення в проектне положення;
- стійкість конструкцій та частин будівлі (споруди) в процесі зведення;
- ступінь укрупнення конструкцій з урахуванням вантажопід'ємності механізмів;
- безпечні умови праці.

3.1.5 Виробництво подальших будівельно-монтажних робіт дозволяється починати лише після повного закінчення всіх робіт зі збирання, зварювання, встановлення болтів на даній (попередній по черговості монтажу) секції.

3.1.6 Дані про виконання будівельно-монтажних робіт слід в ході їх виконання заносити до журналів робіт з монтажу будівельних конструкцій, зварювальних робіт, антикорозійного захисту зварних з'єднань, замонолічування монтажних стиків і вузлів, виконання монтажних з'єднань на болтах з контрольованим натягом, а також фіксувати під час монтажу конструкцій їх положення на геодезичних виконавчих схемах.

3.1.7 Під час монтажу повинен бути забезпечений контроль за виконанням правил цього розділу, робочих креслень, ПВР та технологічних карт, із занесенням результатів контролю у журнали проміжного приймання робіт, а також у виконавчу документацію.

3.1.8 Контроль повинен здійснюватися на стадіях монтажу та приймання робіт при:

- виготовленні деталей;
- збиранні елементів і конструкцій під зварювання або встановлення болтів;
- зварюванні і постановці болтів;
- загальному або контрольному збиранні;
- попередньому напруженні конструкцій;
- укрупнювальному збиранні та встановленні;
- випробуванні конструкцій.

3.1.9 Контроль якості здійснюється лінійним інженерно-технічним персоналом.

Якість і марки матеріалів, що використовуються під час монтажу конструкцій відповідно до проекту, повинні задовольняти вимоги відповідних стандартів і технічних умов та засвідчуватись сертифікатами або паспортами заводів-постачальників; допускається засвідчувати якість і марки лабораторними випробуваннями відповідно до вимог, встановлених стандартами.

3.1.10 Деформовані конструкції слід виправляти. Правлення може бути виконане без нагріву пошкодженого елемента (холодне правлення) або з попереднім нагрівом (правлення в гарячому стані) термічним або термомеханічним методом. Холодне правлення конструкцій необхідно проводити способами, що виключають утворення вм'ятин, вибоїн та інших пошкоджень на поверхні прокату. Холодне правлення допускається лише для плавно деформованих елементів.

3.1.11 Для роботи при низьких температурах необхідно застосовувати монтажне та слюсарне обладнання, придатне для експлуатації в цих умовах відповідно до діючих нормативно-технічних вимог.

3.1.12 При виконанні монтажних робіт забороняються ударні дії на зварні конструкції, виготовлені зі сталей:

- з межею текучості до 390 МПа (40 кгс/мм²) включно – при температурі нижче –25°C;
- з межею текучості понад 390 МПа (40 кгс/мм²) – при температурі нижче ±0°C.

3.2 Транспортування, зберігання і подавання до монтажу

3.2.1 Перевезення та тимчасове складування конструкцій (виробів) в зоні монтажу слід виконувати відповідно до вимог стандартів на ці конструкції (вироби), ПВР та технологічних карт.

3.2.2 Для нестандартизованих конструкцій (виробів) слід дотримуватися таких вимог:

- конструкції повинні знаходитися, як правило, в положенні, що відповідає проектному, а при неможливості виконання цієї умови – в положенні, зручному для транспортування і передавання до монтажу за умови забезпечення їх міцності та стійкості;
- конструкції повинні обпиралися на інвентарні підкладки та прокладки прямокутного перерізу, що розташовуються в місцях, зазначених у проекті на виконання робіт;
- конструкції повинні бути надійно закріплені від перекидання, поздовжнього та поперечного зсуву, взаємних ударів одна об одну або об конструкцію транспортних засобів;
- заводське маркування повинно бути доступним для огляду;
- дрібні деталі для монтажних з'єднань слід прикріплювати до відправних елементів або відправляти одночасно з конструкціями в тарі, забезпеченій бирками із зазначенням марок деталей та їхньої кількості, ці деталі слід оберегти від прямої дії атмосферних опадів.

3.2.3 Усі конструкції на складі повинні бути:

- розсортованими за об'єктами, марками та черговістю монтажу;
- оглянуті (при цьому, виявлені пошкодження повинні бути усунені);
- підготовлені до монтажу (очищені від бруду та іржі, при цьому опорні частини змащені, облаштовані монтажними пристосуваннями; на елементи конструкцій нанесені риси осей, центрів ваги, позначені місця стропування).

3.2.4 Розвантаження і зберігання конструкцій, а також їхнє транспортування повинні проводитися без пошкодження конструкції і фарбування. Скидання конструкцій з транспортних засобів забороняється.

3.2.5 Під час укладання конструкцій на складі і на транспортні засоби повинні виконуватися наступні вимоги:

- конструкції повинні бути укладені на підкладки, відстань між якими повинна виключати утворення залишкових деформацій;
- ферми і балки, а також завальцовані листи слід зберігати у вертикальному положенні.

3.2.6 Конструкції, що мають пошкодження, необхідно підсилити або замінити новими за узгодженням з авторами проекту.

3.3 Укрупнювальне збирання

3.3.1 Граничні відхилення розмірів, що визначають збираність конструкцій, мають бути наведені в технічній документації.

3.3.2 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхилення розмірів, що визначають збираність конструкцій (довжина елементів, відстань між групами монтажних отворів), при збиранні окремих конструктивних елементів і блоків не повинні перевищувати величин, наведених в табл. 3.3.1.

Таблиця 3.3.1

Інтервали номінальних розмірів, мм	Граничні відхилення, мм		Контроль
	лінійних розмірів	рівність діагоналей	
Від 2 500 до 4 000	±5	±12	Вимірювальними методами для кожного конструктивного елемента і блока із реєстрацією в журналі робіт
Понад 4 000 до 8 000	±6	±15	
Понад 8 000 до 16 000	±8	±20	
Понад 16 000 до 25 000	±10	±25	
Понад 25 000 до 40 000	±12	±30	

3.4 Стропування, підйом, встановлення конструкцій в проектне положення

3.4.1 Підйом гнучких конструкцій слід виконувати із застосуванням елементів підсилення або пристроїв, які перешкоджають виникненню в елементах залишкових деформацій.

3.4.2 Рекомендується об'єднувати елементи в монтажні блоки, з'єднуючи сусідні елементи в'язями, розпірками і металевими панелями, що забезпечує стійкість і відповідну міцність монтажного блоку.

3.4.3 Під час кріплення конструкцій шляхом безпосередньої ув'язки стропів, точки стропування вибирають так, щоб в цих місцях були розташовані ребра жорсткості, діафрагми та інші елементи, що оберігають конструкцію від пошкодження в місцях стропування. Якщо ця умова не може бути дотримана, в розрахункових точках стропування слід передбачати елементи підсилення, що необхідно обумовити в додаткових технічних вимогах до заводу-виготовлювача.

3.4.4 Підняту конструкцію необхідно орієнтувати в просторі, наводити на проектні опори і плавно опускати на них відразу в проектне положення, при цьому розбивочні осі на опорах слід поєднувати з осями на встановлюваних елементах. У момент встановлення на опори особливу увагу необхідно звертати на збереження конструкцій від поштовхів і ударів.

3.4.5 При встановленні конструкцій в проектне положення для його фіксації достатньо сумістити хоча б один отвір в деталях, що з'єднуються. Отвори сполучають в процесі опускання або повороту конструкції за допомогою монтажних ломиків або штирів (пальців), в необхідних випадках – за допомогою талів або домкратів. Не дозволяється проводити суміщення отворів конусними штирями,

ударами кувалди та іншими силовими впливами.

3.4.6 Стропування елементів під час монтажу слід проводити в місцях, вказаних у робочих кресленнях та ПВР, і забезпечувати їхнє підймання і подачу до місця встановлення в положення, що є близьким до проектного.

3.4.7 Забороняється стропування конструкцій в довільних місцях. Схеми стропування укрупнених плоских та просторових блоків повинні забезпечувати при підйманні їх міцність, стійкість і незмінність геометричних розмірів і форм.

3.4.8 Піднімати конструкції необхідно в два прийоми: спочатку на висоту 20...30 см, пізніше, після перевірки надійності стропування, виконувати подальше підймання. Конструкції слід встановлювати в проектне положення за прийнятими орієнтирами (рискам, штирям, упорам, граням тощо). Конструкції, які мають спеціальні закладні або інші фіксуючі пристрої, належить встановлювати за цими пристроями.

3.4.9 Отвори в монтажних з'єднаннях, виконуваних на болтах підвищеної точності, при установці конструкцій повинні бути заповнені тимчасовими болтами і пробками. Діаметр пробок повинен відповідати діаметру отворів.

3.4.10 Кількість пробок визначається розрахунком, при цьому зусилля, що припадає на пробку, допускається приймати таким самим, як на болт. Болтами заповнюється не менше 1/3, а пробками не менше 1/10 від загальної кількості отворів. При кількості отворів 5 і менше у вузлі необхідно встановити не менше одного болта і однієї пробки.

3.4.11 Отвори в з'єднаннях на болтах грубої та нормальної точності при установці конструкцій заповнюються постійними болтами та пробками у такій самій кількості, яка зазначена у п. 3.4.10.

3.4.12 Балки шляхів підвісного транспорту та інші елементи, які обпираються на конструкції покриття (мостики для обслуговування світильників, балки та монорельси для експлуатаційних ремонтів мостових кранів з площадками обслуговування), доцільно встановлювати під час збирання блоків.

3.5 Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів

3.5.1 На всіх стадіях виконання робіт необхідно забезпечувати стійкість і геометричну незмінюваність зведеної (демонтованої) частини споруди, що досягається дотриманням певної послідовності монтажу (демонтажу) вертикальних і горизонтальних елементів конструкцій, а також встановленням постійних або тимчасових в'язей.

3.5.2 Під час монтажу (демонтажу) конструкцій слід забезпечувати:

- стійкість і незмінюваність положення частини конструкцій споруди на всіх стадіях;
- безпеку провадження монтажних робіт на об'єкті;
- виконання правил пожежної безпеки під час проведення монтажних робіт;
- перевірку точності положення конструкцій за допомогою постійного геодезичного контролю;
- міцність монтажних з'єднань.

3.5.3 Заходи щодо забезпечення стійкості в процесі монтажу (демонтажу) конструкцій слід передбачати в проекті виконання робіт (ПВР) з урахуванням конструктивно-компонувальних рішень (включаючи монтажні з'єднання), матеріалу конструктивних елементів і місцевих умов.

3.5.4 Стійкість і геометричну незмінюваність положення конструкцій будівель і споруд, які монтуються (демонтуються), слід забезпечувати дотриманням послідовності встановлення і монтажу конструктивних елементів і блоків. Це досягається шляхом членування будівель в плані і по висоті на окремі стійкі секції (прольоти, поверхи, яруси, частини каркасу між температурними швами тощо), послідовність монтажу (демонтажу) яких забезпечує стійкість і геометричну незмінюваність змонтованих (демонтованих) конструкцій в даній частині будівлі.

3.5.5 Для одноповерхових виробничих будівель слід дотримуватися наступної послідовності монтажу (демонтажу) конструктивних елементів:

- монтаж колон в секції слід розпочинати з в'язевої панелі. Якщо за якихось умов вказану вимогу виконати неможливо, то необхідно обладнати тимчасову в'язеву панель з перших встановлених колон ряду, підкранової балки (або розпірки) і тимчасових вертикальних в'язей між ними, які влаштовують нижче за рівень підкранової балки (розпірки). Далі слід встановити наступну колону і розкріпити (прив'язати) її до тимчасової в'язевої панелі за допомогою підкранової балки або розпірки;

- демонтаж колон в секції слід виконувати у зворотній послідовності, тобто спочатку слід знімати підкранову балку (або розпірку) рядової панелі і колону, що розкріплена даною балкою (розпіркою), з розрахунку, що решта колон залишаються розкріпленими підкрановими балками (розпірками) з в'язевою панеллю. Останніми слід демонтувати колони в'язевої панелі;

- монтаж конструкцій покриттів слід розпочинати з в'язевої панелі (а, якщо це неможливо, то з будь-якої панелі, встановивши між сусідніми фермами горизонтальні і вертикальні в'язі). Наступну змонтовану ферму необхідно розкріплювати (прив'язувати) до в'язевої панелі розпірками;

- демонтаж конструкцій покриттів слід виконувати у зворотній послідовності, тобто спочатку необхідно демонтувати елементи рядових панелей з розрахунку, що решта ферм залишатимуться розкріпленими розпірками з в'язевою панеллю. Останніми слід демонтувати ферми в'язевої панелі.

Монтаж (демонтаж) проводити на основі попередньо розробленого ПВР.

3.5.6 Під час монтажу конструкцій багатоповерхових будівель після встановлення колон вздовж осі в секції необхідно змонтувати ригелі, які забезпечують стійкість утвореної рами в поперечному напрямку. У поздовжньому напрямку стійкість слід забезпечувати за допомогою вертикальних в'язей між колонами і елементів розпірок. Якщо стійкість споруди в поздовжньому напрямку забезпечується стіновими конструкціями (про що повинно бути вказано в робочій документації), то їх слід зводити одночасно з конструкціями каркасу і перекриттів.

3.5.7 Під час підймання будь-якої конструкції слід вживати заходів, які перешкоджають виникненню залишкових деформацій.

3.5.8 Необхідність влаштування елементів монтажного підсилення визначається розрахунковим шляхом.

3.5.9 Гратчасті конструкції слід підсилювати за допомогою дерев'яних брусів або металевих прокатних профілів, які прикріплюються до елементу, стійкість якого може бути втраченою під час монтажу. Під час монтажного підсилення великої кількості ферм, раціональною є розробка ПВР, який передбачає монтаж ферм просторовими жорсткими блоками із застосуванням інвентарних в'язей, що забезпечують просторову жорсткість і геометричну незмінюваність блоку, і монтажних механізмів підвищеної вантажопідйомності.

3.5.10 Для тимчасового закріплення конструкцій у проектному положенні, що виконується до монтажу постійних в'язей, слід використовувати елементи тимчасового закріплення, переріз яких добирається за результатами розрахунку відповідно до величини діючих монтажних навантажень.

3.5.11 Конструкція тимчасових кріплень і в'язей повинна забезпечувати стійкість елемента, що

монтується, і дозволяти виконувати вивірку його просторового положення.

3.5.12 Змонтовані елементи конструкцій перед їх звільненням від монтажного механізму повинні бути надійно закріплені болтами, пробками, прихватками, з влаштуванням постійних або тимчасових в'язей, розпірок, розчалок тощо, передбачених ПВР.

3.5.13 В усіх випадках при зведенні будівель обов'язковою умовою є повна готовність змонтованих сталевих конструкцій в секції до виконання подальших робіт (загальнобудівельних, електро- і механомонтажних тощо) незалежно від стану монтажу конструкцій у сусідніх секціях.

3.5.14 Демонтаж конструкцій у секції слід починати тільки після повного розвантаження їх від технологічного устаткування, будівельних виробів, деталей і сміття.

3.5.15 Розрахунок стійкості елементів конструкцій під час монтажу/демонтажу слід виконувати відповідно до вимог нормативних документів щодо проектування металевих конструкцій та навантажень і впливів з урахуванням додаткових станів, які визначаються умовами монтажу/демонтажу.

3.5.16 Конструкції з монтажними зварними з'єднаннями слід закріплювати у два етапи – спочатку тимчасово, потім за проектом. Спосіб тимчасового закріплення з урахуванням вимог п. 2.7.3 повинен бути вказаний у проекті.

3.5.17 Інструментальна перевірка правильності встановлення конструкцій, а також їх остаточна вивірка та закріплення повинні проводитись по ходу монтажу кожної просторової жорсткої секції споруди.

3.5.18 Зварювання та остаточне закріплення постійних болтів можуть проводитись тільки після перевірки правильності положення встановлених конструкцій відповідних частин будівель і споруд.

3.5.19 Використовування встановлених конструкцій для прикріплення до них вантажних поліспастів, відвідних блоків і інших вантажопідйомних пристосувань допускається тільки у випадках, передбачених проектом виконання робіт за узгодженням з розробниками проекту.

3.5.20 Кріплення деталей для електротехнічних пристроїв, технологічних трубопроводів, систем сигналізації і автоматики до сталевих конструкцій повинні бути узгоджені з розробниками проекту.

3.5.21 Монтаж конструкцій кожного вище розташованого ярусу висотних споруд повинен проводитись після надійного закріплення елементів конструкцій нижче розташованого ярусу постійними або тимчасовими кріпленнями, передбаченими проектом виконання робіт. До закінчення перевірки проектного положення і надійного (тимчасового або проектного) закріплення встановленого елемента не допускається обпирає на нього вище розташовані конструкції, якщо таке обпирання, не передбачене ПВР.

3.5.22 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхилення суміщення орієнтирів (граней або рисок) при встановленні збірних елементів, а також відхилення від проектного положення змонтованих (зведених) конструкцій не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 3.5.1.

3.5.23 Відхилення на встановлення монтажних елементів, положення яких може змінитися в процесі їх постійного закріплення і навантаження подальшими конструкціями, повинні призначатися в ПВР з таким розрахунком, щоб вони не перевищували граничних значень після завершення всіх монтажних робіт. У разі відсутності в ПВР спеціальних вказівок величина відхилення елементів при встановленні не повинна перевищувати значень, що складають 40% від граничних відхилень, наведених у табл. 3.5.1.

Таблиця 3.5.1

Найменування відхилення	Відхилення, що допускається
<i>Колони і опори</i>	
1. Відхилення відмітки опорної поверхні колон і опор, що монтуються:	
а) на заздалегідь встановлені, виверені і підлиті цементним розчином сталеві опорні плити з верхньою строганою поверхнею (для колон з фрезерованими опорними торцями)	$\pm 1,5$ мм
б) безпосередньо на поверхні фундаментів, або на заздалегідь встановлені і виверені опорні плити з наступною підливкою цементним розчином	± 5 мм
2. Зсув осей колон і опор по відношенню модульної сітки осей (в опорному перерізі)	± 5 мм
3 Відхилення осі колони і опори від вертикалі у верхньому перерізі при висоті, м:	
до 15	15 мм
більше 15	0,001 висоти колони або опори, але не більше 35 мм
4. Стріла прогинання (кривизна):	
– колони	1/750 висоти колони, але не більше 15 мм
– опори	1/750 довжини елемента між точками закріплення, але не більше 15 мм
5. Найбільший односторонній зазор між поверхнями, що фрезеруються, в стиках колон	1/1500 розміру поперечного перерізу колони в стику
<i>Ферми, ригелі прольотних будов, прогони</i>	
6. Відхилення відміток опорних вузлів; ферм і ригелів	± 20 мм
прольотних будов	± 15 мм
7. Стріла прогинання (кривизна) між точками закріплення ділянок стиснутого пояса з площини ферми, ригеля або балки	1/750 величини закріпленої ділянки, але не більше 15 мм
8. Відхилення відстаней між осями ферм по верхньому поясу	± 15 мм
9. Відхилення відстаней між прогонами і між балками для установки опор транспортера	± 5 мм
<i>Підкранові шляхи</i>	
10. Відхилення відстаней між осями підкранових рейок одного прольоту	± 10 мм
11. Зсув осі підкранової рейки з осі підкранової балки	15 мм
12. Відхилення осі підкранової рейки від прямої	15 мм на ділянці довжиною 40 м
13. Різниця відміток головки підкранових рейок в одному розрізі прольоту будівлі:	
– на опорах	15 мм
– у прольоті	20 мм
14. Різниця відміток підкранових рейок на сусідніх колонах при L , м (тут L – відстань між колонами):	
– $L < 10$	10 мм
– $L > 10$	$L / 750$, але не більше 15 мм
15. Взаємний зсув торців суміжних підкранових рейок по висоті і в плані	2 мм

Закінчення таблиці 3.5.1

Найменування відхилення	Відхилення, що допускається
16. Зазор в стиках рейок (при температурі $\pm 0^{\circ}\text{C}$ і довжині рейки 12,5 м)	4 мм
<i>Сталевий оцинкований профільований настил</i>	
17. Відхилення довжини обпирання настилу на прогони в місцях поперечних стиків	0... 5 мм
Відхилення в положенні центрів отворів:	
18. для самонарізних болтів	± 5 мм
19. для комбінованих заклепок:	
– вздовж настилу	± 20 мм
– впоперек настилу	± 5 мм
Примітки: 1. Перелам осей підкранових рейок не допускається. 2. При зміні температури на 10°C допуск за поз. 16 змінюється на $\pm 1,5$ мм. 3. Різниця в довжині ділянок обпирання (при їхній довжині 50 мм і більше) кожного елемента (балки, ферми, ригеля, плити перекриттів і покриттів) не повинна перевищувати 10 мм.	

3.6 Попереднє напруження конструкцій

3.6.1 Попереднє напруження конструкцій здійснюється методом, що вказаний у проекті.

3.6.2 У конструкціях, попереднє напруження яких здійснюється натягом гнучких елементів, це напруження повинно виконуватися із забезпеченням таких вимог:

- гнучкі елементи із сталевих канатів повинні бути витягнуті на стенді зусиллям, що перевищує проектне на 20%, і витримані під натягом протягом 1-ї години;
- попереднє напруження конструкцій повинно бути виконано наступними етапами:
 - напруження зусиллям, значення якого сягає до 50% проектного, з витримкою під цим напруженням протягом 10-ти хвилин для огляду і вимірів;
 - напруження зусиллям, що сягає 100% проектного;
 - допустимі відхилення на обох етапах складають $\pm 5\%$; у передбачених проектом випадках попереднє напруження проводиться у декілька етапів, із поступовим доведенням його до проектної величини.

3.6.3 Величина зусиль і деформацій, а також граничні відхилення конструкцій, що напружуються гнучкими елементами, повинні бути наведені в проекті.

3.6.4 Контроль попереднього напруження конструкцій, виконаного методом штучного вигину (піддомкращуванням, зміною положення опор тощо), здійснюється нівелюванням положення опор в заданих точках, а також геометричної форми конструкції. Допустимі відхилення приймаються відповідно до проекту.

3.6.5 У попередньо напружених конструкціях забороняється приварювання елементів в місцях, що не вказані у проекті, особливо поблизу місць примикання канатів і пучків дроту.

3.6.6 Не дозволяється застосовувати натяжні пристрої для гнучких елементів без паспорта заводу-виробника, де наводяться дані про тарування пристроїв.

3.6.7 Величину попереднього напруження конструкцій і результати його контролю необхідно фіксувати в журналі виробництва робіт.

3.7 Монтажні з'єднання

До монтажних з'єднань слід відносити:

- з'єднання на болтах класів точності А, В і С;
- з'єднання на високоміцних болтах з контрольованим натягом;
- фланцеві з'єднання;
- спеціальні монтажні з'єднання (за допомогою втулок, пальців, коушів тощо);
- з'єднання за допомогою зварювання.

3.7.1 Загальні вимоги до болтових з'єднань

3.7.1.1 При збиранні з'єднань отвори в деталях конструкцій повинні бути суміщені і деталі зафіксовані від зсуву збірними пробками (не менше двох), а пакети щільно стягнуті болтами. В з'єднаннях з двома отворами збірну пробку встановлюють в одне з них.

3.7.1.2 У зібраному пакеті болти заданого в проекті діаметру повинні пройти у всі отвори. Допускається прочищення отворів кількістю до 20% від загальної кількості отворів у з'єднанні свердлом, діаметр якого дорівнює діаметру отвору, вказаному в технічній документації. При цьому в з'єднаннях, що працюють на зріз болта і зминання металу з'єднуваних елементів в отворі, допускається неспівпадіння отворів у суміжних деталях зібраного пакету величиною до 1 мм – для отворів в кількості до 50% від загальної кількості отворів у з'єднанні, і до 1,5 мм – для отворів в кількості до 10%. У випадку недотримання цієї вимоги з дозволу розробника технічної документації отвори слід розсвердлити на найближчий більший діаметр з установкою болта відповідного діаметру.

3.7.1.3 У з'єднаннях з роботою болтів на розтяг, а також у з'єднаннях, де болти встановлені конструктивно, чорнота не повинна перевищувати різниці номінальних діаметрів отвору і болта.

3.7.1.4 Забороняється використання болтів і гайок, що не мають клейма підприємства-виробника і маркування, що позначає клас міцності.

3.7.2 Монтажні з'єднання на болтах класів точності А, В і С

3.7.2.1 Голівки і гайки болтів, у тому числі анкерних, повинні щільно стикатися з площинами елементів конструкцій і шайб. Під голівки і гайки постійних болтів повинні обов'язково ставитись круглі шайби, не більше двох під гайку і однієї під головку. В місцях примикання головки або гайки до похилих площин необхідно влаштовувати косі шайби. При цьому, різьба болта повинна знаходитися ззовні отвору з'єднуваних елементів, а гладка частина стрижня не повинна виступати за межі шайби.

3.7.2.2 У кожному болті з боку гайки повинно залишатись не менше однієї нитки різьби з повним профілем.

3.7.2.3 Закріплення гайок на постійних болтах, а також анкерних повинно здійснюватися відповідно до вказівок технічної документації шляхом постановки контргайок або пружинних шайб.

3.7.2.4 Якість затягування постійних болтів повинна перевірятися шляхом обстукування молотком вагою 0,5 кг, при цьому, болт не повинен тремтіти або переміщатися, а щільність стягування – щупом відповідно до п. 3.7.3.19.

3.7.3 Монтажні з'єднання на високомісних болтах з контрольованим натягом

3.7.3.1 До монтажних з'єднань на високомісних болтах з контрольованим натягом відносяться:

- фрикційні або зсувостійкі з'єднання, в яких зовнішні зусилля сприймаються за рахунок опору сил тертя, що виникають по контактних площинах з'єднаних елементів від попереднього натягу болтів;
- фрикційно-зрізні з'єднання, в яких зовнішні зусилля сприймаються, головним чином, за рахунок подолання опору стисненню фланців від попереднього натягу високомісних болтів.

3.7.3.2 У фрикційних і фрикційно-зрізних з'єднаннях поверхні контакту деталей повинні бути оброблені способом, передбаченим в технічній документації. З поверхонь, що підлягають обробці, необхідно заздалегідь видалити масляні забруднення.

3.7.3.3 Вогняна обробка допускається при товщині металу не меншою за 5 мм. Перегрів металу при вогняній обробці не допускається. Після вогняної обробки окалина і продукти згоряння (шлак) повинні бути видалені.

3.7.3.4 До повного закріплення з'єднань високомісними болтами їх слід оберегати від попадання масла і, як правило, вологи. З поверхонь, що підлягають обробці, а також тих, які не підлягають обробці, необхідно заздалегідь видалити масляні забруднення. Стан поверхонь після обробки і перед збиранням необхідно контролювати і фіксувати в журналі виробництва робіт.

3.7.3.5 Перед збиранням з'єднань оброблені поверхні необхідно оберегати від попадання на них бруду, масла, фарби і утворення льоду. У випадку недотримання цієї вимоги або початку збирання з'єднання після більше трьох діб після підготовки поверхонь їх обробку слід повторити.

3.7.3.6 Перепад поверхонь (депланація) з'єднаних деталей не повинен перевищувати 0,5 мм. Величина перепаду визначається до влаштування болтів, що перекривають з'єднання, за допомогою лінійки та щупа в зоні першого від стику ряду отворів. У разі перепаду площин з'єднаних деталей величиною від 0,5 до 3 мм на деталі, яка виступає, повинен бути зроблений скіс з ухилом 1:10. Утворення скосу кисневим і повітряно-дуговим різанням забороняється. У випадку перепаду величиною понад 3 мм необхідно встановлювати прокладки, оброблені тим самим способом, що і деталі з'єднання.

3.7.3.7 Збирання з'єднань на високомісних болтах згідно вимог п.3.7.3.13 повинно виконуватись одразу на постійних болтах з установкою пробок в кількості 10% від загальної кількості отворів. Постановка тимчасових болтів забороняється.

3.7.3.8 Отвори в деталях під час збирання мають бути суміщені та зафіксовані від зсуву пробками. Кількість пробок визначають розрахунком на дію монтажних навантажень, але їх повинно бути не менше 10 % – при кількості отворів у з'єднанні 20 і більше, і не менше двох – при меншій кількості отворів.

3.7.3.9 У зібраному пакеті, зафіксованому пробками, допускається неспівпадання отворів, яке не перешкоджає влаштуванню болтів без перекосу. Калібр, діаметр якого 0,5 мм перевищує номінальний діаметр болта, повинен пройти у всі отвори з'єднання.

3.7.3.10 Допускається очищення отворів щільно стягнутих пакетів свердлом, діаметр якого дорівнює номінальному діаметру отвору, за умови, що чорнота не перевищує різниці між номінальними діаметрами отвору і болта. Використання води, емульсій і масла для очищення отворів забороняється.

3.7.3.11 Допустима максимальна різниця між номінальними діаметрами отворів і болтів складає: для фрикційних з'єднань – не більше 6 мм, для фрикційно-зрізних з'єднань – не більше 3 мм.

3.7.3.12 Забороняється постановка болтів, що не мають на головці заводського маркування тимчасового опору, клейма підприємства-виробника, умовного позначення номера плавки.

3.7.3.13 Високоміцні болти, гайки та шайби перед встановленням в конструкцію повинні бути очищені від бруду, консервуючого мастила і підготовлені так, щоб при натягненні забезпечувались значення коефіцієнтів закручування і виключалось забруднення контактних поверхонь. Гайка повинна вільно (від руки) накручуватися по різьбі болта.

3.7.3.14 Задане технічною документацією зусилля натягу високоміцних болтів слід забезпечувати закручуванням гайки необхідним розрахунковим крутильним моментом (натяг за моментом закручування).

3.7.3.15 Допускається здійснювати натяг високоміцних болтів за кутом повороту гайки. Цей спосіб допускається тільки для болтів діаметром до 24 мм з тимчасовим опором розриву не менше 1100 МПа при загальній товщині стягуваних деталей до 140 мм і кількості деталей у пакеті до 7. Допускається використання інших способів натягу високоміцних болтів, що гарантують отримання заданого зусилля їх натягу. Кожний із цих способів повинен бути наведений у технічній документації. Порядок натягу високоміцних болтів у з'єднаннях повинен забезпечувати щільний дотик поверхонь контакту з'єднуваних елементів у стягуваних пакетах.

3.7.3.16 Динамометричні ключі для натягу і контролю натягу високоміцних болтів необхідно тарувати не менше одного разу на зміну за відсутності механічних пошкоджень ключів, а також після кожної заміни контрольного приладу або ремонту ключів.

3.7.3.17 Розрахунковий момент закручування M , необхідний для натягу болта, слід визначати за формулою

$$M = kPd , \quad (3.7.3.1)$$

де k – середнє значення коефіцієнта закручування, наведене для кожної партії болтів у сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P – розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d – номінальний діаметр болта.

3.7.3.18 Після натягу всіх болтів у з'єднанні слід в передбаченому для цього місці поставити клеймо відповідального за виконання робіт по натягу болтів.

3.7.3.19 Натяг болтів повинен контролюватися вибірковою перевіркою:

- при кількості болтів у з'єднанні, що не перевищує 5, контролюються всі болти, при кількості болтів від 6-ти до 20-ти – не менше 5-ти, і при більшій кількості – не менше 25% від загальної кількості болтів у з'єднанні;

- якщо при контролі виявиться, що натяг хоча б одного болта не задовольняє вимогам п. 3.7.3.17, тоді контролю повинні підлягати всі болти з'єднання; при цьому, натяг болтів має бути доведений до необхідної величини;

- фактичний момент закручування повинен бути не менше за розрахункове значення, визначеного за формулою (3.7.3.1), і не перевищувати його більше, ніж на 15%; при цьому, допускається відхилення кута повороту гайки в межах $\pm 30^\circ$;

- при виявленні хоча б одного болта, що не задовольняє цим вимогам, контролю повинна підлягати подвоєна кількість болтів. У разі виявлення при повторній перевірці хоча б одного болта з

меншим значенням фактичного моменту закручування, або з меншим кутом повороту гайки, мають бути перевірені всі болти з доведенням моменту закручування або кута повороту гайки до необхідної величини;

– порядок натягнення болтів повинен забезпечувати щільний дотик поверхонь контакту з'єднаних елементів у стягуваних пакетах. Щуп завтовшки 0,3 мм не повинен входити в зазори між деталями з'єднання безпосередньо поблизу болтів. Допускається проходження щупа між деталями з'єднання на глибину до зони дії шайби.

3.7.3.20 Після контролю натягу і приймання з'єднання всі зовнішні поверхні стиків, включаючи головки болтів, гайки і виступаючі з них частини різьблення болтів повинні бути очищені, погрунтовані, пофарбовані, а щілини в місцях перепаду товщини і зазори в стиках зашпакльованими.

3.7.3.21 Усі роботи по постановці болтів повинні реєструватися в журналах контролю підготовки стиків і постановки високоміцних болтів.

3.7.4 Фланцеві з'єднання

3.7.4.1 Підготовку контактних поверхонь фланців слід здійснювати відповідно до вказівок технічної документації. За відсутності таких вказівок контактні поверхні очищають ручними або механічними сталевими щітками від бруду, напливів ґрунтовки і фарби, іржі, снігу і льоду.

3.7.4.2 Болти у фланцевих з'єднаннях повинні бути натягнуті на зусилля, значення яких наводяться в технічній документації, обертанням гайки до розрахункового моменту закручування. Контролю натягу підлягають усі болти з'єднання. Болти потрібно натягувати у визначеній послідовності, починаючи з болтів, розташованих найближче до зони найбільшої жорсткості з'єднання.

3.7.4.3 Натяг болтів слід здійснювати тільки за моментом закручування M , величина якого визначається за формулою

$$M = 0,9kPd, \quad (3.7.4.1)$$

де k – середнє значення коефіцієнта закручування, наведене для кожної партії болтів у сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P – розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d – номінальний діаметр болта.

Можливо відхилення фактичного моменту закручування від моменту, що обчислюється за формулою (3.7.4.1), у більшу сторону на величину до 10% від значення моменту закручування.

3.7.4.4 Зазор між контактними поверхнями фланців, що стикаються, у місцях розташування болтів не допускається. Щуп завтовшки 0,1 мм не повинен проникати в зону радіусом 40 мм від осі кожного болта.

3.7.4.5 Якість виконання фланцевих з'єднань слід перевіряти шляхом післяопераційного контролю. Контролю підлягають:

- якість підготовки (розконсервовування) болтів;
- якість підготовки контактних поверхонь фланців;
- відповідність встановлюваних болтів, гайок, шайб вимогам стандартів на вироби, а також вимогам, наведеним у технічній документації;
- наявність шайб під гайками і головками болтів;
- довжина частини болта, що виступає над гайкою;
- наявність клейма монтажника, що здійснив збирання з'єднання.

3.7.4.6 Контроль зусилля натягу слід виконувати для всіх болтів тарованими динамометричними ключами і проводити його не раніше, ніж через 8 годин після виконання натягу всіх болтів; при цьому, зусилля в болтах повинні відповідати значенням, вказаним в табл. 3.7.4.1.

Таблиця 3.7.4.1

Зусилля натягу болтів (контрольоване), кН (тс)		
Номінальні діаметри високоміцних болтів з тимчасовим опором не менше 1100 МПа (110 кгс/мм ²)		
M20	M24	M27
167 (17)	239 (24,4)	312 (31,8)

3.7.4.7 Документація, що пред'являється при прийманні робіт, повинна містити сертифікати або документи заводу-виробника, що засвідчують якість сталі фланців, болтів, гайок і шайб, документи заводу-виробника щодо контролю якості зварних з'єднань фланців, відомості про контроль за виконанням монтажних з'єднань.

3.7.4.8 Перед збиранням з'єднань болти, гайки і шайби повинні бути підготовлені. Підготовка виробів повинна включати:

- очищення від бруду і іржі;
- прогін різьблення відбракованих болтів і гайок;
- нанесення мастила.

3.7.4.9 Підготовлені металеві вироби до постановки у з'єднання слід зберігати в закритих ящиках не більше 10-ти діб. При перевищенні цього терміну металеві вироби повинні бути оброблені повторно.

3.7.4.10 Під головку болта і гайки необхідно встановити по одній шайбі.

3.7.4.11 Допускається при різниці між номінальними діаметрами отвору і болта, що не перевищує 4 мм, установка однієї шайби тільки під елемент (гайку або головку болта), обертання якого забезпечує натяг болта. При цьому, частина стрижня болта, яка виступає за межі гайки, повинна мати не менше однієї нитки різьблення.

3.7.4.12 Забороняється закріплення гайок шляхом забивання різьблення болта або приварення їх до стрижня болта.

3.7.5 Спеціальні монтажні з'єднання

3.7.5.1 Основною галуззю застосування спеціальних монтажних з'єднань (СМЗ) є закріплення огорожуючих конструкцій будівель і споруд. В окремих випадках допускається застосування СМЗ для закріплення конструкцій, які одночасно виконують огорожувальні та несучі функції (діафрагми жорсткості, мембранно-каркасні конструкції тощо).

3.7.5.2 До спеціальних монтажних з'єднань (СМЗ) слід відносити:

- пристрілка високоміцними дюбелями;
- постановка самонарізних і самозасвердлюваних гвинтів;
- сумісна пластична деформація кромки;
- контактне точкове зварення;
- електрозаклепки;
- фальцювання поздовжніх кромки.

3.7.5.3 Типи СМЗ наведені в табл. 3.7.5.1. Основні конструктивні форми СМЗ представлені на рис. 3.7.5.1.

Таблиця 3.7.5.1

Технологічний процес	СМЗ на опорі		СМЗ з повздовжнім з'єднанням кромки	
	без метизів	на метизах	без метизів	на метизах
Автономний (ручний)	—	Високоміцні дюбеля	Контактна точкова зварка Фальцювання ручне	Комбіновані заклепки
З енергетичними комунікаціями	Точкове зварювання, електрозаклепки	Самонарізні гвинти	Фальцювання механічне	—

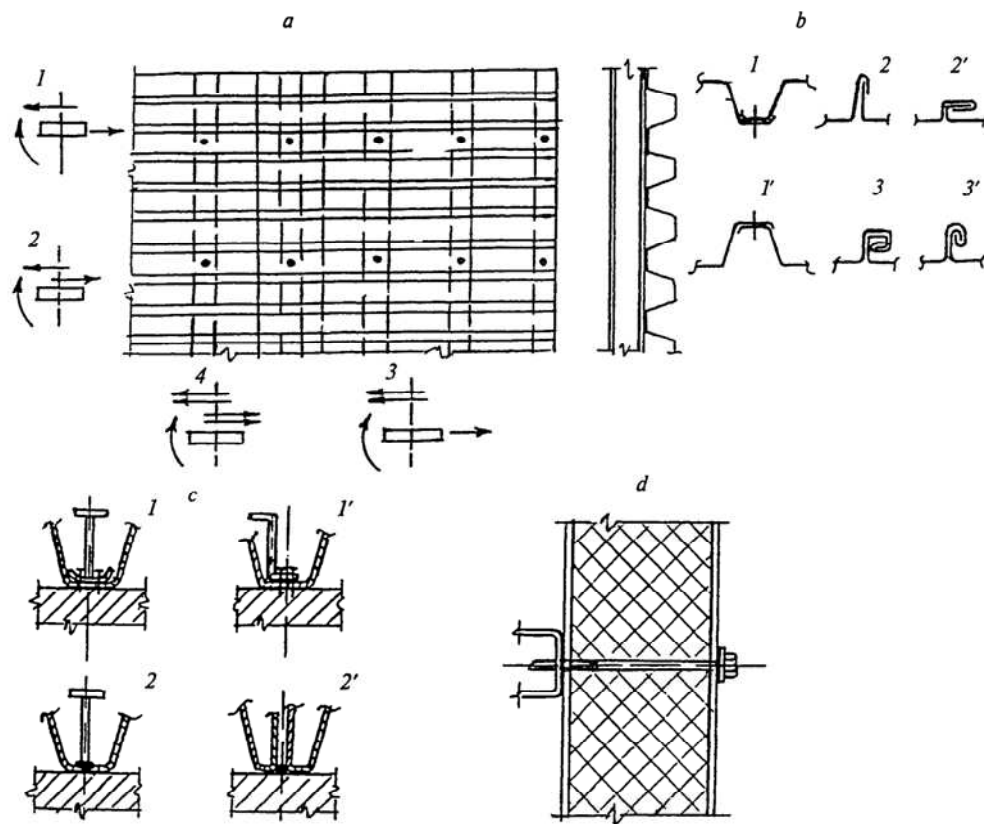


Рис. 3.7.5.1 Конструктивні форми СМЗ:

a – фрагмент конструкції покриття зі сталевим профільованим настилом і схема дії сил на опорах (1 – з'єднання в середній ділянці; 2 і 3 – з'єднання відповідно вздовж подовжніх і поперечних полиць; 4 – з'єднання в місці закінчення подовжніх і поперечних полиць); *b* – схема з'єднань вздовж подовжніх полиць (1 і 1' – при розташуванні полиць внахлест в нижньому і верхньому положеннях відповідно для утеплених і холодних покриттів; 2 і 2' – простий стоячий і лежачий фальці; 3 і 3' – варіанти подвійного фальца); *c* – елементи, стійкі до зсуву (1 і 1' – на високоміцних дюбелях; 2 – на контактній зварці; 2' – на дуговій зварці); *d* – фрагмент тришарової стінової панелі на самозасвердлюваних гвинтах

3.7.5.4 Для застосування СМЗ при з'єднанні деталей (елементів) в пакет необхідно, щоб товщина принаймні однієї деталі (елемента) становила приблизно 1 мм.

3.7.5.5 Для самонарізних і самозасвердлюваних гвинтів тимчасовий опір сталі опорного елемента, що допускається, не повинен перевищувати 450 Н/мм^2 .

Товщина приєднуваного елемента визначається довжиною стрижня гвинта і може досягати 230 мм, наприклад, для тришарових стінових панелей.

Товщина опорного сталевих елемента для самонарізних гвинтів діаметром $d = 5 \dots 6 \text{ мм}$ обмежується граничною величиною, яка складає $(2,0 \dots 3,0)d$.

3.7.5.6 Комбіновані заклепки застосовують переважно для з'єднання поздовжніх полиць тонкостінних елементів. Сумарна товщина t з'єднаних елементів для з'єднань на комбінованих заклепках при довжині корпусу заклепки $8 \dots 10 \text{ мм}$ обмежується значенням 5 мм . При значних монтажних зазорах, наявності прокладок і більшому значенні t слід застосовувати заклепки з довжиною корпусу $12 \dots 16 \text{ мм}$.

3.7.5.7 Для виконання з'єднань на самонарізних гвинтах і комбінованих заклепках рекомендується застосовувати:

- самонарізні гвинти з діаметром стержня 6 мм ;
- шайби металеві для болтів М6;
- неметалеві ущільнювачі або східчасті ущільнювачі для гвинтів;
- заклепки комбіновані завдовжки $8, 10$ і 12 мм ;
- машини свердлувальні;
- шуруповерти електричні для загвинчування металевих виробів з різьбленням до 6 мм ;
- свердла для утворення отворів відповідно до табл. 3.7.5.2.

Таблиця 3.7.5.2

Найменування і марка метизу	Діаметр свердла для постановки метизу, мм	Граничне відхилення, м
Заклепка комбінована:		+0,16
	4,6	
	4,9	
Гвинт самонарізний метчиковий типу ВСМ 6×L	5,3	Даних немає
Гвинт самонарізний типу ВС6×L при товщині t_0+t , мм:		+0,10
3...4	5,4	
5...6	5,5	
7...8	5,6	
9...10	5,7	

3.7.5.8 Дюбельні з'єднання виконуються пристрілкою пістолетами або ударами пневмоімпульсного молотка.

3.7.5.9 До керівництва роботами і виконанню дюбельних з'єднань можуть бути допущені фахівці, які пройшли навчання, підтверджене відповідним посвідченням.

3.7.5.10 При виконанні робіт слід дотримуватись вимог інструкцій з експлуатації монтажних інструментів, які регламентують порядок введення їх в експлуатацію, правила експлуатації, технічного обслуговування, вимоги безпеки, зберігання, обліку і контролю піротехнічних пістолетів і монтажних патронів до них.

3.7.5.11 Перед початком роботи належить виконати контрольну пристрілку із зовнішнім оглядом і оцінкою якості з'єднання для уточнення потужності пострілу.

3.7.5.12 Відстань від осі дюбеля до краю опорного елемента повинна бути не меншою за 10 мм в будь-якому напрямку.

3.7.5.13 За необхідності встановлення поряд двох дюбелів мінімальна відстань між ними визначається умовою розташування сталевих шайб впритул одна до одної.

3.7.5.14 Встановлений дюбель повинен щільно притискувати шайбу до закріплюваної деталі, а закріплювану деталь – до опорного елемента. При цьому циліндрова частина стрижня дюбеля не повинна виступати над поверхнею сталевій шайби. Щільність притиснення перевіряють візуально при операційному (перевіряються усі дюбелі) і приймальному (дюбелі перевіряються вибірково у кількості, яка складає не менше 5-ти % від загальної кількості дюбелів у з'єднанні) контролі дюбелів.

3.7.5.15 Фальцеві з'єднання, які утворюються сумісною пластичною деформацією тонкостінних елементів вздовж поздовжніх полиць, застосовуються при виробництві захисних конструкцій як на фасадах будівель, так і на покрівлі. Основна перевага фальцевих з'єднань – герметичність, що досягається за рахунок неперервності поздовжнього шва і використання кляммерів, що є своєрідними закладними елементами.

3.7.5.16 Для виконання фальцевого з'єднання використовують профілі, що формуються плющенням з рулонної оцинкованої сталі товщиною 0,5...1,0 мм як на місці монтажу (в цьому випадку довжина профілю дорівнює довжині скату покрівлі або висоті фасаду), так і з заводських заготовок мірної довжини зі спеціально підготовленими поздовжніми кромками.

3.7.5.17 Кляммери, закріплені на елементах каркаса або прогонах з кроком 0,7...1,5 м, фальцюються одночасно з виконанням шва. Конструкції кляммерів мають як жорстке, так і рухоме у напрямку шва кріплення, що допускає температурну деформацію профілю.

3.7.5.18 Монтаж профілів виконується рядами на всю довжину фасаду або скату покрівлі з установкою кляммерів з кроком 0,7...1,5 м після кожного змонтованого ряду. Після укладання наступного ряду необхідно добитися повного суміщення кромки суміжних профілів і встановити прихватки з використанням ручних фальцювальних кліщів до виконання машинного загортання фальца.

3.8 Випробування конструкцій

3.8.1 Номенклатура конструкцій будівель і споруд, які підлягають випробуванню, має бути наведена в технічній документації.

3.8.2 Методи, схеми і програми проведення випробування мають бути наведені в технічній документації. Порядок проведення випробування слід розробляти в спеціальному ПВР.

3.8.3 Випробовувані конструкції, що перебувають під навантаженням, забороняється обстукувати, а також проводити їх ремонт і виправлення дефектів.

3.8.4 Виявлені в ході випробування дефекти слід усунути, після чого випробування повторити або продовжити. За наслідками випробувань повинен бути складений акт.

3.9 Контроль якості і приймання монтажних робіт

3.9.1 Приймання змонтованих сталевих конструкцій повинно проводитись із здійсненням післяопераційного контролю монтажних робіт на стадіях, наведених в п. 3.1.8, а саме:

- проміжне приймання – прихованих робіт;
- приймання змонтованих конструкцій усієї споруди або її частини – під виконання подальших будівельно-монтажних робіт;
- остаточне приймання – повністю змонтованих конструкцій усієї будівлі чи споруди при здачі об'єкту в експлуатацію.

3.9.2 Проміжному прийманню прихованих робіт підлягають:

- фундаменти і місця обпирання сталевих конструкцій і різні деталі, що бетонуються і закладаються;
- інші конструкції, проміжне приймання яких обумовлене в технічній документації.

3.9.3 Приймання прихованих робіт, а також змонтованих конструкцій під виконання подальших будівельно-монтажних робіт проводиться по актах, що складаються відповідальними представниками замовника, проектною, будівельною і монтажною організаціями.

3.9.4 Приймання монтажною організацією фундаментів і місць обпирання сталевих конструкцій під виробництво монтажних робіт повинно проводитись для окремих просторово-жорстких секцій споруди до початку монтажу конструкцій. При прийманні слід перевіряти відповідність розмірів і положення опорних поверхонь, спеціальних опорних пристроїв і анкерних болтів проектним розмірам і положенням з врахуванням допустимих відхилень, наведених в табл. 3.9.1.

3.9.5 Приймання будівельною організацією і замовником змонтованих сталевих конструкцій всієї споруди або окремих її просторово-жорстких секцій повинно здійснюватись після остаточного закріплення конструкцій відповідно до проекту. Приймання конструкцій проводиться до її фарбування, що виконується під час монтажу. Фарбування конструкцій повинно бути оформлене окремим актом.

3.9.6 Документація, яка пред'являється при прийманні змонтованих сталевих конструкцій, повинна містити:

- а) креслення сталевих конструкцій (за наявності робочі креслення стадії КМ і деталювальні креслення стадії КМД);
- б) заводські сертифікати на поставлені сталеві конструкції;
- в) документи про узгодження відхилень від технічної документації, які були допущені при виготовленні і монтажі; при цьому, узгодженні відхилення від технічної документації повинні бути нанесені монтажною організацією на кресленнях, що пред'являються під час здачі робіт;
- г) акти приймання прихованих робіт;
- д) документи (сертифікати, паспорти тощо), що засвідчують якість матеріалів (сталі, сталевих канатів, металевих виробів, електродів, електродного дроту та інших зварювальних матеріалів, а також матеріалів для фарбування), використаних під час монтажу і які ввійшли до складу споруди;
- е) дані про результати геодезичних вимірів при перевірці сітки осей фундаментів і установці конструкцій;
- ж) журнали робіт;
- з) акти випробування сталевих конструкцій;
- і) документи про контроль якості зварних з'єднань;
- к) описи посвідчень (дипломів) про кваліфікацію зварювальників, котрі виконували зварювання конструкцій під час монтажу;
- л) описи посвідчень про кваліфікацію робітників, котрі виконували постановку високоміцних болтів;
- м) додаткова документація, передбачена для попередньо-напружених конструкцій;
- н) акти на фарбування, яке виконувалось під час монтажу.

Таблиця 3.9.1

Найменування відхилення	Відхилення, що допускається
Верхня площа опорної плити (відповідно до п. 1, <i>а</i> табл. 3.5.1):	
– за висотою	$\pm 1,5$ мм
– за ухилом	1/1500
Поверхня фундаменту (відповідно до п. 1, <i>б</i> табл. 3.5.1):	
– за висотою	± 5 мм
– за ухилом	1/1000
Зсуви анкерних болтів в плані:	
– розташованих усередині контуру опори конструкції	5 мм
– розташованих ззовні контуру опори конструкції	10 мм
Відхилення відмітки верхнього торця анкерного болта від проектної	+20мм; – 0 мм
Відхилення довжини нарізки анкерного болта	+30мм; – 0 мм

Нормативні посилання

Позначення	Назва нормативного документа
ДБН 362-92	Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації
ДБН А.3.1-5-96	Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва
ДБН В.1.1-7-2002	Пожежна безпека об'єктів будівництва
ДБН В.1.1-12:2006	Будівництво у сейсмічних районах України
ДБН В.1.2-7-2008	Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека
ДБН В.1.2-14-2009	Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ
ДБН В.1.2-2:2006	Навантаження і впливи. Норми проектування
ДБН Г.1-4-95	Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві
ДСТ 3242-79 (ГОСТ 3242-79)	Соединения сварные. Методы контроля качества (З'єднання зварні. Методи контролю якості)
ДСТУ 21.513-83	Антикорозійний захист конструкцій будівель і споруд. Робочі креслення
ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-94)	Сталь вуглецева звичайної якості. Марки
ДСТУ 4484:2005	Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия (Прокат сортовой і фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови)
ДСТУ Б В.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ)	Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності
ДСТУ Б В.1.2-3:2006	Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. вимоги проектування
ДСТУ Б В.2.6-75:2008	Конструкції будинків і споруд. Конструкції металеві будівельні. Загальні технічні умови
ДСТУ ГОСТ 427:2009	Линейки измерительные металлические. Технические условия
ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009	Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова

Позначення	Назва нормативного документа
ДСТУ-НБ В.2.6-XX:201X*	Настанова. Проектування сталевих конструкцій. Основні положення. Вогнестійкість (EN 1993-1-2:2004, MOD)
ГОСТ 9.010-80	ЕСЗКС. Воздух сжатый для распыления лакокрасочных материалов. Технические требования и методы контроля (ЕСЗКС. Повітря стисле для розпилювання лакофарбних матеріалів. Технічні вимоги і методи контролю)
ГОСТ 427-75	Линейки измерительные металлические. Технические условия (Лінійки вимірювальні металеві. Технічні умови)
ГОСТ 839-80	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия (Дроти неізолювані для повітряних ліній електропередач. Технічні умови)
ГОСТ 977-88	Отливки стальные. Общие технические условия (Відливки сталеві. Загальні технічні умови)
ГОСТ 1412-85	Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки (Чавун з пластинчастим графітом для відливок. Марки)
ГОСТ 1497-84	Металлы. Методы испытаний на растяжение (Метали. Методи випробувань на розтягування)
ГОСТ 1759.0-87	Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия (Болти, гвинти, шпильки і гайки. Технічні умови)
ГОСТ 1759.4-87	Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний (Болти, гвинти, і шпильки. Механічні властивості і методи випробувань)
ГОСТ 1759.5-87	Гайки. Механические свойства и методы испытаний (Гайки. Механічні властивості і методи випробувань)
ГОСТ 2246-70	Проволока стальная сварочная. Технические условия (Дріт сталевий зварювальний. Технічні умови)
ГОСТ 2789-73	Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики (Шорсткість поверхні. Параметри і характеристики)
ГОСТ 3062-80	Канаты стальные. Сортамент. Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7 (1+6) (Канати сталеві. Сортамент. Канат одинарного звивання типу ЛК-О конструкції 1х7 (1+6))
ГОСТ 3063-80	Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х19 (1+6+12). Сортамент (Канат одинарного звивання типу ТК конструкції 1х19 (1+6+12). Сортамент)
ГОСТ 3064-80	Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37 (1+6+12+18). Сортамент (Канат одинарного звивання типу ТК конструкції 1х37 (1+6+12+18). Сортамент)
ГОСТ 3066-80	Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х7 (1+6) + 1х7 (1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-О конструкції 6х7 (1+6) + 1х7 (1+6)).

* - знаходиться на стадії розробки.

Позначення	Назва нормативного документа
	Сортамент)
ГОСТ 3067-88	Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х19(1+6+12)+1х19(1+6+12). Сортамент (Канат сталевий подвійного звивання типу ТК конструкції 6х19(1+6+12)+1х19(1+6+12). Сортамент)
ГОСТ 3068-88	Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х37(1+6+12+18)+1х37(1+6+12+18). Сортамент (Канат сталевий подвійного звивання типу ТК конструкції 6х37(1+6+12+18)+1х37(1+6+12+18). Сортамент)
ГОСТ 3081-80	Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х19(1+9+9)+7х7(1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-О конструкції 6х19(1+9+9)+7х7(1+6). Сортамент)
ГОСТ 3090-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з одним шаром зетообразного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)
ГОСТ 3822-79	Проволока биметаллическая сталемедная. Технические условия (Дріт біметалічний сталемідний. Технічні умови)
ГОСТ 5264-80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Ручна дугова зварка. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 5521-93	Прокат стальной для судостроения. Технические условия (Прокат сталевий для суднобудування. Технічні умови)
ГОСТ 5639-82	Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна (Сталі і сплави. Методи виявлення і визначення величини зерна)
ГОСТ 5915-70	Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры (Гайки шестигранні класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 6402-70	Шайбы пружинные. Технические условия (Шайби пружинні. Технічні умови)
ГОСТ 6713-91	Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. Технические условия (Прокат низьколегований конструкційний для мостобудування. Технічні умови)
ГОСТ 6996-66	Сварные соединения. Методы определения механических свойств (Зварні з'єднання. Методи визначення механічних властивостей)
ГОСТ 7372-79	Проволока стальная канатная. Технические условия (Дріт сталевий канатний. Технічні умови)
ГОСТ 7502-98	Рулетки измерительные металлические. Технические условия (Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови)
ГОСТ 7512-82	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиграфический метод (Контроль неруйнуючий. З'єднання зварні. Радіографічний метод)

Позначення	Назва нормативного документа
ГОСТ 7564-97	Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний (Прокат. Загальні правила відбору проб, заготовок і зразків для механічних і технологічних випробувань)
ГОСТ 7669-80	Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7 (1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-РО конструкції 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7 (1+6). Сортамент)
ГОСТ 7675-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з одним шаром клиновидного і одним шаром зетообразного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)
ГОСТ 7676-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з двома шарами клиновидного і одним шаром зетообразного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)
ГОСТ 7795-70	Болты с шестигранной уменьшенной головкой и направляющим подголовком класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою і направляющим подголовком класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 7796-70	Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 7798-70	Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною головкою класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 7805-70	Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною головкою класу точності А. Конструкція і розміри)
ГОСТ 8050-85	Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия (Двоокис вуглецю газоподібний і рідкий. Технічні умови)
ГОСТ 8713-79	Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Зварка під флюсом. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 8731-74	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия (Труби сталеві безшовні горячедеформовані. Технічні умови)
ГОСТ 9087-81	Флюсы сварочные плавные. Технические условия (Флюси зварювальні плавні. Технічні умови)
ГОСТ 9454-78	Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах (Метали. Метод випробування на ударний вигин при

Позначення	Назва нормативного документа
	знижених, кімнатній і підвищених температурах)
ГОСТ 9467-75	Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы (Електроди покриті металеві для ручної дугової зварки конструкційних і теплостійких сталей. Типи)
ГОСТ 10157-79	Аргон газообразный и жидкий. Технические условия (Аргон газоподібний і рідкий. Технічні умови)
ГОСТ 10243-75	Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры (Сталь. Методи випробувань і оцінки макроструктури)
ГОСТ 10605-94	Гайки шестигранные с диаметром резьбы свыше 48 мм класса точности В. Технические условия (Гайки шестигранні з діаметром різьблення понад 48 мм класу точності В. Технічні умови)
ГОСТ 10705-80	Трубы стальные электросварные. Технические условия (Труби сталеві електрозварювальні. Технічні умови)
ГОСТ 10706-76	Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования (Труби сталеві електрозварювальні прямошовні. Технічні вимоги)
ГОСТ 10906-78	Шайбы косые. Технические условия (Шайби косі. Технічні умови)
ГОСТ 11371-78	Шайбы. Технические условия (Шайби. Технічні умови)
ГОСТ 11533-75	Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Автоматична і напівавтоматична дугова зварка під флюсом. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 11534-75	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Ручна дугова зварка. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 14637-89	Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия (Прокат товстолистової з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови)
ГОСТ 14771-76	Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугова зварка в захисному газі. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 14776-79	Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугова зварка. З'єднання зварні точкові. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 14782-86	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые (Неруйнівний контроль. Зварні з'єднання. Ультразвукові методи)

Позначення	Назва нормативного документа
ГОСТ 14792-80	Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза (Деталі і заготовки, що вирізаються кисневим і плазмено-дуговим різанням. Точність, якість поверхні зрізу)
ГОСТ 14954-80	Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент)
ГОСТ 15589-70	Болты с шестигранной головкой класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестигранной головкою класу точності С. Конструкція і розміри)
ГОСТ 15590-70	Болты с шестигранной уменьшенной головкой и направляющим подголовком класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестигранной зменшеною головкою і направляющим подголовком класу точності С. Конструкція і розміри)
ГОСТ 15591-70	Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою класу точності С. Конструкція і розміри)
ГОСТ 16037-80	Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Зварні з'єднання сталевих трубопроводів. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 16523-97	Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия (Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі якісної і звичайної якості загального призначення. Технічні умови)
ГОСТ 17066-94	Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия (Прокат тонколистової із сталі підвищеної міцності. Технічні умови)
ГОСТ 18123-82	Шайбы. Общие технические условия (Шайби. Загальні технічні умови)
ГОСТ 18126-94	Болты и гайки с диаметром резьбы свыше 48 мм. Общие технические условия (Болти і гайки з діаметром різблення понад 48 мм. Загальні технічні умови)
ГОСТ 18442-80	Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования (Неруйнівний контроль. Капілярні методи. Загальні вимоги)
ГОСТ 18901-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з двома шарами зетобразного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)
ГОСТ 19281-89	Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия (Прокат із сталі підвищеної міцності. Загальні технічні умови)

Позначення	Назва нормативного документа
ГОСТ 19903-74	Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент)
ГОСТ 21105-87	Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод (Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий метод)
ГОСТ 22353-77	Болты высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры (Болти високоміцні класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 22354-77	Гайки высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры (Гайки високоміцні класу точності В. Конструкція і розміри)
ГОСТ 22355-77	Шайбы класса точности С к высокопрочным болтам. Конструкция и размеры (Шайбы класу точності С до високоміцних болтів. Конструкція і розміри)
ГОСТ 22356-77	Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические условия (Болти і гайки високоміцні і шайби. Загальні технічні умови)
ГОСТ 23518-79	Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугова зварка в захисних газах. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)
ГОСТ 24379.0-80	Болты фундаментные. Общие технические условия (Болти фундаментні. Загальні технічні умови)
ГОСТ 24379.1-80	Болты фундаментные. Конструкция и размеры (Болти фундаментні. Конструкція і розміри)
ГОСТ 24839-81	Конструкции строительные стальные. Расположение отверстий в пакетных профилях. Размеры (Конструкції будівельні сталеві. Розташування отворів у пакетних профілях. Розміри)
ГОСТ 25225-82	Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод (Неруйнівний контроль. Шви зварних з'єднань трубопроводів. Магнітографічний метод)
ГОСТ 25546-82	Краны грузоподъемные. Режимы работы (Крани вантажопідйомні. Режими роботи)
ГОСТ 26271-84	Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия (Дріт порошковий для дугової зварки вуглецевих і низьколегованих сталей. Загальні технічні умови)
ГОСТ 27772-88	Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия (Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови)
ГОСТ 28870-90	Сталь. Методы испытания на растяжение толстолистого проката в направлении толщины (Сталь. Методи випробування на розтягування товстолистого прокату у напрямку товщини)
ТУ 14-1-1148-75	Проволока сварочная марки Св-08Х1ДЮ (Дріт

Позначення	Назва нормативного документа
	зварювальний марки Св-08Х1ДЮ)
ТУ 14-1-1217-75	Сталь 10ХНДП
ТУ 14-1-1308-75	Сталь толстолистовая низколегированная высокой прочности марки 12Г2СМФ (Сталь товстолистова низьколегована високої міцності марки 12Г2СМФ)
ТУ 14-1-1772-76	Сталь толстолистовая легированная конструкционная высокой прочности марки 12ГН2СФАЮ(ВС-1) (Сталь товстолистова легована конструкційна високої міцності марки 12ГН2СФАЮ(ВС-1))
ТУ 14-1-3023-80	Прокат листовой широкополосный универсальный и фасонный из углеродистой и низколегированной стали с гарантированным уровнем механических свойств, дифференцированным по группам прочности (Прокат листовий широкосмуговий універсальний і фасонний з вуглецевої і низьколегованої сталі з гарантованим рівнем механічних властивостей, диференційованим по групах міцності)
ТУ 14-1-3665-83	Проволока сварочная марки Св-08Г2СДЮ (Дріт зварювальний марки Св-08Г2СДЮ)
ТУ 14-1-4323-88	Прокат листовой, широкополосный универсальный и фасонный из низколегированной стали марки 12Г2С с повышенным уровнем механических свойств (Прокат листовий, широкосмуговий універсальний і фасонний з низьколегованої сталі марки 12Г2С з підвищеним рівнем механічних властивостей)
ТУ 14-1-4431-88	Листы толстые и плиты с нормируемыми характеристиками механических свойств по сечению и в направлении толщины проката (Листы товсті і плити з нормованими характеристиками механічних властивостей по перерізу і у напрямку товщини прокату)
ТУ 14-1-5311-95	Экономнолегированный прокат 09ХСНД, 12ХСНФД (Економно легований прокат 09ХСНД, 12ХСНФД)
ТУ 14-3-567-76	Трубы стальные электросварные из низколегированной марки стали 16Г2АФ для строительных конструкций (Трубы сталеві електрозварювальні з низьколегованої марки сталі 16Г2АФ для будівельних конструкцій)
ТУ 14-3-1128-2000	Трубы стальные бесшовные горячедеформированные для газопроводов газлифтных систем и обустройства газовых месторождений (Трубы сталеві безшовні горячедеформовані для газопроводів газліфтних систем і облаштування газових родовищ)
ТУ 14-4-1386-85	Болты специальные класса точности В (Болты спеціальні класу точності В)
ТУ 14-4-1493-88	Канат стальной одинарной свивки для оттяжек опор линий высоковольтных электропередач (Канат сталевий одинарного зливання для відтяжок опор ліній високовольтних електропередач)
ТУ 14-15-146-88	Прокат угловой равнополочный термомеханически упрочненный повышенной хладостойкости для

Позначення	Назва нормативного документа
	металлических конструкций (Прокат кутовый равнополочный термомеханично усиленный повышенной хладостойкостью для металлических конструкций)
ТУ У 27.1-05416923-085:2006	Прокат листовой свариваемый из качественной стали классов прочности 355 – 390 для машиностроения (Прокат листовый зварюваний з якісної сталі класів міцності 355 – 390 для машинобудування)
ТУ У 322-16-127	Прокат листовой из низколегированной стали для мостостроения (Прокат листовый з низьколегованої сталі для мостобудування)
ТУ У 05416923.049-99	Флюс сварочный для дуговой сварки из низколегированных сталей повышенной прочности типа 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД (Флюс зварний для дугового зварювання із низьколегованих сталей підвищеної міцності типу 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД)
СНиП 2.03.11	Защита строительных конструкций от коррозии (Захист будівельних конструкцій від корозії)
СНиП 2.09.03	Сооружения промышленных предприятий (Споруди промислових підприємств)
СНиП 3.03.01	Несущие и ограждающие конструкции (Несучі огорожуючі конструкції)
СНиП II-23-81*	Стальные конструкции (Сталеві конструкції)
СНиП III-4-80*	Техника безопасности в строительстве
СНиП III-18-75	Металлические конструкции (Металеві конструкції)
СТ СЭВ 3972	Надежность строительных конструкций и оснований. Конструкции стальные. Основные положения по расчёту (Надійність будівельних конструкцій і основ. Конструкції сталеві. Основні положення по розрахунку)
НАПБ А.01.001-2004	Правила пожежної безпеки в Україні

Додаток Б

(довідковий)

Терміни і визначення понять

Б.1 Терміни та їхні визначення

Таблиця Б.1

Термін	Визначення	Документ, на який здійснюється посилання
Безпечність	Властивість будівельного об'єкта при нормальній експлуатації і аваріях обмежувати допустимим рівнем ризику наслідки, небезпечні для життєдіяльності людини, функціонування економіки, соціальної сфери чи природного середовища	
В'язке руйнування	Руйнування, яке супроводжується утворенням пластичних деформацій і, як правило, відбувається повільно	
Геометрична нелінійність	Нелінійна або кусково-лінійна залежність між деформаціями і переміщеннями	СТ СЭВ 3972
Гнучкість стрижня	Відношення розрахункової довжини стрижня до радіуса інерції його поперечного перерізу	
Гнучкість пластинки (стілки, пояса)	Відношення довжини пластинки (висоти стінки, ширини пояса, звису пояса) до товщини	
Деформована схема	Розрахункова схема, в рівняннях рівноваги якої враховуються переміщення від початкового навантаженого стану та зміна розташування цих навантажень внаслідок деформації системи	
Депланація поперечного перерізу	Переміщення точки плоского поперечного перерізу, що перетворює його в поверхню або сукупність площин	СТ СЭВ 3972
Довговічність	Властивість об'єкта тривалий час зберігати працездатний стан при встановленій системі технічного обслуговування і прийнятному порядку проведення ремонтів	
Живучість	Властивість об'єкта зберігати (можливо, з погіршенням якості функціонування) працездатний стан навіть при пошкодженні його частин	
Ідеальна система	Система без початкових недосконалостей, до якої навантаження прикладене таким чином, що при досягненні критичного рівня внаслідок втрати стійкості можлива поява (виникнення) якісно нових переміщень (біфуркація)	
Якісна зміна конфігурації	Стан, при якому необхідно припинити експлуатацію у зв'язку (через) з надмірними залишковими переміщеннями, у тому числі зсувами у з'єднаннях	
Конструктивна нелінійність	Зміна розрахункової схеми конструкції у процесі навантаження	
Контрольне складання	Складання відправних марок з метою контролю геометричних параметрів конструкції і сумісності укрупнювальних і монтажних стиків	
Надійність	Властивість об'єкта виконувати задані функції протягом потрібного проміжку часу	
Початкові недосконалості	Сукупність несприятливих факторів (відхилень форми або розмірів від номінальних, відступів від розрахункової схеми, власні початкові напруження тощо), які можуть виникати при виготовленні, транспортуванні та зведенні і знижувати несучу здатність конструкцій	

Закінчення таблиця Б.1

Термін	Визначення	Документ, на який здійснюється посилання
Несуча здатність	Здатність конструкції або її елементів чинити опір певному виду і рівню навантажень і впливів	
Загальне складання	Складання відправних марок споруди чи її частини з метою контролю збираності і проектних геометричних розмірів	
Поверхня взаємодії	Поверхня в просторі напружень чи зусиль, точки якої характеризують граничний або критичний стан перерізу елемента або системи	
Граничний стан	Стан, при якому конструкція, основа, будівля або споруда в цілому або її частина перестають задовольняти задані вимоги	
Приведена гнучкість наскрізного стрижня	Гнучкість ідеально прямого пружного стрижня з абсолютно жорсткими з'єднувальними елементами, значення критичної сили якого є таким самим, як і для заданого наскрізного стрижня з піддатливими з'єднувальними елементами	
Приведене напруження	Напруження при простому розтягуванні чи стисканні, яке викликає такий самий небезпечний стан матеріалу, як і при складному напруженому стані	
Розрахункова довжина	Умовна довжина розглядуваного стрижня, для якого при шарнірному обпиранні кінців значення критичної сили є таким самим, як і для заданого стрижня	СТ СЭВ 3972
Вільне кручення	Кручення тонкостінного стрижня, при якому всі поперечні перерізи характеризуються однаковою депланацією та наявністю у них лише дотичних напружень	
Складний напружений стан	Напружений стан, при якому в розглядуваних точках поперечного перерізу виникають не менше за дві компоненти напружень	СТ СЭВ 3972
Руйнування від утомленості	Руйнування, яке супроводжується утворенням і розвитком тріщини внаслідок дії багатократно повторюваних навантажень і впливів	
Фізична нелінійність	Нелінійна або кусково-лінійна залежність між деформаціями і напруженнями, обумовлена фізичними властивостями застосовуваних у конструкції матеріалів	
Крихке руйнування	Руйнування (як правило, раптове), що супроводжується утворенням малих деформацій, яке виникає, зазвичай, за наявності концентраторів напружень, низьких температур і ударних впливів (дій)	
Цикл вантаження	Цикл навантаження (напруження) при дії не статичного навантаження – це одноразова зміна навантаження (напруження), що відповідає повному періоду його зміни	
Проектна історія навантаження	Проектна історія (гістограма) навантаження – це запис або/і у відповідному вигляді представлені коливання втомного навантаження, віднесені до часу. Вона описує зміну напружень від максимуму до мінімуму залежно від дії навантаження	

Б.2 Індeksi у буквених позначеннях і пояснювальні слова

(дво- і трибуквені індeksi відділяються від інших індeksiв комою)

<i>c</i> – стиск, стискання (<i>compression</i>);	<i>r</i> – заклепка (<i>rivet</i>);
<i>c</i> – колона, стійка (<i>column</i>);	<i>r</i> – ребро (<i>rib</i>);
<i>c</i> – пояс колони (<i>chord of column</i>);	<i>s</i> – зсув, зріз (<i>shear</i>);
<i>c</i> – умова (<i>condition</i>);	<i>s</i> – верхній (<i>super</i>);
<i>d</i> – розрахунковий (<i>design</i>);	<i>h</i> – високоміцний, найвищий (<i>highstrength</i>);
<i>d</i> – розкіс (<i>diagonal</i>);	<i>t</i> – розтяг, розтягування (<i>tension</i>);
<i>e</i> – ексцентриситет (<i>eccentricity</i>);	<i>u</i> – граничний (<i>ultimate</i>);
<i>a</i> – анкерний (<i>anchor</i>);	<i>u</i> – тимчасовий опір (<i>ultimate strength</i>);
<i>a</i> – осьовий, центральний (<i>axial</i>);	<i>v</i> – вібрація (<i>vibration</i>);
<i>b</i> – балка (<i>beam</i>);	<i>w</i> – стінка балки (<i>web</i>);
<i>b</i> – болт (<i>bolt</i>);	<i>w</i> – зварювання (<i>welding</i>);
<i>f</i> – пояс, полиця балки (<i>flang</i>);	<i>y</i> – межа текучості (<i>yield point</i>);
<i>f</i> – сила (<i>force</i>);	<i>z</i> – зона (<i>zone</i>);
<i>f</i> – тертя (<i>friction</i>);	<i>abs</i> – абсолютний (<i>absolute</i>);
<i>f</i> – шов зварний кутовий (<i>fillet weld</i>);	<i>ad</i> – додатковий (<i>additional</i>);
<i>i</i> – нижній (<i>inferior</i>);	<i>cr</i> – критичний (<i>critical</i>);
<i>l</i> – поздовжній (<i>longitudinal</i>);	<i>ef</i> – ефектний (<i>effective</i>);
<i>m</i> – середній (<i>middle</i>);	<i>fic</i> – фіктивний (<i>fictitious</i>);
<i>m</i> – момент (<i>moment</i>);	<i>loc</i> – місцевий (<i>local</i>);
<i>m</i> – матеріал (<i>material</i>);	<i>max</i> – максимальний (<i>maximum</i>);
<i>n</i> – нормативний (<i>normative</i>);	<i>min</i> – мінімальний (<i>minimum</i>);
<i>n</i> – нетто (<i>net</i>);	<i>rel</i> – відносний (<i>relative</i>);
<i>p</i> – зминання, тиск (<i>pressure</i>);	<i>tot</i> – загальний, сумарний (<i>total</i>).

Б.3 Основні буквені позначення

<i>A</i>	– площа перерізу брутто;
<i>A_α</i>	– розрахунковий переріз з урахуванням сил тертя;
<i>A_{bn}</i>	– площа перерізу болта нетто;
<i>A_d</i>	– площа перерізу розкосу;
<i>A_f</i>	– площа перерізу полиці (пояса);
<i>A_n</i>	– площа перерізу нетто;
<i>A_w</i>	– площа перерізу стінки;
<i>A_{wf}</i>	– площа перерізу кутового шва у площині наплавленого металу;
<i>A_{wz}</i>	– площа перерізу кутового шва у площині металу межі сплавлення;
<i>E</i>	– модуль пружності;
<i>F</i>	– сила;
<i>G</i>	– модуль зсуву;
<i>I</i>	– момент інерції перерізу брутто;
<i>I_b</i>	– момент інерції перерізу гілки;
<i>I_m, I_d</i>	– момент інерції перерізів полиці і розкосів ферми;
<i>I_r</i>	– момент інерції перерізу ребра, планки;
<i>I_{r1}</i>	– момент інерції перерізу подовжнього ребра;
<i>I_t</i>	– момент інерції при вільному крученні;
<i>I_x, I_y</i>	– момент інерції перерізу брутто відносно осей <i>x</i> – <i>x</i> і <i>y</i> – <i>y</i> відповідно;
<i>I_{xn}, I_{yn}</i>	– те саме, перерізу нетто;
<i>I_ω</i>	– секторіальний момент інерції перерізу;
<i>M</i>	– згинальний момент;
<i>M_x, M_y</i>	– згинальний момент відносно осей <i>x</i> – <i>x</i> і <i>y</i> – <i>y</i> відповідно;

N	– поздовжня сила;
n_{ad}	– додаткове зусилля;
N_{bm}	– поздовжня сила, викликана дією згинального моменту в гілці колони;
Q	– поперечна сила, сила зсуву;
Q_{fic}	– умовна поперечна сила для з'єднувальних елементів;
Q_s	– умовна поперечна сила, що припадає на систему планок, розташованих в одній площині;
R_{ba}	– розрахунковий опір розтягу фундаментних болтів;
R_{bh}	– розрахунковий опір розтягу високоміцних болтів;
R_{bp}	– розрахунковий опір зминанню одноболтового з'єднання;
R_{bs}	– розрахунковий опір зрізу одноболтового з'єднання;
R_{bt}	– розрахунковий опір розтягу одноболтового з'єднання;
R_{bun}	– нормальний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює тимчасовому опору σ_b за державними стандартами і технічними умовами на болти;
R_{bu}	– розрахунковий опір розтягу U – подібних болтів;
R_{byn}	– нормальний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює межі текучості σ_t за державними стандартами і технічними умовами на болти;
R_{cd}	– розрахунковий опір діаметральному стиску (стисканню) катків при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю
R_{dh}	– розрахунковий опір розтягу високоміцного дроту
R_{lp}	– розрахунковий опір місцевому зминанню у циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні
R_p	– розрахунковий опір сталі зминанню торцевої поверхні (за наявності пригонки)
R_s	– розрахунковий опір сталі зсуву
R_{th}	– розрахунковий опір розтягу у напрямку товщини прокату
R_u	– розрахунковий опір сталі розтягу і згину за тимчасовим опором
R_{un}	– тимчасовий опір сталі, який приймається таким, що дорівнює мінімальному значенню σ_b за державними стандартами і технічними умовами на сталь;
R_v	– розрахунковий опір сталі утомленості
R_{wf}	– розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) у площині наплавленого металу
R_{wu}	– розрахунковий опір стикових зварних швів стиску, розтягу і згину за тимчасовим опором;
R_{wun}	– нормативний опір металу шва за тимчасовим опором;
R_{ws}	– розрахунковий опір стикових зварних швів зсуву;
R_{wy}	– розрахунковий опір стикових зварних швів стиску, розтягу та зсуву за межею текучості;
R_{wz}	– розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) у площині металу межі сплавлення;
R_y	– розрахунковий опір сталі розтягу, стиску та згину за межею текучості;
R_{yf}	– те саме, для полиці (пояса);
R_{yw}	– те саме, для стінки;
R_{yn}	– межа текучості сталі, яка приймається такою, що дорівнює значенню межі текучості σ_t за державними стандартами і технічними умовами на сталь;
S	– статичний момент зсувної частини перерізу бруто відносно нейтральної осі;
W_x, W_y	– моменти опору перерізу бруто відносно осей $x - x$ і $y - y$;
W_e, W_t	– моменти опору перерізу, обчислені відповідно для найбільш стиснутого і розтягнутого волокна перерізу;
W_{xn}, W_{yn}	– моменти опору перерізу нетто відносно осей $x - x$ і $y - y$;
b	– ширина;
b_{ef}	– розрахункова ширина;
b_f	– ширина полиці (пояса);
b_r	– ширина виступаючої частини ребра, звис ребра;
c_x, c_y	– коефіцієнти для розрахунку з урахуванням розвитку пластичних деформацій при

	згині відносно осей $x - x$, $y - y$;
d	– діаметр отвору болта;
d_b	– зовнішній діаметр стрижня болта;
e	– ексцентриситет сили;
h	– висота;
h_{ef}	– розрахункова висота стінки;
h_w	– висота стінки;
i	– радіус інерції перерізу;
i_{min}	– найменший радіус інерції перерізу;
i_x, i_y	– радіус інерції перерізу відносно осей $x - x$ і $y - y$ відповідно;
k	– катет кутового шва;
l	– довжина, прольот;
l_c	– довжина стійки, колони, розпірки;
l_d	– довжина розкосу;
l_{ef}	– розрахункова довжина;
l_m	– довжина панелі пояса ферми чи колони;
l_s	– довжина планки;
l_w	– розрахункова довжина зварного шва;
l_x, l_y	– розрахункові довжини елемента у площинах перпендикулярних до осей $x - x$ і $y - y$ відповідно;
M	– відносний ексцентриситет ($m = eA / W_c$);
R	– радіус;
t	– товщина;
t_f	– товщина полиці (пояса);
t_w	– товщина стінки;
α	– відношення площ перерізів полиці (пояса) і стінки ($\alpha_f = A_f / A_w$);
β_x, β_z	– коефіцієнти переходу від катета кутового шва до розрахункової ширини перерізу кутового шва відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення;
γ	– коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання;
γ_c	– коефіцієнт умов роботи;
γ_n	– коефіцієнт надійності за навантаженням;
γ_m	– коефіцієнт надійності за призначенням;
γ_u	– коефіцієнт надійності за матеріалом;
η	– коефіцієнт надійності в розрахунках за тимчасовим опором;
λ	– гнучкість ($\lambda = l_{ef} / i$);
$\bar{\lambda}$	– умовна гнучкість ($\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E}$);
λ_{ef}	– приведена гнучкість стрижня наскрізного перерізу;
$\bar{\lambda}_{ef}$	– умовна приведена гнучкість стрижня наскрізного перерізу ($\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef} \sqrt{R_y / E}$);
$\bar{\lambda}_f$	– умовна гнучкість звису пояса ($\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \sqrt{R_y / E}$);
$\bar{\lambda}_{f,1}$	– умовна гнучкість поясного листа ($\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f} \sqrt{R_y / E}$);
$\bar{\lambda}_w$	– умовна гнучкість стінки ($\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{R_y / E}$);
$\bar{\lambda}_{uf}$	– гранична умовна гнучкість звису пояса (поясного листа);

$\overline{\lambda}_{uw}$	– гранична умовна гнучкість стінки;
λ_x, λ_y	– розрахункові гнучкості елемента у площинах перпендикулярних до осей $x - x$ і $y - y$ відповідно;
ν	– коефіцієнт поперечної деформації сталі (Пуассона);
σ_{loc}	– місцеві нормальні напруження;
σ_x, σ_y	– нормальні напруження, паралельні до осей $x - x$ і $y - y$ відповідно;
τ	– дотичне напруження;
$\varphi, \varphi_x, \varphi_y$	– коефіцієнт стійкості при центральному стискові;
φ_b	– коефіцієнт стійкості при згині;
φ_e	– коефіцієнт стійкості при згині зі стиском;
φ_{exy}	– коефіцієнт стійкості при згині у двох головних площинах зі стиском.

Додаток В
(рекомендований)

Категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом та групи конструкцій

Таблиця В.1 Класифікація конструкцій

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призна- ченням	за напруженим станом
1. Конструкції кранових колій: а) підкранові балки (крім ребер жорсткості) і ферми (пояси, елементи ґраток, фасонки) б) гальмові балки і ферми, деталі кріплення до колон, ребра жорсткості в) балки колій підвісного транспорту: - зварні - прокатні під технологічні електричні талі і кран-балки або ручні талі і кран-балки - прокатні під ремонтні або ручні талі і кран-балки г) допоміжні горизонтальні ферми, вертикальні ферми, тупикові упори д) деталі кріплення рейок	A A A Б Б Б В	I II I I II II III
2. Робочі площадки при наявності рухомого транспорту: а) балки при залізничному рухомому складі б) балки при автотранспортувачах та іншому транспорті в) металевий настил, включений у сумісну роботу з балками настилу, ребра жорсткості балок г) металевий настил, не включений до сумісної роботи з балками настилу, ребра жорсткості настилу	A A Б Б	I II I II
3. Конструкції технологічних площадок і покриттів: а) головні балки і ригелі рам при динамічному навантаженні б) головні балки при статичному навантаженні в) другорядні балки при динамічному навантаженні г) другорядні балки при статичному навантаженні д) металевий настил, включений до сумісної роботи з балками настилу при динамічному навантаженні е) металевий настил, окрім зазначеного в поз. 3, д) ж) ребра жорсткості балок	A A A A Б Б В	I III II III I II III
4. Колони виробничих будівель і відкритих кранових естакад, стійки робочих і технологічних площадок: а) основні елементи поперечного перерізу (у тому числі пояси і ґратки при наскрізному перерізі), опорні плити, підкранові траверси колон б) вертикальні в'язі між колонами в) ребра жорсткості і діафрагми колон, елементи ґраток двоплощинних в'язей, в'язі з напруженням меншим за $0,4R_y$	A A В	III III III

Продовження таблиці В.1

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призна-ченням	за напруженим станом
5. Конструкції покриття: а) ферми, ригелі та інші елементи, що підлягають безпосередній дії динамічних навантажень від технологічного чи транспортного устаткування б) те саме, при статичному навантаженні в) вузлові фасонки г) ліхтарні панелі, панелі покрівлі, прогони, горизонтальні торцеві в'язі в рівні покрівлі, поздовжні в'язі при кроці колон, що є більшим за крок кроквяних ферм д) інші в'язі	A A A Б В	I II II II III
6. Конструкції фахверка а) ригелі під цегляні стіни і над воротами б) стійки, торцеві і вітрові ферми в) ригелі, крім зазначених у поз.6, а) та інші елементи	A Б В	III II III
7. Допоміжні конструкції виробничих будівель: а) косоури сходів б) сходи, перехідні площадки, огороження, площадки світильників, посадкові площадки на крани, балки підвісних стель, імпости, віконні і ліхтарні рами	A В	III III
8. Транспортні галереї: а) прольотні будівлі галереї, несучі балки під конвеєри, фасонки ферм б) опори, в'язі між колонами, опорні ребра балок в) елементи фахверка, в'язі, прогони і балки покриттів прольотних будівель, ребра жорсткості балок	A A Б	I II II
9. Опори повітряних ліній (ПЛ) електропередачі, конструкцій відкритих розподільних пристроїв (ВРП): а) зварні спеціальні опори великих переходів заввишки понад 60 м б) опори ПЛ, окрім зазначених у поз. 9, а), опори під вимикачі і портали під ошикування ВРЧ в) опори під устаткування ВРЧ тощо, крім зазначених у поз. 9, а) і б)	A A В	I III II
10. Антенні споруди зв'язку заввишки до 500 м а) стовбури щогл і башт, ґратки, елементи обпирання на фундаменти б) елементи (механічні деталі) відтяжок щогл і антенних полотен, деталі кріплення відтяжок до фундаментів і до стовбурів сталевих опор в) діафрагми баштових опор, хідники, перехідні площадки	A A Б	II I III
11. Витяжні башти: а) пояси башт, вузлові фасонки б) газовідвідний стовбур, елементи ґратки, балки і площадки діафрагм, що безпосередньо сприймають вагу стовбура в) опорні плити, хідники, огороження, настил площадок, балок і площадки діафрагм, що не сприймають вагу стовбура	A Б В	II II III
12. Димові труби: а) сталева оболонка і ребра жорсткості труби б) площадки, опорні кільця, хідники та огороження	A Б	II III

Закінчення таблиці В.1

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призна-ченням	за напруженим станом
13. Градирні баштові і вентиляторні, водонапірні башти: а) пояси ґратчастих башт, кільця жорсткості, ґратки б) вузлові фасонки в) фахверк, допоміжні площадки, обшивки градирень	A A B	III II III
14. Бункери: а) бункерні балки, оболонки параболічних бункерів б) стінки інших бункерів, ребра жорсткості бункерів	A A	I III
15. Резервуари і газгольдери: а) стінки та кромки днищ резервуарів місткістю 10 тис. м ³ і більше, фасонки покриттів б) стінки та кромки днищ резервуарів місткістю менш як 10 тис. м ³ в) центральні частини днищ, опорні кільця покриття, кільця жорсткості, плавучі покрівлі і понтони покриття д) внутрішні корпуси ізотермічних резервуарів при температурі зберігання не вище -50°C	A A A A	I II III I
16. Конструкції контактової мережі транспорту: а) конструкції та елементи, пов'язані з натягом проводів (тяги, штанги, хомути) б) конструкції та елементи несучих, підтримувальних і фіксувальних пристроїв (опори, ригелі жорсткості поперечин, прожекторні щогли, фіксатори) в) допоміжні конструкції	A B B	I I II III
17. Силоси (оболонка, ребра жорсткості)	A	III
18. Громадські будівлі і споруди (театри, кінотеатри, цирки, спортивні споруди, криті ринки, навчальні заклади, дитячі дошкільні заклади, лікарні, пологові будинки, музеї, державні архіви тощо, будівлі заввишки понад 75 м: а) перекриття і покриття, косоури сходин б) колони	A A	II II
Примітки: 1. Вимоги цієї таблиці не поширюються на сталеві конструкції спеціальних споруд: магістральні і технологічні трубопроводи, резервуари спеціального призначення, кожухи доменних печей і повітренагрівачів тощо. 2. Для конструкцій і елементів, не зазначених у цій таблиці, допускається приймати категорії з урахуванням їхнього призначення і напруженого стану стосовно аналогічних конструкцій і елементів, зазначених у таблиці		

Таблиця В.2 Показники груп конструкцій

Чинник	Позначення	Характеристика	Показник, бал
Клас відповідальності	S_1	I	4
		II, III	0
Категорія за призначенням	S_2	A	II
		Б	4
		B	I
Категорія за напруженим станом	S_3	I	8
		II	5
		III	I
Наявність розтягувальних напружень від розрахункового навантаження	S_4	є	7
		немає	2
Несприятливий вплив зварних з'єднань	S_5	є	6
		немає	2
Примітка Несприятливий вплив зварних з'єднань слід враховувати, якщо вони розташовані у місцях дії значних розрахункових розтягувальних напружень ($\sigma > 0,3R_y$; $\sigma > 0,3R_{wz}$), або в місцях, де міцність зварного з'єднання визначає придатність до експлуатації конструкції в цілому.			

В.1 Залежно від категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом, а також від інших чинників, наведених у табл. В.2, конструкції та елементи поділяються на чотири групи.

Групи конструкцій слід приймати залежно від показника групи S , який дорівнює сумі балів показників окремих чинників $S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$, які приймаються відповідно до табл. В.2.

- група 1 – при $S > 26$;
- група 2 – при $23 \leq S \leq 26$;
- група 3 – при $19 \leq S \leq 22$;
- група 4 – при $S \leq 18$.

Слід враховувати, що показники факторів при експлуатації, транспортуванні та монтажі можуть відрізнятися один від одного.

В.2 Після підбору перерізів слід уточнити групу конструкцій шляхом коригування показника групи S , визначеного згідно з В.1 цього додатка, не більше як на ± 4 бали. При цьому рекомендується прийняти такі категорії за напруженим станом, де α – відношення абсолютного найбільшого значення нормального розтягувального напруження, викликаного дією динамічних навантажень, до найбільшого значення сумарного розтягувального напруження, викликаного дією усіх навантажень, у тому самому розрахунковому перерізі:

- I – при $\alpha \geq 0,5$;
- II – при $0,2 < \alpha < 0,5$;
- III – при $\alpha \leq 0,2$.

При товщині прокату понад 20 до 40 мм, при наявності кромок після гільйотинного різання, наклепу від деформування в холодному стані, що не враховуються в розрахунку, високих початкових напружень (у тому числі зварювальних), значення показника групи S необхідно збільшити на 1 бал; при товщині прокату понад 40 мм – на 2 бали.

При дії статичного навантаження і значенні нормального напруження стискання, що обчислене з урахуванням коефіцієнтів φ , φ_e , φ_b і не перевищує $0,4R_y\gamma_c$ (наприклад, при обмеженні гнучкості, конструктивних вимогах тощо) значення показника групи S необхідно зменшити на 4 бали.

Фізичні характеристики матеріалів

Таблиця Г.1 Фізичні характеристики матеріалів для сталевих конструкцій

Характеристика	Значення
Густина ρ , кг/м ³ :	
– прокату і сталевих виливків	7850
– виливків з чавуну	7200
Коефіцієнт лінійного розширення α , °С ⁻¹	$0,12 \times 10^{-4}$
Модуль пружності E , Н/мм ² :	
– прокатної сталі, сталевих виливків	$2,06 \times 10^5$
– виливків з чавуну марок:	
– СЧ15	$0,83 \times 10^5$
– СЧ20, СЧ25, СЧ30	$0,98 \times 10^5$
– пучків і пасм паралельних дротів	$1,96 \times 10^5$
– канатів сталевих:	
– спіральних і закритих	$1,67 \times 10^5$
– несучих	
– подвійного звивання	$1,47 \times 10^5$
– подвійного звивання з неметалевим сердечником	$1,27 \times 10^5$
Модуль зсуву прокатної сталі і сталевих виливків G , Н/мм ²	$0,79 \times 10^5$
Коефіцієнт поперечної деформації (Пуасона) ν	0,3
Примітка Значення модуля пружності наведені для канатів, попередньо витягнутих зусиллям не менш як 60% розривного зусилля для каната в цілому.	

Таблиця Г.2 Фізичні характеристики проводів і дроту

Найменування матеріалу	Марка і номінальний переріз, мм ²	Модуль пружності E , Н/мм ²	Коефіцієнт лінійного розширення α , °С ⁻¹
Алюмінієві проводи за ГОСТ 839	А, АНП; 16-800	$0,630 \times 10^5$	$0,23 \times 10^{-4}$
Мідні проводи за ГОСТ 839	М; 4-800	$1,300 \times 10^5$	$0,17 \times 10^{-4}$
Сталева алюмінієві проводи за ГОСТ 839 при відношенні площ алюмінію до сталі, що дорівнює:	АС, АСК; АСКП, АСКС		
6...6,25	10 і більше	$0,825 \times 10^5$	$0,192 \times 10^{-4}$
0,65	95	$1,460 \times 10^5$	$0,139 \times 10^{-4}$
4,29...4,39	120 і більше	$0,890 \times 10^5$	$0,183 \times 10^{-4}$
7,71...8,04	150 і більше	$0,770 \times 10^5$	$0,198 \times 10^{-4}$
1,46	185 і більше	$1,140 \times 10^5$	$0,155 \times 10^{-4}$
12,22	330	$0,665 \times 10^5$	$0,212 \times 10^{-4}$
18,2...18,5	400 і 500	$0,665 \times 10^5$	$0,212 \times 10^{-4}$
Бісталевий сталемідний дріт за ГОСТ 3822 діаметром, мм:	БСМІ		
1,6...4	2,0...12,5	$1,870 \times 10^5$	$0,127 \times 10^{-4}$
6	28,2	$1,900 \times 10^5$	$0,124 \times 10^{-4}$
Примітка Значення маси проводів і дроту слід приймати згідно з ГОСТ 839 і ГОСТ 3822.			

Додаток Д
(обов'язковий)

Вимоги до сталей для сталевих конструкцій

Таблиця Д.1 Нормативні показники ударної в'язкості прокату при розрахунковій температурі $t \geq -40^\circ\text{C}$

Група конструкцій	Нормативні показники ударної в'язкості для прокату з межею текучості, Н/мм ²		
	$R_{yn} < 290$	$290 \leq R_{yn} < 390$	$R_{yn} \geq 390$
1	KCA + KCV ⁰	KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁴⁰
2	те саме	те саме	те саме
3	те саме	те саме	те саме

Примітки:

1. KCV – ударна в'язкість на зразках з V- подібним надрізом (тип II за ГОСТ 9454), індекс t (KCV^t) – регламентована температура випробувань на ударний згин, відсутність індексу означає температуру +20°C, KCA – ударна в'язкість при температурі + 20°C при випробуванні зразків I-го типу за ГОСТ 9454 з V- подібним надрізом після деформаційного старіння.
2. Розрахункова температура визначається відповідно до п. 1.2.1.9 цих норм.
3. Норми ударної в'язкості:
 - 1) KCA = 29 Дж/см²;
 - 2) для сталей з $R_{yn} < 290$ Н/мм² – KCV = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках;
 - 3) для сталей з $290 \leq R_{yn} < 390$ Н/мм² – KCV⁻²⁰ = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках; KCV⁰ = KCV⁻²⁰ = KCV⁻⁴⁰ = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках;
 - 4) для сталей з $R_{yn} \geq 390$ Н/мм² – KCV⁻⁴⁰ = 25 Дж/см².

Таблиця Д.2 Вимоги до хімічного складу низьколегованої сталі для сталевих конструкцій

Конструкції будівель і споруд при межі текучості сталі, Н/мм ²	Масова частка елементів ¹⁾ , %, не більше			Вуглецевий еквівалент C ₃ , не більше
	вуглець	фосфор	сірка	
до 290	0,22	0,040	0,050 ²⁾	
понад 290 до 390	0,15	0,035	0,010 ²⁾	0,45
понад 390 до 490	0,15	0,020 ³⁾	0,010 ³⁾	0,46
понад 490 до 590	0,15	0,015	0,010	0,47
понад 590	0,15	0,010	0,005	0,51

¹⁾ Граничні відхилення за хімічним складом у готовому прокаті за ГОСТ 27772.
²⁾ У разі термічної обробки сталі, призначеної подрібнити зерно, вміст сірки повинен складати не більше за 0,025%.
³⁾ Сумарний вміст сірки і фосфору не повинен перевищувати 0,020%.

Примітка
 Значення вуглецевого еквівалента (C₃, %) обчислюється за формулою

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V + Nb}{14} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{Si}{24} + \frac{Mo}{4} + \frac{P}{2},$$

де C, Mn, Cr, V, Nb, Ni, Cu, Si, Mo, P – масові частки вуглецю, марганцю, хрому, ванадію, ніобію, нікелю, міді, кремнію, молібдену і фосфору відповідно, %.

Таблиця Д.3 Вимоги до застосування сталевих прокатів

ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЛІ	ГРУПА КОНСТРУКЦІЙ	СТУПІНЬ РОЗКИСЛЕННЯ	ВИМОГИ ЩОДО УДАРНОЇ В'ЯЗКОСТІ
Низьковуглецева сталь звичайної міцності	1	сп	КСА+КСV
	2	пс, сп	
	3	кп, пс, сп	
	4	кп, пс, сп	
Сталь підвищеної міцності	1		КСV ⁻²⁰
	2		
	3		
Високоміцна сталь	1		КСV ⁻⁴⁰
	2		
	3		
Позначення, прийняті в таблиці Д.3: сп – спокійна; пс – напівспокійна; кп – кипляча. КСА, КСV – вимоги до ударної в'язкості, що приймаються за табл. Д.1.			

Додаток Е
(обов'язковий)

Рекомендації щодо вибору сталей для конструкцій будівель і споруд

Таблиця Е.1 Сталі для сталевих конструкцій будівель і споруд

Сталь	Умови застосування сталі для груп конструкцій			
	1	2	3	4
Конструкції з фасонного, сортового, листового, широкополочкового і універсального прокату і холодногнутих профілів				
C235 ГОСТ 27772	—	—	+ ^{a)}	+
C245 ГОСТ 27772	—	+ ^{b)}	+	—
C255 ГОСТ 27772	+	+	+	—
C275 ГОСТ 27772	—	+ ^{b)}	+	—
C285 ГОСТ 27772	+	+	+	—
C345 ГОСТ 27772	+3	+1	+1	—
C345К ГОСТ 27772				
C355 ТУ У27.1-05416923-085:2006	—	+	+	—
C375 ГОСТ 27772	+3	+1	+1	—
C390 ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	+	+	+	—
C440 ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	+	+	+	—
C490 ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006				
C590 ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	—	+	+	—
C590К ГОСТ 27772	—	—	—	—
Конструкції з труб				
ВСтЗкп (до 4) ГОСТ 10705 ^{a)}	+2 ^{a)}	+2 ^{a)}	+2 ^{a)}	
ВСтЗкп (от 4,5 до 10) ГОСТ 10705 ^{b)}	—	+2 ^{a)}	+2 ^{a)}	
ВСтЗпс (до 5,5) ГОСТ 10705 ^{b)}	+2 ^{a)}	+2 ^{a)}	+2 ^{a)}	
ВСтЗпс (от 6 до 10) ГОСТ 10705 ^{b)}	+6	+6	+6	
ВСтЗсп (от 6 до 10) ГОСТ 10705 ^{b)}	—	—	—	
ВСтЗпс (от 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{d)}	—	+4	+4	
ВСтЗсп (от 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{d)}	—	—	—	
20 ГОСТ 8731 ^{e)}	+	+	—	
09Г2С ГОСТ 8731 ^{e)}	+	+	—	
Позначення, прийняті в табл. Е.1: Знаки «+» і «-» означають, що дану сталь застосовувати відповідно слід чи не слід. Цифра за знаком «+» означає категорію сталі за ударною в'язкістю. ^{a)} окрім неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, а також окрім опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ); ^{b)} для неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, слід застосовувати прокат завтовшки до 10 мм; ^{c)} група В, табл. 1 ГОСТ 10705; ^{d)} група В з додатковими вимогами за п.1.6 ГОСТ 10706; ^{e)} окрім опор ПЛ, ВРП і КМ; ^{e)} безшовні гарячедеформовані труби з зазначених марок сталей допускається застосовувати для елементів спеціальних опор великих переходів ПЛ висотою понад 60 м (група конструкцій 1). Примітки: 1. За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці. 2. Вимоги цієї таблиці поширюються на листовий прокат завтовшки понад 3 мм. При товщині прокату меншій за 3 мм наведені в таблиці сталі слід застосовувати без вимог до ударної в'язкості (без зазначення категорії). 3. Прокат завтовшки менше за 5 мм із сталі класу С235 допускається застосовувати для конструкцій усіх груп, окрім опор ПЛ, ВРП і КМ. 4. Застосування термозміцненого з прокатного нагріву фасонного прокату зі сталі класу С345Т і С375Т, який постачається як сталь класу С345 і С375, не допускається в конструкціях, які при виготовленні підлягають металізації або пластичним деформаціям при температурі понад +700°С. 5. До сортового прокату (круг, смуга, квадрат) згідно з ТУ 14-1-3023, ГОСТ 535, ГОСТ 19281 та іншими технічними умовами і стандартами висуваються такі самі вимоги як до фасонного прокату такої самої товщини згідно з ГОСТ 27772. 6. Відповідність марок сталі сортового прокату маркам сталей згідно з ГОСТ 27772 слід визначити за табл. Е.5 цього додатка.				

Таблиця Е.2 Нормативні і розрахункові опори при розтягуванні, стисканні та згинанні для листового, широкоштабового універсального і фасонного прокату згідно з ГОСТ 27772

Сталь	Товщина прокату ¹⁾ , мм	Нормативний опір ²⁾ , Н/мм ² , прокату				Розрахунковий опір ³⁾ , Н/мм ² , прокату			
		Листового, широкоштабового, універсального		Фасонного		Листового, широкоштабового, універсального		Фасонного	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	R_y	R_u
С235	від 2 до 20	235	360	235	360	230	350	230	350
	понад 20 до 40	225	360	225	360	220	350	220	350
	понад 40 до 100	215	360	—	—	210	350	—	—
	понад 100	195	360	—	—	190	350	—	—
С245	від 2 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	понад 20 до 30	—	—	235	370	—	—	230	360
С255	від 2 до 3,9	255	380	—	—	250	370	—	—
	від 4 до 10	245	380	255	380	240	370	250	370
	понад 10 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	понад 20 до 40	235	370	235	370	230	360	230	360
С275	від 2 до 10	275	380	275	390	270	370	270	380
	понад 10 до 20	265	370	275	380	260	360	270	370
С285	від 2 до 3,9	285	390	—	—	280	380	—	—
	від 4 до 10	275	390	285	400	270	380	280	390
	понад 10 до 20	265	380	275	390	260	370	270	380
С345	від 2 до 10	345	490	345	490	335	480	335	480
	понад 10 до 20	325	470	325	470	315	460	315	460
	понад 20 до 40	305	460	305	460	300	450	300	450
	понад 40 до 60	285	450	—	—	280	440	—	—
	понад 60 до 80	275	440	—	—	270	430	—	—
	понад 80 до 100	265	430	—	—	260	420	—	—
С345К	від 4 до 10	345	470	345	470	335	460	335	460
С355	понад 80 до 50	355	450	—	—	340	430	—	—
С375	від 2 до 10	375	510	375	510	365	500	365	500
	понад 10 до 20	355	490	355	490	345	480	345	480
	понад 20 до 40	335	480	335	480	325	470	325	470
С390	від 4 до 50	390	540	—	—	380	530	—	—
С390К	від 4 до 30	390	540	—	—	380	530	—	—
С440	від 4 до 30	440	590	—	—	430	575	—	—
	понад 30 до 50	410	570	—	—	400	555	—	—
С590	від 8 до 50	590	700	—	—	540	630	—	—
С590К	від 16 до 40	540	635	—	—	515	605	—	—

¹⁾ За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці.

²⁾ За нормативні опори прийняті гарантовані значення межі текучості і тимчасового опору.

³⁾ Значення розрахункових опорів одержані діленням нормативних опорів на коефіцієнти надійності за матеріалом, визначені згідно з п. 1.3.2 із заокругленням до 5 Н/мм².

Примітка

Розрахункові опори R_{yw} стінок гарячекатаних двотаврів і швелерів допускається збільшувати на 10% порівняно до R_y .

Таблиця Е.3 Нормативні і розрахункові опори при розтягуванні, стисканні і згинанні труб для сталевих конструкцій будівель і споруд

МАРКА СТАЛІ	ГОСТ АБО ТУ	ТОВЩИНА СТІНКИ, ММ	НОРМАТИВНИЙ ОПР ¹⁾ , Н/ММ ²		РОЗРАХУНКОВИЙ ОПР ²⁾ , Н/ММ ²	
			R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
ВСтЗкп, ВСтЗпс,	ГОСТ 10705	до 10	225	370	215	350
ВСтЗсп						
ВСтЗпс4	ГОСТ 10706	4...15	245	370	235	350
ВСтЗсп4						
20	ГОСТ 8731	4...36	245	410	225	375
16Г2АФ	ТУ 14-3-567	6...9	440	590	400	535
09Г2С	ТУ 14-3-1128	4...22	265	470	250	450
¹⁾ За нормативні опори прийнято гарантовані значення межі текучості і тимчасового опору, які наводяться у державних стандартах або технічних умовах. ²⁾ Значення розрахункових опорів одержано діленням нормативних опорів, Н/мм ² , на коефіцієнти надійності за матеріалом, які визначаються згідно з п. 1.3.2 і округленням до 5 Н/мм ² .						
Примітка Нормативні опори для труб із сталі марки 09Г2С згідно з ГОСТ 8731 установлюються за погодженням сторін згідно з вимогами цього стандарту; розрахункові опори для труб зі сталі цих марок обчислюють за формулами, наведеними у табл. 1.3.1 цих норм.						

Таблиця Е.4 Розрахункові опори прокату зминанню торцевої поверхні, місцевому зминанню у циліндричних шарнірах, діаметральному стисканню катків

Тимчасовий опір, Н/мм ²	Розрахунковий опір, Н/мм ²		
	Зминанню		Діаметральному стисканню катків (при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю)
	торцевої поверхні (за наявності пригонки)	місцевому в циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	
360	327	164	8
370	336	168	8
380	346	173	9
390	355	178	9
400	364	182	10
430	391	196	10
440	400	200	10
450	409	205	10
460	418	209	10
470	427	214	11
480	436	218	11
490	445	223	11
510	464	232	12
540	482	241	12
570	504	252	13
590	522	261	13
Примітка У таблиці наведено значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих норм при $\gamma_m = 1,1$.			

Таблиця Е.5 Марки сталі, що відповідають маркам сталей згідно з ГОСТ 27772

Клас сталі	Стандарт	Сталь, яка відповідає сталі згідно з ГОСТ 27772	
		марки сталі, товщина прокату, мм	ГОСТ або ТУ
C235	ГОСТ 27772	ВСтЗкп2 ВСтЗкп2-1	ГОСТ 380 ТУ 14-1-3023
C245	ГОСТ 27772	ВСтЗпс6 (листовий – до 20, фасонний – до 30) ВСтЗпс6-1	ГОСТ 380 ТУ 14-1-3023
C255	ГОСТ 27772	ВСтЗсп5, ВСтЗГпс6, ВСтЗпс6 (листовий – понад 20 до 40, фасонний – понад 30) ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1	ГОСТ 380 ТУ 14-1-3023
C275	ГОСТ 27772	ВСтЗпс6-2	ТУ 14-1-3023
C285	ГОСТ 27772	ВСтЗсп5-2, ВСтЗГпс5-2	ТУ 14-1-3023
C345, C345T	ГОСТ 27772	09Г2	ГОСТ 19281-89 ГОСТ 19281-89
		09Г2С 15ХСНД (листовий до 10, фасонний до 20) 14Г2 (листовий, фасонний до 20)	ГОСТ 19281-89
		12Г2С гр.1	ТУ 14-1-4323
		09Г2 гр.1, 09Г2 гр.2, 09Г2С гр.1, 14Г2 гр.1 (фасонний – до 20)	ТУ 14-1-3023
		390	ТУ 14-15-146
		ВСтТпс	ГОСТ 14637
		10ХНДП	ГОСТ 19281, ГОСТ 19281-89 ТУ 14-1-1217
C355	ТУ У27.1-05416923-085:2006	06ГБ-355	ТУ У27.1-05416923-085:2006
C375	ГОСТ 27772	12Г2С гр.2	ТУ 14-1-4323
		09Г2С гр.2, 14Г2 гр.1 (фасонний – понад 20), 14Г2 гр.2 (фасонний – до 20)	ТУ 14-1-3023
		14Г2 (листовий, фасонний – понад 20) 10Г2С1, 15ХСНД (листовий – понад 10, фасонний – понад 20), 10ХСНД (листовий – до 10, фасонний – без обмежень)	ГОСТ 19281, ГОСТ 19281-89
C390	ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	14Г2АФ, 10Г2С1 термозміцнена, 10ХСНД (листовий – понад 10) 06ГБ-390	ГОСТ 19281-89 ТУ У27.1-05416923-085:2006
C390К	ГОСТ 27772	15Г2АФДпс	ГОСТ 19281-89
C440	ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термозміцнень 06Г2Б	ГОСТ 19281-89 ТУ У27.1-05416923-085:2006

Закінчення таблиці Е.5

Клас сталі	Стандарт	Сталь, яка відповідає сталі згідно з ГОСТ 27772	
		марки сталі, товщина прокату, мм	ГОСТ або ТУ
C490	ТУ У27.1-05416923-085:2006	06Г2Б	ТУ У27.1-05416923-085:2006
C590	ГОСТ 27772, ТУ У27.1-05416923-085:2006	12Г2СМФ 12ХН2МД	ТУ 14-1-1308 ТУ У27.1-05416923-085:2006
C590К	ГОСТ 27772	12ГН2МФАЮ	ТУ 14-1-1772

Примітки:
1. Сталі класу С345 і С375 категорій 1, 2, 3, 4 за ГОСТ 27772 замінюють сталі категорій відповідно 6, 7 і 9; 12; 13 і 15 за ГОСТ 19281 і ГОСТ 19282.
2. Сталі класу С345К, С390, С390К, С340, С590, С590К за ГОСТ 27772 замінюють відповідні марки сталі категорій 1 – 15 за ГОСТ 19281 і ГОСТ 19282, наведені у цій таблиці.

Таблиця Е.6 Розрахункові опори виливків з вуглецевої сталі

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахункові опори, Н/мм ² відливків з вуглецевої сталі марок			
		15Л	25Л	35Л	45Л
Розтяг, стиск, згин	R_u	150	180	210	250
Зсув	R_s	90	110	130	150
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	R_p	230	270	320	370
Зминання місцеве в циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	R_{lp}	110	130	160	180
Діаметральне стискання катків при вільному дотиканні (в конструкціях з обмеженою рухливістю)	R_{cd}	6	7	8	10

Таблиця Е.7 Розрахункові опори відливків з сірого чавуну

Напружений стан	Умовне позначення	Розрахункові опори, Н/мм ² , відливків з сірого чавуну марок			
		СЧ 15	СЧ 20	СЧ 25	СЧ 30
Розтяг центральний при згинанні	R_t	55	65	85	100
Стиск центральний при згинанні	R_c	160	200	230	250
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	R_p	240	300	340	370
Зсув	R_s	40	50	65	75

Додаток Ж
(обов'язковий)

Матеріали для з'єднання сталевих конструкцій

Таблиця Ж.1 Матеріали для зварних з'єднань

Група конструкцій	Клас міцності прокату (найменування, марка сталі)	Державний стандарт, технічні умови	Марки матеріалів для зварювання					
			під флюсом		у вуглекислому газі за ГОСТ 8050-85 або в суміші його з аргоном за ГОСТ 10157-79		самозахисним порошковим дротом за ГОСТ 26271-84	покритими електродами типу за ГОСТ 9467-75*
			флюс за ГОСТ 9087-81*, ТУ У 05416923.049-99	зварювальний дріт за ГОСТ 2246-70*	дротом суцільного перерізу за ГОСТ 2246-70*	порошковим дротом за ГОСТ 26271-84		
1,2	Від 235 до 285 вкл. (типу Ст3сп)	ГОСТ 27772-88 ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94) ГОСТ 14637-89 ГОСТ 535-88 ГОСТ 6713-91	АН-348А ¹⁾ АН-348АД ²⁾	Св-08А Св-08ГА	08Г2С		Э42А УОНИ 13/45 УОНИ 13/45СМ УОНИ 13/45А СМ11	
	Від 295 до 375 вкл. (типу 09Г2С)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89 ТУ У 322-16-127-97	АН-47 АН-47Д АН-348 ¹⁾ АН-348АД ¹⁾	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	08Г2С ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45	Э50А УОНИ 13/55 УОНИ 13/55СМ УОНИ 13/55ФК ДСК-55ФК	
	Від 325 до 390 вкл. (типу10ХСНД)	ГОСТ 19281-89 ГОСТ 6713-91 ТУ 14-1-5311-95 ТУ У 322-16-127-97	АН-47 АН-47Д АН-348А ¹⁾ АН-348АД ¹⁾ АН-43	Св-08ГА ²⁾ Св-10ГА ²⁾ Св-10Г2 ²⁾ Св-08ХМ Св-10НМА	08Г2С ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45	ИТС-4С АНО-11 АНО-12 АНО-12С АНО-9 АНО-ТМ/СХ	
	Від 355 до 440 вкл. (типу С390, 16ГБ)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89 ГОСТ 5521-93 ТУ У 14-16-150-99	АН-47 АН-47Д АН-17М АН-348А ¹⁾ АН-348АД ¹⁾ АН-43	Св-08ГА ²⁾ Св-10ГА ²⁾ Св-10Г2 ²⁾ Св-08ХМ Св-10НМА Св-08ХГСМА Св-10ХГ2СМА	08Г2С ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45		
	345 (С345К, 10ХНДП)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89	АН-348А АН-348АД	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СД Ю	ПП-АН59 ПП-АН61	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾	Э50А ОЗС-18 КД-11
	Від 440 до 590 вкл. (типу С590К)	ГОСТ 27772-88 ТУ У 14-16-150-99	АН-17М	Св-08ХН2ГМЮ Св-10НМА	Св-08ХГСМА Св-10ХГ2СМ А Св-08Г2С			Э60 УОНИ 13/65 АНО-33 АНО-ТМ60 Э70 АНП-2 АНП-11 АНО-ТМ70

Закінчення таблиці Ж.1

Група конструкцій	Клас міцності прокату (найменування, марка сталі)	Державний стандарт, технічні умови	Марки матеріалів для зварювання					
			під флюсом		у вуглекислому газі за ГОСТ 8050-85 або в суміші його з аргеном за ГОСТ 10157-79		самозахисним порошковим дротом за ГОСТ 26271-84	покритими електродами типу за ГОСТ 9467-75*
			флюс за ГОСТ 9087-81*, ТУ У 05416923.049-99	зварювальний дріт за ГОСТ 2246-70*	дротом суцільного перерізу за ГОСТ 2246-70*	порошковим дротом за ГОСТ 26271-84		
3, 4	від 235 до 285 вкл. (типу СтЗсп)	ГОСТ 27772-88 ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94) ГОСТ 14637-89 ГОСТ 535-88	АН-348А ¹⁾ АН-348АД ²⁾	Св-08 Св-08А Св-08ГА	08Г2С			Э-46 АНО-4 АНО-44 АНО-13 АНО-36 АНО-37 АНО-29М АНО-24 АНО-6У ОЗС-12 ОЗС-4А МР-3
	від 295 до 375 вкл. (типу09Г2С)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89	АН-47 АН-47Д АН-348 ¹⁾ АН-348АД ¹⁾	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8 ПП-АН59	ПП-АН19 ³⁾ ПП-АН19Н ³⁾ ПП-АН45	Э50А УОНИ 13/55 УОНИ 13/55СМ УОНИ 13/55ФК ДСК-55ФК
	від 325 до 390 вкл. (типу10ХСНД)	ГОСТ 19281-89 ГОСТ 6713-91 ТУ 14-1-5311-95	АН-47 АН-47Д АН-348А ¹⁾ АН-348АД ¹⁾	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8	ПП-АН19 ³⁾ ПП-АН19Н ³⁾ ПП-АН45	ИТС-4С АНО-11 АНО-12 АНО-12С АНО-9 АНО-ТМ/СХ
	від 355 до 440 вкл. (типу С390, 16ГБ)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89 ГОСТ 5521-93 ТУ У 14-16-150-99	АН-47 АН-47Д АН-17М АН-348А ¹⁾ АН-348АД ¹⁾	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8	ПП-АН19 ³⁾ ПП-АН19Н ³⁾ ПП-АН45	
	345 (С345К,10ХНД П)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89	АН-348А АН-348АД	Св-08Х1ДЮ	Св-08ХГ2СДЮ	ПП-АН59 ПП-АН61	ПП-АН19 ³⁾ ПП-АН19Н ³⁾	Э50А ОЗС-18 КД-11
1. Застосування флюсу АН-348А (АН-348-АД) вимагає проведення додаткового контролю механічних властивостей металу шва при зварюванні з'єднань елементів завтовшки понад 32 мм. 2. Не застосовувати у поєднанні з флюсом АН-43. 3. Порошковий дріт марок ПП-АН19 і ПП-АН19Н використовується для зварювання вертикальних швів з примусовим формуванням і зварюванням в нижньому і нахиленому положеннях одношарових швів з вільним формуванням.								
Примітки: 1. Дріт марки Св-08Х1ДЮ постачається за ТУ 14-1-1148-75, марки Св-08ХГ2СДЮ – за ТУ 14-1-3665-83. 2. При відповідному обґрунтуванні для зварювання конструкцій допускається використовувати зварювальні матеріали (дроти, флюси, захисні гази, електроди), не зазначені в цій таблиці. При цьому властивості металу шва, що виконується з їхнім застосуванням, повинні бути не гірші від властивостей, які забезпечуються застосуванням матеріалів згідно з цією таблицею.								

Таблиця Ж.2 Нормативні та розрахункові опори металу кутових швів

Зварювальні матеріали		Метал кутового шва	
Тип електрода за ГОСТ 9467-75	Порошковий дріт за ГОСТ 26271-84, марка	Нормативний опір R_{wun} , Н/мм ²	Розрахунковий опір R_{wf} , Н/мм ²
Э42, Э42А	—	410	180
Э46, Э46А	ПП-АН19, ПП-АН19Н	450	200
Э50, Э50А	ПП-АН9, ПП-АН29, ПП-АН45, ПП-АН59, ПП-АН61, ГШ-АН69	490	215
Э60	—	590	240
Э70	—	685	280

Таблиця Ж.3 Вимоги до болтів при різних умовах їхнього застосування

Клас міцності болтів і вимоги до них за ГОСТ 1759.4 у конструкціях, які			
не розраховуються на витривалість		розраховуються на витривалість	
при роботі болтів на			
розтяг або зріз	зріз	розтяг або зріз	зріз
5.6	5.6	5.6	5.6
6.6	6.6	6.6	6.6
8.8	8.8	8.8	8.8
10.9	10.9	10.9	10.9
—	12.9	—	12.9
Примітки: 1. Високоміцні болти за ГОСТ 22356 із сталі марки 40Х "селект" застосовуються у тих самих конструкціях, що й болти класів міцності 10.9 і 12.9. 2. У з'єднаннях, які не розраховуються на витривалість, допускається застосовувати болти з підголовком класу точності В і С за ГОСТ 7795, ГОСТ 15590.			

Таблиця Ж.4 Нормативні опори сталі болтів і розрахункові опори одноболтових з'єднань зрізу і розтягуванню, Н/мм²

Клас міцності болтів	R_{bun}	R_{byn}	R_{bs}	R_{bt}
5.6	500	300	210	225
6.6	600	360	250	290
8.8	800	640	320	435
10.9	1000	900	400	540
12.9	1200	1080	420	600
40Х "селект"	1100	990	405	550
Примітка В таблиці указані значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих норм із округленням до 5 Н/мм ² .				

Таблиця Ж.5 Розрахункові опори одноболтових з'єднань змінанню R_{bp} елементів, що з'єднуються болтами

Тимчасовий опір сталі з'єднуваних елементів R_{un} , Н/мм ²	R_{bp} , Н/мм ² , при болтах	
	класу точності А	класів точності В і С, високоміцних
360	560	475
370	580	485
380	590	500
390	610	515
430	670	565
440	685	580
450	700	595
460	720	605
470	735	620
480	750	630
490	765	645
510	795	670
540	845	710
570	890	750
590	920	775

Примітка
У таблиці наведені значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих норм із округленням до 5 Н/мм².

Таблиця Ж.6 Розрахункові опори розтягуванню фундаментних болтів R_{ba}

Номинальний діаметр болтів, мм	R_{ba} , Н/мм ² для болтів із сталі марок			
	за ГОСТ 535 ^{*)}		за ГОСТ 19281 ^{*)}	
	Ст3кп2-И	Ст3пс4-П, Ст3пс2-П, Ст3сп4-П, Ст3сп2-П	09Г2С-6, 09Г2С-8	10Г2С1-6, 10Г2С1-8
12, 16, 20	190	200	265	270
24, 30	180	190	245	265
36	180	190	230	265
42, 48, 56	175	180	230	265
64, 72, 80	175	180	220	235
90, 100	175	180	210	235
110, 125, 140	150	165	210	—

^{*)} Розрахункові опори для болтів із інших сталей обчислюються за формулами п. 1.3.7.

Примітки:
1. Сталь за ГОСТ 535 повинна постачатися за 1 групою за призначенням.
2. У таблиці наведені значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розд. 1.3 цих норм з округленням до 5 Н/мм².

Таблиця Ж.7 Нормативні опори сталі і розрахункові опори на зріз і розтяг, Н/мм², високоміцних болтів за ГОСТ 22356 із сталі марки 40Х «селект»

Номинальний діаметр різьби, мм	R_{bun}	R_{bs}	R_{bt}	R_{bh}
16, 20, (22), 24, (27)	1100	405	550	770
30	950	350	475	665
36	750	280	375	525
42	650	—	—	455
48	600	—	—	420
Примітка Розміри, наведені в дужках, застосовувати не рекомендується.				

Таблиця Ж.8. Площі перерізів болтів, см², за ГОСТ 1759.4

d , мм	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
A_b	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
A_{bn}	1,57	1,92	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,16	11,20	14,72

Примітки:

1. Площі перерізу болтів діаметром понад 48 мм слід приймати за ГОСТ 24379.0.
2. Розміри, наведені в дужках, не рекомендується застосовувати, в конструкціях, окрім опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ).

Коефіцієнти умов роботи для розтягнутого одиночного кутика, який прикріплюється однією полицею болтами

Коефіцієнт умов роботи γ_{c1} при розрахунку за формулою (1.4.2) перерізу розтягнутого одиночного кутика зі сталі з межею текучості до 380 Н/мм², який прикріплюється однією полицею болтами, поставленими в один ряд вздовж осі, розташованій на відстані не менше за 0,5 b від обушка кутика і не менше за 1,2 d від пера кутика, слід визначити за формулою

$$\gamma_{c1} = \left(\alpha_1 \frac{A_{n1}}{A_n} + \alpha_2 \right) \alpha_3, \quad (I.1)$$

де A_{n1} – площа частини поперечного перерізу прикріплюваної полиці кутика між краєм отвору і пером;

A_n – площа поперечного перерізу кутика нетто;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коефіцієнти, що визначаються за табл. І.1.

Таблиця І.1 Коефіцієнти α_1, α_2 і α_3

Коефіцієнти	Значення коефіцієнтів $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$					
	при одному болті та відстані e_1 , що дорівнює			при $e_1 \geq 1,5d$ та $p_1 \geq 2d$ при кількості болтів у ряду		
	1,35 d ¹⁾	1,5 d	2,0 d	2	3	4
α_1	1,70	1,70	1,70	1,77	1,45	1,17
α_2	0,05	0,05	0,05	0,19	0,36	0,47
α_3	0,65	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0

¹⁾ – тільки для елементів ґраток (розкосів і розпірок), окрім тих, що постійно працюють на розтяг при товщині полиці до 6 мм.

При розрахунку тяг і поясів траверс, елементів опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільчих пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ) таких що, безпосередньо прилягають до вузлів кріплення проводів, а також елементів, що з'єднують в стійках вузли кріплення тяг і розтягнутих поясів траверс, коефіцієнти γ_{c1} слід зменшувати на 10%.

Позначання, прийняті в додатку І:

e_1 – відстань вздовж лінії дії зусилля від краю елемента до центра найближчого отвору;

b – ширина полиці кутика;

p_1 – відстань вздовж лінії дії зусилля між центрами отворів;

d – діаметр отвору для болта з урахуванням додатного допуску.

Додаток К
(обов'язковий)

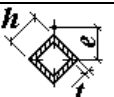
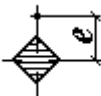
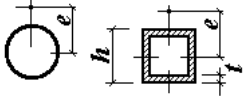
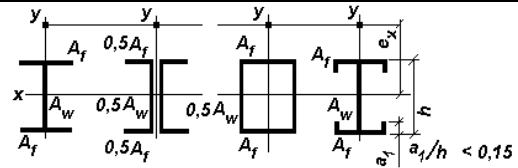
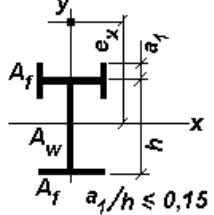
Коефіцієнти для розрахунку на стійкість центрально і позацентрово-стиснутих елементів

Таблиця К.1 Коефіцієнти стійкості при центральному стиску

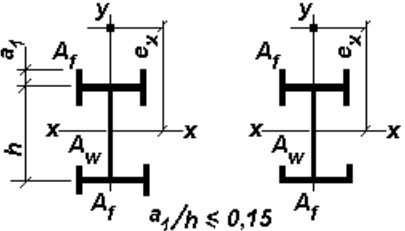
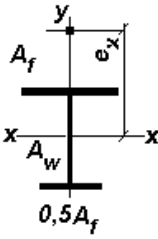
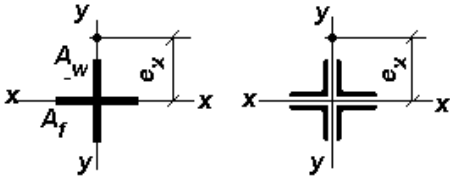
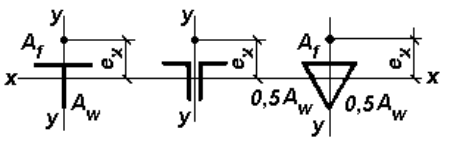
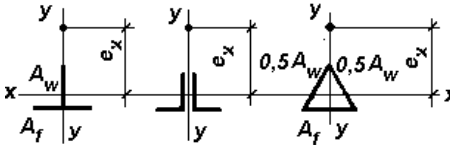
Умовна гнучкості $\bar{\lambda}$	Коефіцієнти φ для типів кривих стійкості			Умовна гнучкості $\bar{\lambda}$	Коефіцієнти φ для типів кривих стійкості		
	a	b	c		a	b	c
0,4	999	998	992	5,4	261	261	255
0,6	994	986	950	5,6	242	242	240
0,8	981	967	929	5,8	226	226	226
1,0	968	948	901	6,0		211	
1,2	954	927	878	6,2		198	
1,4	938	905	842	6,4		186	
1,6	920	881	811	6,6		174	
1,8	900	855	778	6,8		164	
2,0	877	826	744	7,0		155	
2,2	851	794	709	7,2		147	
2,4	820	760	672	7,4		139	
2,6	785	722	635	7,6		132	
2,8	747	683	598	7,8		125	
3,0	704	643	562	8,0		119	
3,2	660	602	526	8,5		105	
3,4	615	562	492	9,0		094	
3,6	572	524	460	9,5		084	
3,8	530	487	430	10,0		076	
4,0	475	453	401	10,5		069	
4,2	431	421	375	11,0		063	
4,4	393	392	351	11,5		057	
4,6	359	359	328	12,0		053	
4,8	330	330	308	12,5		049	
5,0	304	304	289	13,0		045	
5,2	281	281	271	14,0		039	

Примітка
Наведені у таблиці значення коефіцієнту φ збільшені в 1000 разів.

Таблиця К.2 Коефіцієнти впливу форми перерізу η

Тип пере- різу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \leq \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \leq 5$		$\bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0,1 \leq m_x (m_y) \leq 5$	$5 < m_x (m_y) \leq 20$	$0,1 \leq m_x (m_y) \leq 5$	$5 < m_x (m_y) \leq 20$
1		—	1,0	1,0	1,0	
2	 $t/h = 0,25$	—	0,85	0,85	0,85	
3		—	$0,75 + 0,02 \bar{\lambda}_x$	$0,75 + 0,02 \bar{\lambda}_x$	0,85	
4	 $t/h = 0,25$	—	$(1,35 - 0,05m_x) - 0,01(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$	1,10	1,10	
5		0,25 0,5 $\geq 1,0$	$(1,45 - 0,05m_x) - 0,1(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $(1,75 - 0,1m_x) - 0,02(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $(1,90 - 0,1m_x) - 0,02(6 - m_x) \bar{\lambda}_x$	1,20 1,25 $1,4 - 0,02 \bar{\lambda}_x$	1,20 1,25 1,30	
6			$\eta_5 \left(1 - 0,3(5 - m_x) \frac{a_1}{h} \right)$	η_5	η_5	

Продовження таблиці К.2

Тип пере- різу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \leq \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \leq 5$		$\bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0,1 \leq m_x (m_y) \leq 5$	$5 < m_x (m_y) \leq 20$	$0,1 \leq m_x (m_y) \leq 5$	$5 < m_x (m_y) \leq 20$
7		—	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	$\eta_5 \left(1 - 0,8 \frac{a_1}{h} \right)$	
8		0,5 1,0 2,0	1,4 $1,60 - 0,01(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $1,8 - 0,02(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$	1,4 1,6 1,8	1,4 $1,35 + 0,05m_x$ $1,3 + 0,1m_x$	1,4 1,6 1,8
9		0,25 0,5 ≥ 1,0	$(0,75 + 0,05m_x) + 0,01(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $(0,5 + 0,1m_x) + 0,02(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $(0,25 + 0,15m_x) + 0,03(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$	1,0 1,0 1,0		1,0 1,0 1,0
10		0,5 1,0 1,5 2,0	$1,45 + 0,04m_x$ $1,8 + 0,12m_x$ $2,0 + 0,25m_x + 0,1 \bar{\lambda}_x$ $3,0 + 0,25m_x + 0,1 \bar{\lambda}_x$	1,65 2,4 — —	$1,45 + 0,04m_x$ $1,8 + 0,12m_x$ — —	1,65 2,4 — —
		0,5 ≥ 1,0	$(1,25 - 0,05m_x) - 0,01(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$ $(1,5 - 0,1m_x) - 0,02(5 - m_x) \bar{\lambda}_x$	1,0 1,0		1,0 1,0

Закінчення таблиці К.2

Таблиця К.3 Коефіцієнти стійкості φ_e при позакентровому стиску суцільностінчатих стрижнів в площині дії моменту, що співпадає з площиною симетрії

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведенного відносного ексцентриситету m_{ef}								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045

Продовження таблиці К.3

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведенного відносного ексцентриситету m_{ef}								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	469	417	370	337	307	280	260	237	222
1,0	427	382	341	307	283	259	240	225	209
1,5	388	347	312	283	262	240	223	207	195
2,0	352	315	286	260	240	222	206	193	182
2,5	317	287	262	238	220	204	190	178	168
3,0	287	260	238	217	202	187	175	166	156
3,5	258	233	216	198	183	172	162	153	145
4,0	232	212	197	181	168	158	149	140	135
4,5	208	192	178	165	155	146	137	130	125
5,0	188	175	162	150	143	135	126	120	117
5,5	170	158	148	138	132	124	117	112	108
6,0	153	145	137	128	120	115	109	104	100
6,5	140	132	125	117	112	106	101	097	094
7,0	127	121	115	108	102	098	094	091	087
8,0	106	100	095	091	087	083	081	078	076
9,0	088	085	082	079	075	072	069	066	065
10,0	075	072	070	069	065	062	060	059	058
11,0	063	062	061	060	057	055	053	052	051
12,0	055	054	053	052	051	050	049	048	047
13,0	049	048	048	047	045	044	043	042	041
14,0	044	043	043	042	041	040	040	039	039

Закінчення таблиці К.3

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведенного відносного ексцентриситету m_{ef}							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	210	183	164	150	125	106	090	077
1,0	196	175	157	142	121	103	086	074
1,5	182	163	148	134	114	099	082	070
2,0	170	153	138	125	107	094	079	067
2,5	158	144	130	118	101	090	076	065
3,0	147	135	123	112	097	086	073	063
3,5	137	125	115	106	092	082	069	060
4,0	127	118	108	098	088	078	066	057
4,5	118	110	101	093	083	075	064	055
5,0	111	103	095	088	079	072	062	053
5,5	104	095	089	084	075	069	060	051
6,0	096	089	084	079	072	066	057	049
6,5	089	083	080	074	068	062	054	047
7,0	083	078	074	070	064	059	052	045
8,0	074	068	065	062	057	053	047	041
9,0	064	061	058	055	051	048	043	038
10,0	057	055	052	049	046	043	039	035
11,0	050	048	046	044	040	038	035	032
12,0	046	044	042	040	037	035	032	029
13,0	041	039	038	037	035	033	030	027
14,0	038	037	036	036	034	032	029	026
Примітки:								
1. Значення коефіцієнтів φ_e в таблиці збільшені в 1000 разів.								
2. Значення коефіцієнту φ_e слід приймати не більшим за значення коефіцієнту φ .								

Таблиця К.4 Коефіцієнти стійкості φ_e при позacentровому стиску наскрізних стрижнів в площині дії моменту, що співпадає з площиною симетрії

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при значенні відносного ексцентриситету m								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328
1,5	830	727	600	517	454	407	367	336	311
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	298
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215
4,5	415	365	315	281	258	237	223	207	196
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043

Продовження таблиці К.4

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при значенні відносного ексцентриситету m								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	286	250	222	200	182	167	154	143	133
1,0	280	243	218	197	180	165	151	142	131
1,5	271	240	211	190	178	163	149	137	128
2,0	255	228	202	183	170	156	143	132	125
2,5	238	215	192	175	162	148	136	127	120
3,0	222	201	182	165	153	138	130	121	116
3,5	206	187	170	155	143	130	123	115	110
4,0	191	173	160	145	133	124	118	110	105
4,5	176	160	149	136	124	116	110	105	096
5,0	161	149	138	127	117	108	104	100	098
5,5	147	137	128	118	110	102	098	095	091
6,0	135	126	119	109	103	097	093	090	085
6,5	124	117	109	102	097	092	088	085	080
7,0	114	108	101	095	091	087	083	079	076
8,0	097	091	085	082	079	077	073	070	067
9,0	082	079	075	072	069	067	064	062	059
10,0	070	067	064	062	060	058	056	054	052
11,0	060	058	056	054	053	052	050	048	046
12,0	054	053	050	049	048	047	045	043	042
13,0	048	047	046	045	044	044	042	041	040
14,0	043	042	042	041	041	040	039	039	038

Закінчення таблиці К.4

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при значенні відносного ексцентриситету m							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	125	111	100	091	077	067	058	048
1,0	121	109	098	090	077	066	055	046
1,5	119	108	096	088	077	065	053	045
2,0	117	106	095	086	076	064	052	045
2,5	113	103	093	083	074	062	051	044
3,0	110	100	091	081	071	061	051	043
3,5	106	096	088	078	069	059	050	042
4,0	100	093	084	076	067	057	049	041
4,5	096	089	079	073	065	055	048	040
5,0	092	086	076	071	062	054	047	039
5,5	087	081	074	068	059	052	046	039
6,0	083	077	070	065	056	051	045	038
6,5	077	072	066	061	054	050	044	037
7,0	074	068	063	058	051	047	043	036
8,0	065	060	055	052	048	044	041	035
9,0	056	053	050	048	045	042	039	035
10,0	050	047	045	043	041	038	036	033
11,0	044	043	042	041	038	035	032	030
12,0	040	039	038	037	034	032	030	028
13,0	038	037	036	035	032	030	028	026
14,0	037	036	035	034	031	029	027	025

Примітки:

1. Значення коефіцієнтів φ_e в таблиці збільшені в 1000 разів.
2. Значення коефіцієнту φ_e слід приймати не більше за значення коефіцієнту φ .

Таблиця К.5. Приведені відносні ексцентриситети m_{ef} для позацентрово стиснутих стрижнів з шарнірно обпертими кінцями

Форма епюри моментів	$\bar{\lambda}$	Значення m_{ef} при $m_{ef,1}$, рівному										
		0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10,0	20,0
$\delta = -1,0$ 	1	0,10	0,30	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,17	0,39	0,68	1,03	1,80	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,10	0,22	0,36	0,55	1,17	1,95	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,10	0,10	0,18	0,30	0,57	1,03	1,78	3,35	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,23	0,48	0,95	2,18	4,40	13,40
	6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,18	0,40	1,25	3,00	11,40
	7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	1,70	9,50
$\delta = -0,5$ 	1	0,10	0,31	0,68	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,22	0,46	0,73	1,05	1,88	2,75	3,72	5,65	8,60	18,50
	3	0,10	0,17	0,38	0,58	0,80	1,33	2,00	2,77	4,60	7,40	17,20
	4	0,10	0,14	0,32	0,49	0,66	1,05	1,52	2,22	3,50	5,90	15,40
	5	0,10	0,10	0,26	0,41	0,57	0,95	1,38	1,80	2,95	4,70	13,40
	6	0,10	0,16	0,28	0,40	0,52	0,95	1,25	1,60	2,50	4,00	11,50
	7	0,10	0,22	0,32	0,42	0,55	0,95	1,10	1,35	2,20	3,50	10,80
$\delta = 0$ 	1	0,10	0,32	0,70	1,12	1,60	2,62	3,55	4,55	6,50	9,40	19,40
	2	0,10	0,28	0,60	0,90	1,28	1,96	2,75	3,72	5,65	8,40	18,50
	3	0,10	0,27	0,55	0,84	1,15	1,75	2,43	3,17	4,80	7,40	17,20
	4	0,10	0,26	0,52	0,78	1,10	1,60	2,20	2,83	4,00	6,30	15,40
	5	0,10	0,25	0,52	0,78	1,10	1,55	2,10	2,78	3,85	5,90	14,50
	6	0,10	0,28	0,52	0,78	1,10	1,55	2,00	2,70	3,80	5,60	13,80
	7	0,10	0,32	0,52	0,78	1,10	1,55	1,90	2,60	3,75	5,50	13,00
$\delta = 0,5$ 	1	0,10	0,40	0,80	1,23	1,68	2,62	3,55	4,55	6,50	9,10	19,40
	2	0,10	0,40	0,78	1,26	1,60	2,30	3,15	4,10	5,85	8,60	18,50
	3	0,10	0,40	0,77	1,17	1,55	2,30	3,10	3,90	5,55	8,13	18,00
	4	0,10	0,40	0,75	1,13	1,55	2,30	3,05	3,80	5,30	7,60	17,50
	5	0,10	0,40	0,75	1,10	1,55	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	17,00
	6	0,10	0,40	0,75	1,10	1,50	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,50
	7	0,10	0,40	0,75	1,10	1,40	2,30	3,00	3,80	5,30	7,60	16,00

Позначення, прийняті в табл.К.5: $m_{ef,1} = \eta \frac{M_1}{N W_c} \cdot \frac{A}{M_1}$; $\delta = \frac{M_2}{M_1}$.

Коефіцієнт $c_{\max}$ для розрахунку на стійкість стиснутих стрижнів тонкосітного відкритого перерізу

Л.1 Коефіцієнт $c_{\max}$ слід розраховувати за формулою

$$c_{\max} = \frac{2}{1 + \delta B + \sqrt{(1 - \delta B)^2 + 16\mu^{-1}(\alpha - e_x h^{-1})^2}}. \quad (\text{Л.1})$$

Л.2 Для типів перерізів, наведених в табл. Л.1, у формулі (Л.1) слід приймати:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{4\rho}{\mu}; \quad B = 1 + \frac{2\beta}{\rho} \cdot \frac{e_x}{h}; \\ \mu &= 8\omega + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda_y^2; \\ \alpha &= \frac{a_x}{h}; \quad e_x = \frac{M_x}{N}, \end{aligned} \quad (\text{Л.2})$$

де a_x – відстань між центром ваги і центром згину перерізу;

e_x – ексцентриситет додатка стискаючої сили відносно осі $x - x$ зі своїм знаком (в табл. Л.1 показаний зі знаком «плюс»).

В формулах (Л.2) позначено:

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{Ah^2} + \alpha^2; \quad \omega = \frac{I_\omega}{I_y h^2}; \quad (\text{Л.3})$$

β – коефіцієнт, що приймається за табл. Л.1;

$I_t = \varepsilon \sum_i b_i t_i^3$ – момент інерції перерізу при вільному крученні (тут ε – коефіцієнт, що приймається за табл. Л.1);

b_i і t_i – відповідно ширина і товщина листів, які утворюють переріз, включаючи стінку.

Формули для визначення ω , ε , α , β та їхні значення наведені в табл. Л.1.

При розрахунку стрижня П-подібного перерізу на центральний стиск у формулі (Л.1) слід приймати $B = 1$, $e_x = 0$.

Л.3 При розрахунку стиснутих стрижнів за п. 1.4.1.5 згідно Л.8, у формулі (Л.1) слід приймати:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{4\rho}{\mu}; \quad B = 1; \\ \mu &= \frac{8I\omega}{I_x b_2} + 0,156 \frac{I_t}{Ab^2} \lambda_x^2; \\ \alpha &= \frac{a_y}{b}; \quad e_x = 0, \end{aligned} \quad (\text{Л.4})$$

де a_y – відстань між центром ваги і центром згину перерізу (рис. Л.2).

В формулах (Л.4) позначено

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{Ab^2} + \alpha^2;$$

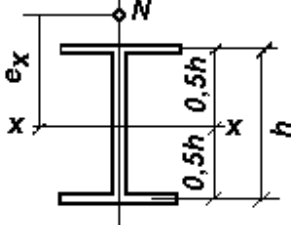
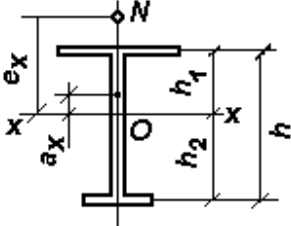
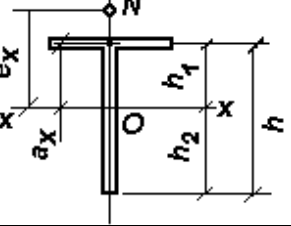
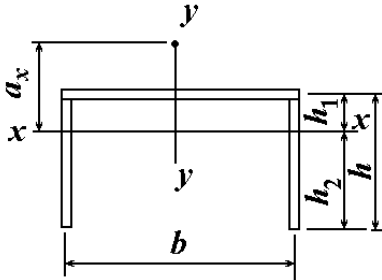
$$I_t = 0,37(ht_w^3 + 2bt_f^3). \quad (Л.5)$$

Для відкритого перерізу за рис. Л.2, а значення $\frac{I_\omega}{I_x b^2}$, $\frac{I_t}{Ab^2}$ і α повинні визначатися за формулами:

$$\frac{I_\omega}{I_x b^2} = \frac{3+2\eta}{(6+\eta)^2}; \quad \frac{I_t}{Ab^2} = 0,37\left(\frac{t}{b}\right)^2; \quad \alpha = \frac{4(3+\eta)}{(2+\eta)(6+\eta)},$$

де $\eta = h/b$.

Таблиця Л.1 Значення коефіцієнтів

Схема перерізу	ω	ε	α	β
	0,25	0,43	0	0
	$\frac{I_1 I_2}{I_y^2}$	0,42	$\frac{I_1 h_1 - I_2 h_2}{I_y h}$	За формулою (П.12) додатку П
	0	0,40	$\frac{h_1}{h}$	За формулою (П.12) додатку П
	$\frac{3+2\eta}{(6+\eta)^2}$	0,37	$\frac{4(3+\eta)}{(2+\eta)(6+\mu)}$	0
Позначення: I_1 і I_2 – моменти інерції відповідно більшого і меншого поясів відносно осі симетрії перерізу у – у; $\eta = b/h$.				

Л.4 Коефіцієнт c_{max} при розрахунку на стійкість стрижня швеллерного перерізу (рис. Л.1) слід розраховувати за формулою (Л.1), в якій необхідно приймати:

$$\delta = \frac{4\rho}{\mu}; \quad B=1; \quad \alpha=0; \quad (Л.6)$$

де

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{Ah^2} + \nu^2;$$

$$\mu = \frac{8I\omega}{I_y h_2} + 0,156 \frac{I_t}{Ah^2} \lambda_y^2.$$

В формулах (Л.6) позначено:

$$\nu = \frac{4(3+\eta\psi)}{\eta(2+\eta\psi)(6+\eta\psi)}; \quad I_\omega = \frac{t_f b^3 h^2}{12} \times \frac{3+2\eta\psi}{6+\eta\psi},$$

де $\eta = h/b$; $\psi = t_w/t_f$.

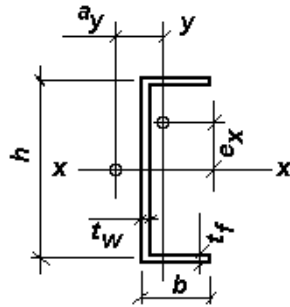


Рис. Л.1 Схема швеллерного перерізу

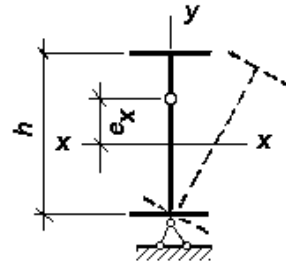


Рис. Л.2 Схема перерізу елемента, підкріпленого вздовж полки

Величину e_x слід приймати відповідно до Л.2, а I_t – визначати за формулою (Л.5).

Л.8. Розрахунок на стійкість позacentрово стиснутих елементів двотаврового перерізу з двома осями симетрії, неперервно підкріплених вздовж однієї з полок (рис. Л.2), необхідно виконувати за п. 1.4.1.5, при цьому в формулах (1.4.6) і (1.4.7) замість $\bar{\lambda}_x$ слід приймати $\bar{\lambda}_y$, а коефіцієнт c_{max} – розраховувати за формулою

$$C_{max} = \frac{2 + 0,1\alpha}{1 + 4(\rho + e_x h^{-1})}, \quad (Л.7)$$

де α – параметр, що визначається за формулою (П.4) додатку П;

ρ – параметр, що визначається за формулою (Л.3) цього додатку.

При визначенні α значення розрахункової довжини l_{ef} слід приймати таким, що дорівнює відстані між перерізами елемента, які закріплені від повороту відносно поздовжньої осі (відстань між вузлами кріплення в'язей, розпірок тощо).

Ексцентриситет $e_x = M_x / N$, який приймається у формулі (Л.6) зі своїм знаком, вважається додатним, якщо точка прикладання сили зміщена у бік вільної полиці (див. рис. Л.2); для центрально стиснутих елементів – $e_x = 0$.

При визначенні e_x за розрахунковий згинальний момент M_x слід приймати найбільший момент у межах розрахункової довжини l_{ef} елемента.

Стиснуті елементи з гнучкою стінкою

При розрахунку центрально і позацентрово стиснутих стрижнів суцільного перерізу у випадках, коли фактичне значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ перевищує (при центральному стиску не більше, ніж у 2 рази) значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, отримане відповідно до вимог п. 1.4.3.2, у формулі (1.4.3) при $\alpha \leq 0,5$ необхідно приймати розрахункову зменшену площу поперечного перерізу A_d замість A .

Значення A_d слід обчислювати за формулами:

– для двотаврового і швелерного перерізу:

$$A_d = A - (h_{ef} - h_d) t_w; \quad (M.1)$$

– для коробчатого перерізу:

– при центральному стиску:

$$A_d = A - 2(h_{ef} - h_d) t_w - 2(b_{ef,1} - b_d) t_f; \quad (M.2)$$

– при позацентровому стиску:

$$A_d = A - 2(h_{ef} - h_d) t_w \quad (M.3)$$

В формулах (М.1) – (М.3) позначено:

h_{ef} і h_d – розрахункова і зменшена висота стінки, розташованої паралельно площини, у якій перевіряється стійкість;

$b_{ef,1}$ і b_d – розрахункова і зменшена ширина пояса коробчатого перерізу, розташованого перпендикулярно площини, у якій перевіряється стійкість.

Значення h_d у центрально стиснутих елементах доцільно обчислювати за формулами:

– для двотаврового перерізу:

$$h_d = t_w \left[\bar{\lambda}_{uw} - \left(\frac{\bar{\lambda}_w}{\bar{\lambda}_{uw}} - 1 \right) (\bar{\lambda}_{uw} - 1,2 - 0,15\bar{\lambda}) \right] \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (M.4)$$

де при $\bar{\lambda} > 3,5$ слід приймати $\bar{\lambda} = 3,5$;

– для коробчатого перерізу:

$$h_d = t_w \left[\bar{\lambda}_{uw} - \left(\frac{\bar{\lambda}_w}{\bar{\lambda}_{uw}} - 1 \right) (\bar{\lambda}_{uw} - 2,9 - 0,2\bar{\lambda} + 0,7\bar{\lambda}_w) \right] \sqrt{\frac{E}{R_y}} \quad (M.5)$$

де при $\bar{\lambda} > 2,3$ слід приймати $\bar{\lambda} = 2,3$;

– для швелерного перерізу:

$$h_d = t_w \bar{\lambda}_{uw} \sqrt{\frac{E}{R_y}}. \quad (M.6)$$

Для центрально стиснутих елементів значення λ і λ_{uw} у формулах (М.4) – (М.6) слід приймати відповідно до вимог п. 1.4.3.2. При обчисленні значення h_d для коробчатого перерізу за формулою

(М.5) замість h_d , t_w , $\bar{\lambda}_{uw}$ і $\bar{\lambda}_w$ слід приймати відповідно b_d , t_f , $\bar{\lambda}_{uf,1}$ і $\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$, при цьому

значення $\bar{\lambda}_{ef,1}$ слід визначати відповідно до вимог п. 1.4.3.8.

У позацинтрово стиснутих елементах двотаврового і коробчатого перерізу значення h_d слід обчислювати за формулами відповідно (М.4) і (М.5). При цьому, в цих формулах значення $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_x$ і $\bar{\lambda}_{uw}$ слід приймати відповідно до вимог п. 1.4.3.

Коефіцієнти для розрахунку на міцність елементів сталевих конструкцій

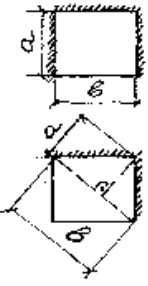
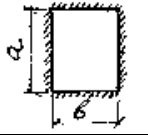
Таблиця Н.1 Коефіцієнти для розрахунку елементів з урахуванням розвитку пластичних деформацій

Тип перерізу	Схема перерізу	A_f / A_w	Найбільше значення коефіцієнтів		
			c_x	c_y	n при $M_y = 0^{1)}$
1		0,25	1,19	1,47	1,5
		0,50	1,12		
		1,00	1,07		
		2,00	1,04		
2		0,5	1,40	1,47	2,0
		1,0	1,28		
		2,0	1,18		
3		0,25	1,19	1,07	1,5
		0,50	1,12	1,12	
		1,00	1,07	1,20	
		2,00	1,04	1,26	
4		0,50	1,40	1,12	2,0
		1,00	1,28	1,20	
		2,00	1,18	1,31	
5		—	1,47	1,47	а) 2,0 б) 3,0
6		0,25 0,50 1,00 2,00	1,47	1,04 1,07 1,12 1,19	3,0
7		—	1,26	1,26	1,5
8		—	1,60	1,47	а) 3,0 б) 1,0
9		0,5 1,0 2,0	1,6	1,07 1,12 1,19	а) 3,0 б) 1,0

¹⁾ При $M_y \neq 0$ приймається $n = 1,5$, за винятком перерізів типу 5, а, для якого $n = 2$, і типу 5, б, для якого $n = 3$.**Примітки:**1. При визначенні коефіцієнтів для проміжних значень A_f / A_w допускається лінійна інтерполяція.2. Значення коефіцієнтів c_x і c_y слід приймати не більшими за $1,15\gamma$, де γ – коефіцієнт надійності за навантаженням, обчислений як відношення розрахункового значення еквівалентного (за значенням згинального моменту) навантаження до характеристичного.

До розрахунку опорних плит

Таблиця Н.2 Коефіцієнти для розрахунку опорних плит

Схема і розрахункові розміри ділянки плити	Значення α при відношенні розмірів плити a/b , що дорівнює									
	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	>2,0
	0,060	0,088	0,107	0,112	0,120	0,126	0,129	0,131	0,132	0,133
				0,048	0,063	0,075	0,086	0,094	0,100	0,125
Примітки: 1. Значення a, b слід визначати для розмірів у світлі. 2. Для ділянки, яка обпирається на три сторони, значення α слід визначати: при $a/b < 0,35$ як для консолі довжиною a ; при $0,35 < a/b < 0,5$ – за лінійною інтерполяцією.										

Згинальні моменти в опорній плиті допускається обчислювати за формулами:

– для консольної ділянки:

$$M = 0,5qc^2; \quad (\text{Н.1})$$

– для ділянки, обпертої на три, чотири або дві взаємно перпендикулярні сторони:

$$M = \alpha qb^2, \quad (\text{Н.2})$$

де c – висота консольної ділянки плити;

α – коефіцієнт, що залежить від умов обпирання і співвідношення розмірів сторін ділянки плити і прийнятий згідно табл. Н.2;

q – реактивний тиск ґрунту на одиницю площі під розглянутою ділянкою плити, розподіл якого під плитою приймається рівномірним і таким, що дорівнює середньому значенню тиску;

b – розмір ділянки плити, прийнятий відповідно до табл. Н.2.

Допускається враховувати вплив суміжних ділянок, що розвантажують плиту.

Коефіцієнт стійкості при згині φ_b

П.1 Коефіцієнт φ_b для розрахунку на стійкість елементів, що згинаються, двотаврового, таврового і швелерного перерізу слід визначати в залежності від розміщення в'язей, що розкріплюють стиснутий пояс, виду навантаження і місця його прикладання. При цьому передбачається, що навантаження діє в площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$), а опорні перерізи елемента закріплені від бічних зсувів і повороту.

П.2 Для балки і консолі двотаврового перерізу з двома осями симетрії коефіцієнт φ_b слід приймати таким, що дорівнює:

– при $\varphi_1 \leq 0,85$:

$$\varphi_b = \varphi_1; \quad (\text{П.1})$$

– при $\varphi_1 > 0,85$:

$$\varphi_b = 0,68 + 0,21\varphi_1 \leq 1, \quad (\text{П.2})$$

де значення коефіцієнту φ_1 слід розраховувати за формулою

$$\varphi_1 = \psi \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{l_{ef}} \right)^2 \frac{E}{R_y}. \quad (\text{П.3})$$

У формулі (П.3) позначено:

ψ – коефіцієнт, що обчислюється відповідно до вимог п. П.3;

h – повна висота перерізу прокатного двотавра або відстань між осями поясів (пакетів поясних листів) складеного двотавра;

l_{ef} – розрахункова довжина балки або консолі, прийнята відповідно до вимог п. 1.5.4.2 цих норм.

П.3 Значення коефіцієнта ψ у формулі (П.3) слід обчислювати за формулами таблиць П.1 і П.2 залежно від кількості закріплень стиснутого пояса, виду навантаження і місця його прикладання, а також від значення коефіцієнта α , що дорівнює:

а) для прокатних двотаврів:

$$\alpha = 1,54 \frac{I_t}{I_y} \left(\frac{l_{ef}}{h} \right)^2, \quad (\text{П.4})$$

де I_t – момент інерції при вільному крученні, який визначається за додатком Л;

h – повна висота перерізу для прокатних двотаврів або відстань між осями поясів (пакетів поясних листів) складеного двотавра;

б) для складених двотаврів із листів зі зварними та фрикційними поясними з'єднаннями:

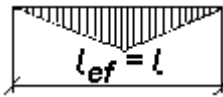
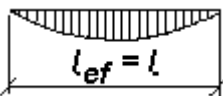
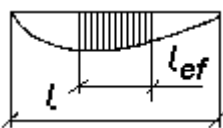
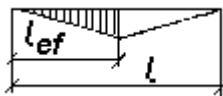
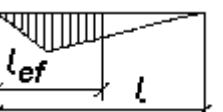
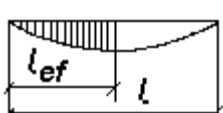
$$\alpha = 8 \left(\frac{l_{ef} t_f}{h b_f} \right)^2 \left(1 + \frac{a t_f^3}{b_f t_f^3} \right), \quad (\text{П.5})$$

де:

для двотаврових балок складеного перерізу із зварними поясними з'єднаннями

t_f і b_f – товщина і ширина полки балки;

Таблиця П.1 Коефіцієнти ψ для балок двотаврового перерізу з двома осями симетрії

Кількість закріплень стиснутого пояса в прольоті	Вид навантаження в прольоті	Епюра M_y на ділянці довжиною l_{ef} .	Пояс, до якого прикладене навантаження	Коефіцієнт ψ при значеннях α	
				$0,1 \leq \alpha \leq 40$	$40 < \alpha \leq 400$
Без закріплень	Зосереджена		стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,75 + 0,09\alpha$ $\psi = 5,05 + 0,09\alpha$	$\psi = 3,3 + 0,053\alpha - 4,5 \times 10^{-5} \alpha^2$ $\psi = 6,6 + 0,053\alpha - 4,5 \times 10^{-5} \alpha^2$
	Рівномірно розподілена		стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,60 + 0,08\alpha$ $\psi = 3,80 + 0,08\alpha$	$\psi = 3,15 + 0,04\alpha - 2,7 \times 10^{-5} \alpha^2$ $\psi = 5,35 + 0,04\alpha - 2,7 \times 10^{-5} \alpha^2$
Два і більше, що ділять прольот на рівні частини	Будь-яка		будь-який	$\psi = 2,25 + 0,07\alpha$	$\psi = 3,6 + 0,04\alpha - 2,7 \times 10^{-5} \alpha^2$
Одне в середині	Зосереджена в середині		будь-який	$\psi = 1,75\psi_1$	
	Зосереджена у чверті		стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,14\psi_1$ $\psi = 1,60\psi_1$	
	рівномірно розподілена		стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,14\psi_1$ $\psi = 1,60\psi_1$	
Примітка. Значення ψ_1 слід приймати рівним ψ при двох і більше закріпленнях стиснутого пояса в прогоні.					

h – відстань між осями поясів;

$a = 0,5h$;

t – товщина стінки;

для двотаврових балок складеного перерізу із фрикційними болтовими поясними з'єднаннями

t_f – сумарна товщина листів пояса і полки поясного кутика двотаврової балки з фрикційними поясними з'єднаннями;

b_f – ширина листів пояса двотаврової балки з фрикційними поясними з'єднаннями;

h – відстань між осями пакетів поясних листів;

a – ширина вертикальної полиці поясного кутика за вирахуванням товщини його полки;

t – сумарна товщина стінки і вертикальних полиць поясних кутиків.

Якщо умови закріплення стиснутого пояса і вид навантаження не відповідає наведеному у табл. П.1, допускається значення ψ визначати за формулами для найбільш близької за обрисом епюри M_x на ділянці балки довжиною l_{ef} , у яку може бути вписана фактична епюра згинальних моментів.

Таблиця П.2 Коефіцієнти ψ для жорстко закріплених консолей двотаврового перерізу з двома осями симетрії

Вид навантаження	Пояс, до якого прикладене навантаження	Коефіцієнт ψ при відсутності закріплень стиснутого пояса і при значеннях	
		$4 \leq \alpha \leq 28$	$28 < \alpha \leq 100$
Зосереджена сила на кінці консолі	Розтягнутий	$\psi = 1,0 + 0,16\alpha$	$\psi = 4,0 + 0,05\alpha$
	Стиснутий	$\psi = 6,2 + 0,08\alpha$	$\psi = 7,0 + 0,05\alpha$
Рівномірно розподілена	Розтягнутий	$\psi = 1,42 \sqrt{\alpha}$	

У випадках, коли в консолі стиснутий пояс закріплений від бічного переміщення на вільному її кінці чи за її довжиною, значення ψ допускається приймати таким, що дорівнює:

– при зосередженому навантаженні, прикладеному до розтягнутого пояса на кінці консолі, $\psi = 1,75\psi_1$, де значення ψ_1 слід приймати за приміткою до табл. П.1;

– в інших випадках – як для консолі без закріплень.

П.4 Для балки двотаврового перерізу з однією віссю симетрії (рис. П.1) коефіцієнт ϕ слід визначати за табл. П.3, де значення ϕ_1 , ϕ_2 , і n слід обчислювати за формулами:

$$\phi_1 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \cdot \frac{2hh_1}{l_{ef}^2} \cdot \frac{E}{R_y}; \quad (\text{П.6})$$

$$\phi_2 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \cdot \frac{2hh_2}{l_{ef}^2} \cdot \frac{E}{R_y}; \quad (\text{П.7})$$

$$n = \frac{I_1}{I_1 + I_2}. \quad (\text{П.8})$$

В формулах (П.6) – (П.8) позначено:

ψ_a – коефіцієнт, що обчислюється за формулою

$$\psi_a = \left(B + \sqrt{B^2 + C} \right) D; \quad (\text{П.9})$$

h – відстань між осями поясів;

h_1 і h_2 – відстань від центра ваги перерізу до осі відповідно більш розвинутого і менш розвинутого поясу;

l_{ef} – розрахункова довжина балки, визначена відповідно до вимог п. 1.5.4.2 цих норм;

I_1 і I_2 – моменти інерції перерізу відповідно більш розвинутого і менш розвинутого поясів відносно осі симетрії перерізу балки.

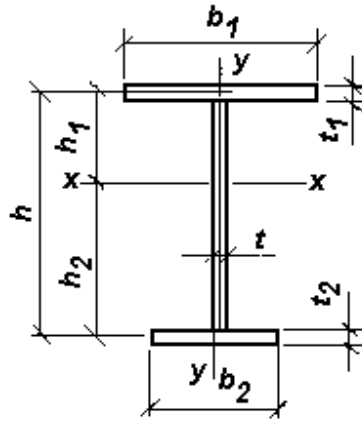


Рис. П.1 Схема двотаврового перерізу з однією віссю симетрії

Таблиця П.3 Коефіцієнт φ_b

Стиснутий пояс	Значення коефіцієнту φ_b при значенні коефіцієнту φ_1	
	до 0,85	понад 0,85
Більш розвинутий	$\varphi_b = \varphi_1 \leq 1$	$\varphi_b = \varphi_1 \left[0,21 + 0,68 \left(\frac{n}{\varphi_1} + \frac{1-n}{\varphi_2} \right) \right] \leq 1$
Менш розвинутий	$\varphi_b = \varphi_1$	$\varphi_b = 0,68 + 0,21\varphi_2 \leq 1$

П.5 Значення B , C і D у формулі (П.9) слід визначати за табл. П.4 і П.5 залежно від коефіцієнтів:

$$\delta = n + 0,734\beta; \quad (\text{П.10})$$

$$\mu = n + 1,145\beta; \quad (\text{П.11})$$

$$\beta = (2n - 1) \times \left(0,47 - 0,035 \left(\frac{b_1}{h} \right) \left[1 + \frac{b_1}{h} - 0,072 \left(\frac{b_1}{h} \right)^2 \right] \right); \quad (\text{П.12})$$

$$\eta = (1 - n) \times \left(9,87n + 0,385 \frac{I_t}{I_2} \left(\frac{l_{ef}}{h} \right)^2 \right), \quad (\text{П.13})$$

де значення n , b_1 , h , I_1 , I_2 слід приймати відповідно до цього додатка, а I_t – згідно з додатком Л.

Коефіцієнт α у формулі (П.13) і в табл. П.5 слід визначати за формулою (П.4).

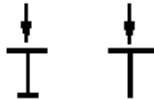
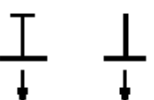
П.6 Для двотаврового перерізу при $0,9 < n < 1,0$ коефіцієнт ψ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями, отриманими за формулою (П.9) для двотаврового перерізу при $n = 0,9$ і для таврового перерізу при $n = 1$.

Для таврового перерізу при зосередженому чи рівномірно розподіленому навантаженні і значенні коефіцієнту $\alpha < 40$ коефіцієнти ψ слід множити на $(0,8 + 0,004\alpha)$.

У балках з менш розвинутим стиснутим поясом при $n > 0,7$ і $5 \leq l_{ef} / b_2 \leq 25$ значення коефіцієнта φ_2 слід зменшити множенням на $(1,025 - 0,015 l_{ef} / b_2)$ і приймати, при цьому, не більшим за 0,95. Співвідношення $l_{ef} / b_2 > 25$ у таких балках не допускаються.

П.7 Для балки швелерного перерізу коефіцієнт φ_b допускається приймати рівним $\varphi_b = 0,7\varphi_1$, де φ_1 слід визначати як для балок двотаврового перерізу з двома осями симетрії, використовуючи формули (П.3), (П.4), де значення I_x, I_y, I_t необхідно обчислювати як для швелера.

Таблиця П.4 Коефіцієнт B

Схема перерізу і місце прикладення навантаження	Коефіцієнт B при навантаженні		
	зосередженому в середині прольоту	рівномірно розподіленому	таке, що спричиняє чистий згин
	δ	μ	β
	$\delta - 1$	$\mu - 1$	β
	$1 - \delta$	$1 - \mu$	$-\beta$
	$-\delta$	$-\mu$	$-\beta$

Таблиця П.5 Коефіцієнти C і D

Вид навантаження	Коефіцієнт C при перерізі		Коефіцієнт D
	двотавровому ($n \leq 0,9$)	тавровому ($n = 1,0$)	
Зосереджене в середині прольоту	$0,330\eta$	$0,0826\alpha$	3,265
Рівномірно розподілене	$0,481\eta$	$0,1202\alpha$	2,247
Таке, що спричиняє чистий згин	$0,101\eta$	$0,0253\alpha$	4,315

**Спійкість стінок балок,
укріплених поздовжніми і проміжними ребрами жорсткості**

Р.1 У стінці балки симетричного двотаврового перерізу 1-го класу, підкріпленої окрім поперечних ребер жорсткості одним поздовжнім ребром жорсткості, розташованим на відстані h_1 від розрахункової (стиснутої) границі відсіку (рис. Р.1), обидві пластинки, на які це ребро розділяє відсік, слід розраховувати окремо:

а) пластинку 1, розташовану між стиснутим поясом і поздовжнім ребром, за формулою

$$\frac{0,5\sigma}{\sigma_{cr,1}\gamma_c} \left[1 + \alpha_1 + \sqrt{(1 + \alpha_1)^2 + 4\beta_1^2} \right] \leq 1, \quad (P.1)$$

$$\text{де } \alpha_1 = \frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma} \cdot \frac{\tau}{\tau_{cr}} \text{ і } \beta_1 = \frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma} \cdot \frac{\sigma_{loc,1}}{\sigma_{loc,cr,1}}.$$

Тут значення σ , σ_{loc} , τ слід визначати відповідно до вимог п. 1.5.5.2, а значення $\sigma_{cr,1}$ і $\sigma_{loc,cr,1}$ – за формулами:

– при $\sigma_{loc} = 0$:

$$\sigma_{cr,1} = \frac{4,76}{2 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \quad (P.2)$$

$$\text{тут } \bar{\lambda}_1 = \frac{h_1}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}};$$

– при $\sigma_{loc} \neq 0$ і $\mu_1 = \frac{a}{h_1} \leq 2$ (при $\mu_1 > 2$ необхідно приймати $\mu_1 = 2$):

$$\sigma_{cr,1} = \frac{1,19\psi}{\frac{1-h_1}{h_{ef}}} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \quad (P.3)$$

$$\sigma_{loc,cr,1} = \psi(1,24 + 0,476\mu_1) \frac{R_y}{\bar{\lambda}_a^2},$$

$$\text{де } \psi = \left(\mu_1 + \frac{1}{\mu_1} \right)^2 \text{ і } \bar{\lambda}_a = \frac{a}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$$

Критичне напруження $\tau_{cr,1}$ слід визначати за формулою (1.5.42) з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється.

б) пластинку 2, розташовану між поздовжнім ребром і розтягнутим поясом балки – за формулою

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\left[\frac{\sigma(1 - 2h_1/h_{ef})}{\sigma_{cr,2}} + \frac{\sigma_{loc,2}}{\sigma_{loc,cr,2}} \right]^2 + \left[\frac{\tau}{\tau_{cr,2}} \right]^2} \leq 1, \quad (P.5)$$

де σ і τ – напруження, що визначаються відповідно до п. 1.5.5.2.

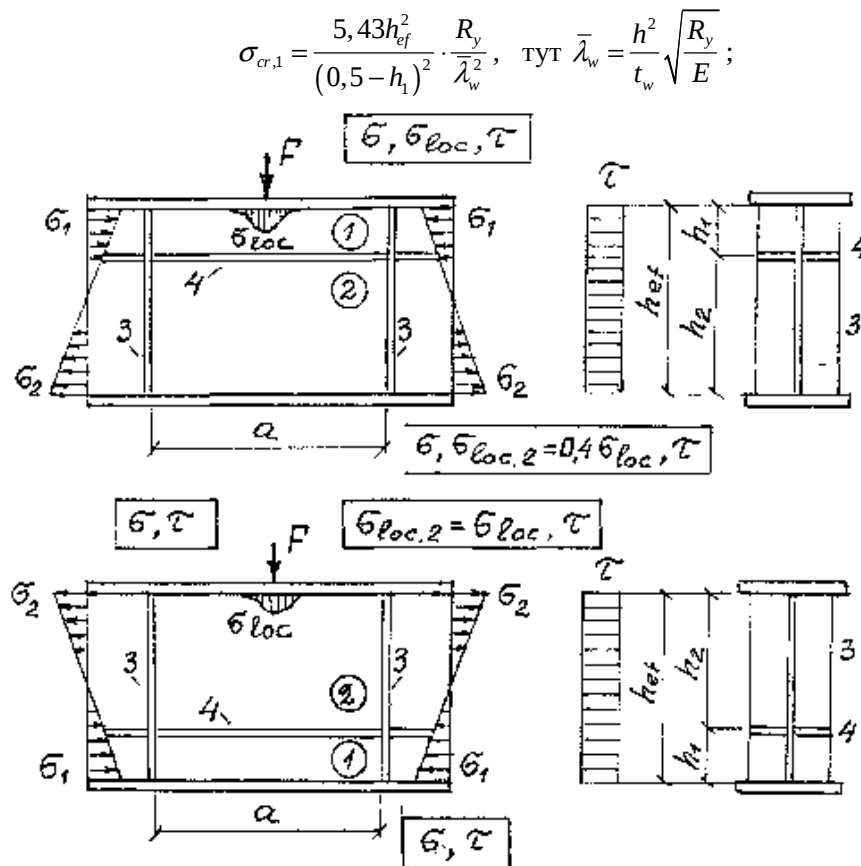


Рис. Р.1 Схема балки, укріпленої поперечними (3) і поздовжніми (4) ребрами жорсткості, з верхнім поясом стиснутим (а) і розтягнутим (б)

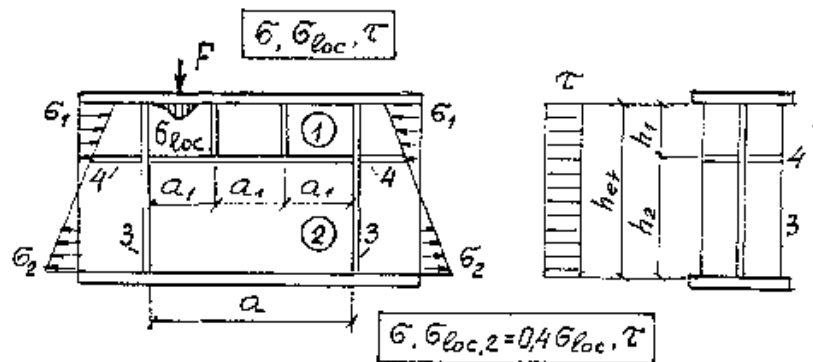


Рис. Р.2 Схема балки, укріпленої поперечними (3), поздовжнім (4) і проміжними (5) ребрами жорсткості

$\sigma_{loc,2}$ – напруження, яке обчислюється залежно від того, до якого пояса прикладене навантаження:

$\sigma_{loc,2} = \sigma_{loc}$ – якщо навантаження прикладається до розтягнутого пояса (рис. Р.1, б);

$\sigma_{loc,2} = 0,4 \sigma_{loc}$ – якщо навантаження прикладається до стиснутого пояса (рис. Р.1, а);

тут σ_{loc} необхідно визначати відповідно до п. 1.5.5.2;

$\sigma_{loc,cr,2}$ – напруження, що визначається за формулою (1.5.41), де c_1 і c_2 слід визначати відповідно за табл. 1.5.8 при $\rho = 0,4$ і за табл. 1.5.5 при $\delta = 1$, замінюючи значення h_{ef} на значення $(h_{ef} - h_1)$;

$\tau_{cr,2}$ – напруження, яке визначається за формулою (1.5.42) з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється.

Р.2 При підкріпленні пластинки 1, розташованої між стиснутим поясом і поздовжнім ребром, проміжними ребрами жорсткості їх слід доводити до поздовжнього ребра (рис. Р.2).

У цьому випадку розрахунок пластинки 1 необхідно виконувати за формулами (Р.1) – (Р.4), у яких за величину a слід приймати a_1 – відстань між осями сусідніх проміжних ребер (рис. Р.2). Розрахунок пластинки 2 слід виконувати відповідно до вимог Р.1, б).

Р.3 Розрахунок на стійкість стінок балок асиметричного перерізу (з більш розвинутим стиснутим поясом), укріплених поперечними ребрами жорсткості й одним поздовжнім ребром, розташованим у стиснутій зоні, необхідно виконувати за Р.1 і Р.2 цього додатка; при цьому, у формулах (Р.2), (Р.3) і (Р.5) замість відношення h_1 / h_{ef} слід підставляти $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\sigma_1} \cdot \frac{h_1}{h_{ef}}$, а у формулу (Р.6) замість $(0,5 - h_1 / h_{ef})$

необхідно підставляти $\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - \sigma_2} - \frac{h_1}{h_{ef}} \right)$, де σ_2 – крайове розтягуючі напруження біля розрахункової границі відсіку, прийняте зі знаком «мінус».

Р.4 При зміцненні стінки основними поперечними ребрами жорсткості й одним поздовжнім ребром моменти інерції перерізу цих ребер відповідно I_r і I_{rl} повинні задовольняти вимогам п. 1.5.5.9 цих норм, формулі

$$I_r \geq 3h_{ef}t_w^3, \quad (Р.7)$$

а також табл. Р.1.

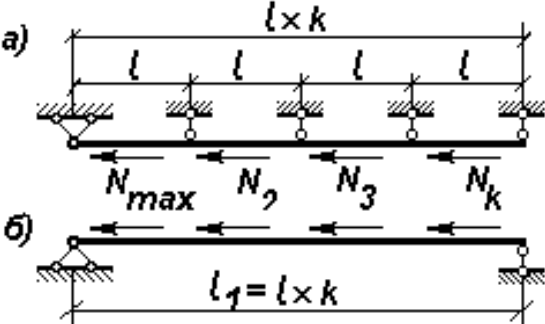
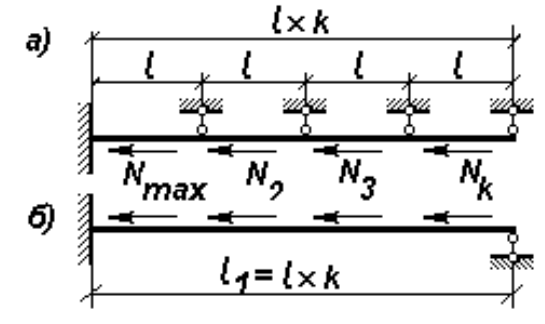
Таблиця Р.1 Необхідний момент інерції поздовжнього ребра жорсткості

h_1/h_{ef}	Значення моменту інерції I_{rl} поздовжнього ребра жорсткості		
	Необхідне	Граничне	
		мінімальне	максимальне
0,20	$(2,5 - 0,5 \frac{a}{h_{ef}}) \cdot \frac{a^2 t_w^2}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t_w^3$	$7h_{ef}t_w^3$
0,25	$(1,5 - 0,4 \frac{a}{h_{ef}}) \cdot \frac{a^2 t_w^2}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t_w^3$	$8h_{ef}t_w^3$
0,30	$1,5h_{ef}t_w^3$	-	-
Примітка. При обчисленні I_{rl} для проміжних значень h_1 / h_{ef} допускається лінійна інтерполяція.			

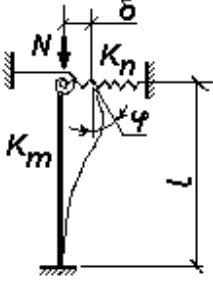
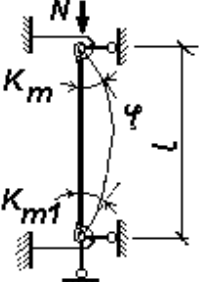
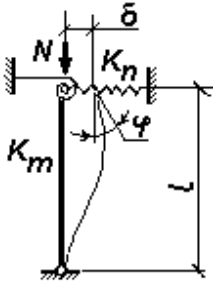
При розташуванні поперечних і поздовжніх ребер жорсткості з однієї сторони стінки моменти інерції перерізу кожного з них обчислюються відносно осі, що співпадає з найближчою до ребра гранню стінки.

Розрахункові довжини колон і стійок

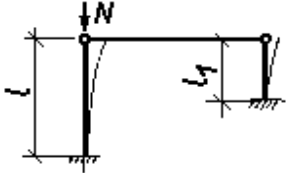
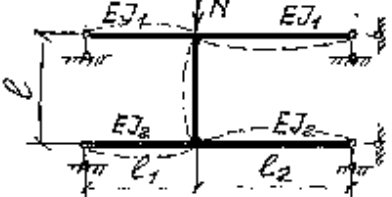
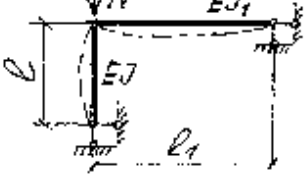
Таблиця С.1 Розрахункова довжина елемента, розкріпленого в'язями в одній площині

Схема елемента в площині в'язей (а) та з площини в'язей (б)	Розрахункові довжини елемента в площині в'язей l_{ef} та з площини в'язей $l_{ef,1}$
	$l_{ef} = (0,83 + 0,17\alpha^3)l \geq 0,8l; \quad (C.1)$ $l_{ef,1} = \left[0,75 + 0,25 \left(\frac{\beta}{k-1} \right)^{2k-3} \right] l_1 \geq 0,5l_1 \quad (C.2)$
	$l_{ef} = \sqrt{0,36 + 0,59\alpha^3} \geq 0,6l; \quad (C.3)$ $l_{ef,1} = \left(0,6\sqrt{k} + 0,54\beta \right) \frac{l_1}{k} \geq 0,5l_1 \quad (C.4)$
Позначення, прийняті в табл. С.1: k – кількість ділянок елемента рівної довжини; $\alpha = \frac{N_2}{N_{\max}}$ і $\beta = \frac{1}{N_{\max}} \sum_i N_i$, при цьому $-0,5 \leq \alpha \leq 1$ і $-0,5 \leq \beta \leq (k-1)$, де $N_{\max}$ – найбільше зусилля стиску (діє на крайній ділянці); N_2 – поздовжнє зусилля, що діє на ділянці, яка примикає до ділянки, в якій діє зусилля $N_{\max}$; $\sum_i N_i$ – сума поздовжніх зусиль, що діють на всіх ділянках, окрім ділянки, де діє $N_{\max}$. Примітки: - Зусилля розтягу необхідно враховувати зі знаком «мінус». - Розрахунок на стійкість із площини в'язей слід виконувати на дію максимального поздовжнього зусилля $N_{\max}$.	

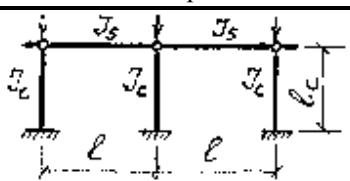
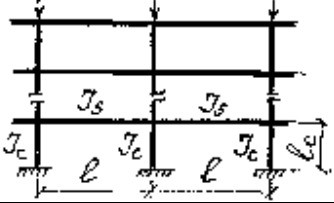
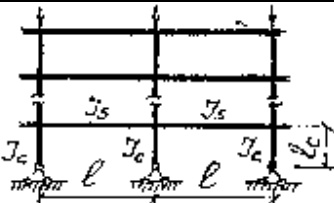
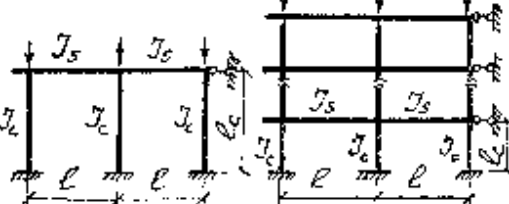
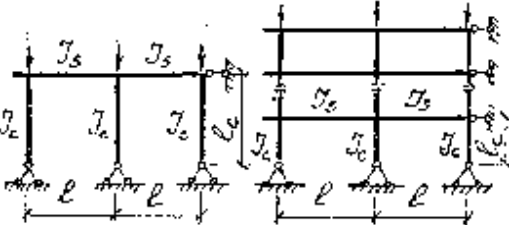
Таблиця С.2 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон (стійок) із пружним закріпленням кінців

Схема колони (стійки)	Коефіцієнт розрахункової довжини μ
	$\mu = \sqrt{\frac{5,4(\alpha + 4) + \beta(0,25\alpha + 1,2)}{5,4(\alpha + 1) + \beta(\alpha + 2,4)}} \quad (C.5)$
	$\mu = 0,5 \sqrt{\frac{(\alpha + 4,8)(\psi\alpha + 4,8)}{(\alpha + 2,4)(\psi\alpha + 2,4)}} \quad (C.6)$
	При $0 \leq \alpha \leq \infty$ і $\beta \leq 9,87$ $\mu = 3,14 \sqrt{\frac{3 + 1,3\alpha}{\alpha\beta + 3(\alpha + \beta)}}; \quad (C.7)$ при $\alpha = 0$ і $\beta > 9,87$ $\mu = 1,0.$
Позначення, прийняті в табл. С.2: α і β – коефіцієнти, які обчислюються як $\alpha = \frac{K_m l}{EI}$; $\beta = \frac{K_n l^3}{EI}$; $\psi = \frac{K_{m1}}{K_m}$ – відношення коефіцієнтів жорсткості пружного закріплення опорних перерізів стійки; де K_m – коефіцієнт жорсткості пружного закріплення, Н/см, що дорівнює значенню реактивного моменту, який виникає в опорному перерізі при його повороті на кут $\varphi = 1$; K_n – коефіцієнт жорсткості пружної опори, Н/см, що дорівнює значенню реактивної сили, яка виникає в опорному перерізі при його переміщенні на $\delta = 1$. Примітка. Значення коефіцієнтів K_m і K_n для деяких рамних систем наведені в табл. С.3.	

Таблиця С.3 Коефіцієнти жорсткості K_m і K_n для колон (стійок) рамних систем

Схема рами	Формула для схеми за табл. С.2	Значення K_m і K_n
	(С.5)	$K_m = 0;$ $K_n = \frac{3EI_1}{l_1^3}$
	(С.5)	$K_m = \frac{3EI_1}{l_1 l_2} (l_1 + l_2);$ $K_n = \infty$
	(С.5)	$K_m = \frac{4EI_1}{l_1};$ $K_n = \infty$
	(С.6)	$K_m = \frac{3EI_1}{l_1 l_2} (l_1 + l_2);$ $K_{m1} = \frac{3EI_1}{l_1 l_2} (l_1 + l_2)$
	(С.7)	$K_m = \frac{EI_1}{l_1 l_2} (4l_1 + 3l_2);$ $K_n = \infty$
	(С.7)	$K_m = \frac{3EI_1}{l_1};$ $K_n = \infty$

Таблиця С.4 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон однопрольотних і багатопрольотних рам

Схема рами	n	μ
	Приймається рівним нулю	2,0
	Від 0,03 до 0,2	$1,21 \sqrt{\frac{n+0,22}{n+0,08}}$ (С.8)
	Понад 0,2	$\sqrt{\frac{n+0,28}{n}}$ (С.9)
	Від 0,03 до 0,2	$2,15 \sqrt{\frac{n+0,22}{n}}$ (С.10)
	Понад 0,2	$2,0 \sqrt{\frac{n+0,28}{n}}$ (С.11)
	n	$\sqrt{\frac{1+0,39n}{2+1,54n}}$ (С.12)
	n	$\sqrt{\frac{1+0,46n}{1+0,93n}}$ (С.13)
Позначення, прийняте в табл. С.4: $n = \frac{I_s l_c}{I_c l}$. Примітка. Значення коефіцієнту μ наведені для колон багатоповерхових рам нижнього поверху.		

Розрахункова довжина колон з урахуванням впливу характеру деформування системи під навантаженням

Коефіцієнти розрахункової довжини μ визначені відповідно до п. 1.9.3.2 і п. 1.9.3.3 для колон вільних одноповерхових (при відсутності жорсткого диска покриття) та багатоповерхових рам, допускається зменшувати множенням на коефіцієнт ψ , що визначається за формулою

$$\psi = 1 - \alpha \left[1 - \left(\frac{\omega}{5} \right)^2 \right]^{\frac{5}{4}}, \quad (\text{С.14})$$

де

$$\alpha = 0,65 - 0,9\beta + 0,25\beta^2;$$

$$\omega = \frac{\bar{\lambda}}{\sqrt{1+m}} \leq 5;$$

тут позначено:

$$\beta = 1 - \frac{M_1}{M} \leq 0,2;$$

$$m = \frac{M}{N} \frac{A}{W_c};$$

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість колони.

Розрахункові значення подовжньої сили N і згинального моменту M у вільній рамі, що розраховується, слід визначати відповідно до вимог п. 1.9.3.2.

Значення згинального моменту M_1 слід визначати для тієї ж самої комбінації розрахункових навантажень і в тому ж самому розрахунковому перерізі колони, де діє згинальний момент M , розглядаючи раму в даному розрахунковому випадку як невільну.

Коефіцієнти розрахункової довжини μ ділянок ступінчастих колон

Т.1 Коефіцієнт розрахункової довжини μ для защемленої в основі нижньої ділянки одноступінчастої колони слід приймати:

- при верхньому кінці колони, вільному від закріплень – за табл. Т.1;
- при закріпленні верхнього кінця колони від повороту, але можливості його вільного переміщення – за табл. Т.2;
- при закріпленні верхнього кінця колони від переміщення за формулою

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2 (\beta - 1)}{\beta}}, \quad (Т.1)$$

де μ_{12} і μ_{11} – коефіцієнти розрахункової довжини нижньої ділянки колони при навантаженнях відповідно $F_1 = 0$ і $F_2 = 0$, що визначаються при шарнірному обпиранні верхнього кінця колони за табл. Т.3, а при наявності закріплення від повороту – за табл. Т.4.
У табл. Т.1 – Т.4 позначено:

$$\alpha_1 = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{I_1}{\beta I_2}} \quad \text{і} \quad n = \frac{I_2 l_1}{I_1 l_2},$$

де I_1 , I_2 , l_1 , l_2 – моменти інерції перерізів і геометричні довжини відповідно нижньої і верхньої ділянок колони; $\beta = \frac{F_1 + F_2}{F_2}$.

Т.2 Коефіцієнт розрахункової довжини μ_2 для верхньої ділянки одноступінчастої колони у всіх випадках слід визначати за формулою

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} \leq 3. \quad (Т.2)$$

Т.3 Коефіцієнт розрахункової довжини μ_1 для защемленої в основі нижньої ділянки двоступінчастої колони (рис. Т.1, а) при умовах закріплення верхнього кінця колони, зазначених у табл. Т.5, слід визначати за формулою

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\beta_1 \mu_{m1}^2 + (\beta_2 \mu_{m2}^2 + \mu_{m3}^2)(1 + \delta_2) \frac{I_2}{I_{m1}}}{1 + \beta_1 + \beta_2}}, \quad (Т.3)$$

де $\beta_1 = F_1 / F_3$; $\beta_2 = F_2 / F_3$; $\delta_2 = l_2 / l_1$;

μ_{m1} , μ_{m2} , μ_{m3} – коефіцієнти, що визначаються за табл. Т.5 як для одноступінчастих колон за відповідними умовними схемами (рис. Т.1, б, в, г);

$I_{m1} = \frac{I_1 l_1 + I_2 l_2}{l_1 + l_2}$ – приведені значення моменту інерції перерізу ділянки колони довжиною $(l_1 + l_2)$;

F_1 , F_2 , F_3 – поздовжні стискуючі сили, прикладені до верха відповідно нижньої, середньої і

верхньої ділянок колони з моментами інерції перерізів відповідно I_1 , I_2 , I_3 і геометричними довжинами l_1 , l_2 і l_3 .

Приведене значення моменту інерції перерізу ділянки колони довжиною $(l_2 + l_3)$ на рис. Т.1, б необхідно визначати за формулою

$$I_{m2} = \frac{I_2 l_2 + I_3 l_3}{l_2 + l_3}.$$

.

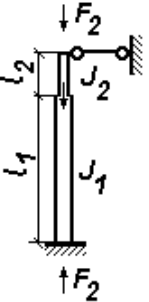
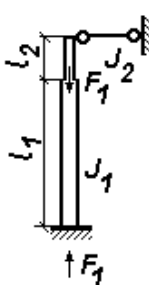
Таблиця Т.1 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_1 для одноступінчатих колон з верхнім кінцем вільним від закріплень

[illegible]

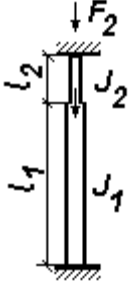
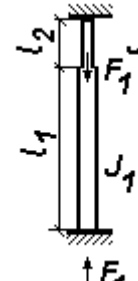
Таблиця Т.2 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_1 для одноступінчатих колон з верхнім кінцем, закріпленим тільки від повороту

[illegible]

Таблиця Т.3 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_{12} і μ_{11} для одноступінчатих колон з нерухомим шарнірно опертим верхнім кінцем

Розрахункова схема	$\frac{I_2}{I_1}$	Коефіцієнти μ_{12} і μ_{11} при l_2 / l_1														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Коефіцієнт μ_{12}														
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,26	2,57	2,74	3,05	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,94
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,35	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	2,10	
		Коефіцієнт μ_{11}														
	0,04	0,67	0,67	0,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,75	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36	1,45	1,52	1,57	1,66	1,72	1,77	1,80	1,82
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12	1,21	1,29	1,36	1,46	1,54	1,60	1,65	1,69
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,80	0,90	0,99	1,08	1,15	1,22	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92	1,00	1,07	1,13	1,24	1,33	1,40	1,47	1,51
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,81	0,87	0,94	1,01	1,07	1,17	1,26	1,33	1,39	1,44
1,0	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,99	1,07	1,13	1,19	1,24	

Таблиця Т.4 Коефіцієнт розрахункової довжини μ_{12} і μ_{11} для одноступінчатих колон з нерухомим верхнім поясом, закріпленим від повороту

Розрахункова схема	$\frac{I_2}{I_1}$	Коефіцієнти μ_{12} і μ_{11} при l_2 / l_1														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Коефіцієнт μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,86	1,23	1,47	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,49	2,81	3,17	3,50	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,91	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,1	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,2	0,64	0,70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,3	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,18	1,28	2,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,4	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,5	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
1,0	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	
		Коефіцієнт μ_{12}														
	0,04	0,66	0,68	0,75	0,94	1,08	1,24	1,37	1,47	1,55	1,64	1,72	1,78	1,81	1,85	1,89
	0,06	0,65	0,67	0,68	0,76	0,94	1,10	1,25	1,35	1,44	1,50	1,61	1,69	1,74	1,79	1,82
	0,08	0,64	0,66	0,67	0,68	0,84	1,00	1,12	1,25	1,34	1,41	1,53	1,62	1,68	1,75	1,79
	0,1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,78	0,92	1,05	1,15	1,25	1,33	1,45	1,55	1,62	1,68	1,71
	0,2	0,62	0,64	0,65	0,65	0,66	0,73	0,83	0,92	1,01	1,09	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54
	0,3	0,60	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,73	0,81	0,89	0,94	1,09	1,20	1,28	1,35	1,41
	0,4	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,66	0,68	0,75	0,82	0,88	1,01	1,10	1,19	1,26	1,32
	0,5	0,57	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,68	0,72	0, 77	0,83	0,94	1,04	1,12	1,19	1,25
1,0	0,55	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0, 70	0, 73	0,80	0,88	0,93	1, 01	1,05	

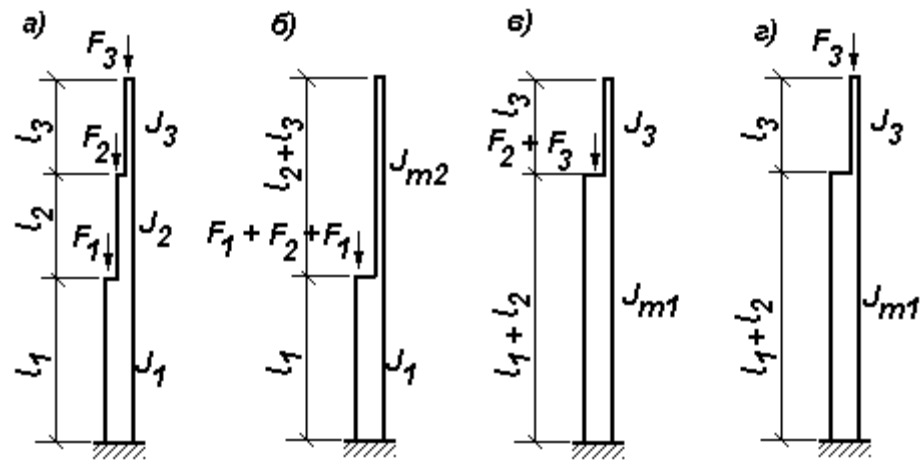


Рис. Т.1 Схема двоступінчастої колони (а) і умовні схеми навантажень при прикладанні сил F_1 , F_2 і F_3 відповідно до верху нижньої (б), середньої (в), верхньої (г) ділянок

Т.4 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_2 для середньої ділянки двоступінчастої колони довжиною l_2 і коефіцієнт μ_3 для верхньої ділянки колони довжиною l_3 слід визначати відповідно за формулами:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_2}, \quad (Т.4)$$

$$\mu_3 = \frac{\mu_1}{\alpha_3} \leq 3, \quad (Т.5)$$

де

$$\alpha_2 = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{I_1(F_2 + F_3)}{I_2(F_1 + F_2 + F_3)}};$$

$$\alpha_3 = \frac{l_3}{l_1} \sqrt{\frac{I_1 F_3}{I_3(F_1 + F_2 + F_3)}}.$$

Таблиця Т.5 Коефіцієнти μ_{m1} , μ_{m2} , μ_{m3}

Умови закріплення верхнього кінця колони	Значення коефіцієнтів		
	μ_{m1}	μ_{m2}	μ_{m3}
	при умовній схемі навантаження за кресленням		
	Т.1, б	Т.1, в	Т.1, г
Вільний від закріплень	$\mu_{m1} = 2,0$	$\mu_{m2} = 2,0$	$\mu_{m3} = \mu_1$ $\mu_1 - \text{за табл. Т.1 при } \alpha_1 = \frac{l_3}{l_1 + l_2} \sqrt{\frac{I_{m1}}{I_3}}$
Закріплений від повороту, допускає зсув	$\mu_{m1} = \mu_1$ $\mu_1 - \text{за табл. Т.2 при } \alpha_1 = 0$	$\mu_{m2} = \mu_1$	$\mu_{m3} = \mu_1$ $\mu_1 - \text{за табл. Т.2 при } \alpha_1 = \frac{l_3}{l_1 + l_2} \sqrt{\frac{I_{m1}}{I_3}}$
Закріплений шарнірно, не допускає зсуву	μ_{m1} $\mu_{11} - \text{за табл. Т.3}$	μ_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$ $\mu_{12} - \text{за табл. Т.3}$
Закріплений від повороту і зсуву	μ_{m1} $\mu_1 - \text{за табл. Т.4}$	μ_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$ $\mu_{12} - \text{за табл. Т.4}$

Додаток У
(рекомендований)

Таблиці для розрахунку елементів на витривалість

Таблиця У.1 Параметри типових режимів навантаження

№	Тип конструкції та її елементи	Характер навантаження	Типові режими навантаження	ρ	K
1	Балки і ферми підкранових колій:	Стаціонарний	Прохід крана, включаючи підйом-опускання вантажу		
1.1	в цехах металургійних заводів:				
	– під чотирьохкаткові крани (опорні перерізи)			0	0,15...0,25
	– під чотирьохкаткові крани (міжопорні перерізи)			-1	0,15...0,25
	– під багатокаткові крани			0	0,15...0,25
1.2	в цехах машинобудівних та інших заводів:				
	– під чотирьохкаткові крани (опорні перерізи)			0	0,10...0,20
	– під чотирьохкаткові крани (міжопорні перерізи)			-1	0,10...0,20
	– під багатокаткові крани			0	0,10...0,20
1.3	під крани, що працюють із пристосуванням на гаку, і спеціальні крани металургійних заводів			+0,3	0,25...0,30
2	Балки робочих ділянок виробничих будинків з рейковими коліями	Стаціонарний	Робота обладнання на рейкових коліях	0	0,15...0,25
3	Балки і ферми покриттів, що несуть підйомно-транспортне чи технологічне обладнання	Стаціонарний	Робота підйомно-транспортного чи технологічного обладнання	+0,3	0,20...0,30
5	Конструкції під двигуни	Стаціонарний		+0,3	–
6	Димарі	Не стаціонарний	Коливання під впливом вітрового потоку: вздовж вітрового потоку впоперек вітрового потоку	0 -1	0,15 0,10
7	Антенно-щоглові споруди	Не стаціонарний	те ж		
7.1	Стовбури щогл:	Не стаціонарний	те ж		
	– трубчастої конструкції	стаціонарний		-1	0,10
	– гратчастої конструкції			-1	0,08
7.2	Відтяжки щогл	Не стаціонарний	те ж	0	0,15

Таблиця У.2 Значення параметрів для визначення гранично допустимої кількості циклів N при напруженнях σ_i

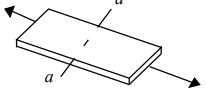
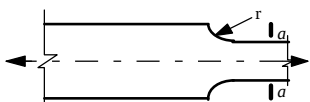
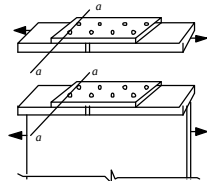
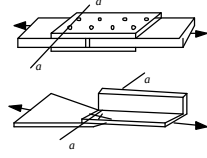
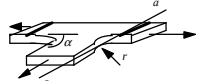
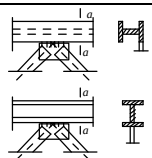
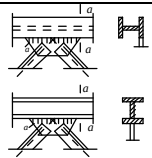
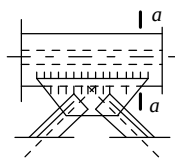
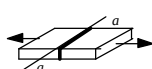
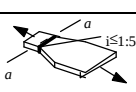
Група	Розрахунковий опір R_y , МПа	Значення параметрів для визначення гранично допустимої кількості циклів при коефіцієнті асиметрії циклу ρ																	
		-1,0		-0,8		-0,6		-0,4		-0,2		0		0,2		0,4		0,6	
		A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ
1	240...260	270	440	255	415	230	395	200	355	160	305	110	230						
	420...480	375	465	335	440	300	425	275	405	245	395	205	380	155	370				
	600...680	350	465	325	445	300	435	280	420	250	405	220	400	200	395	175	380	125	370
2	240...260	280	400	270	395	260	385	240	375	215	365	185	355						
	420...480	400	415	370	405	330	400	300	395	275	385	235	375	185	350				
	600...680	445	465	435	460	425	455	405	445	385	440	360	435	325	430	270	425		
3а	240...260	525	470	505	495	495	525	480	570	470	620	455	710						
	420...480	525	470	515	480	505	495	500	505	495	535	480	575						
	600...680	525	470	525	470	525	475	520	485	510	500	500	525	485	570	460	660		
3б	240...260	350	460	350	455	335	450	315	445	285	430	245	395	200	345				
	420...480	445	390	445	400	435	400	425	405	410	410	385	420	345	425	290	430	220	405
	600...680	500	390	500	385	500	385	490	380	475	380	435	375	380	365	325	330	255	265
4а	240...260	660	485	630	500	605	510	580	525	555	530	535	560	510	675				
	420...480	665	485	640	485	620	490	600	500	580	505	565	525	545	560	515	640		
	600...680	665	480	650	475	635	475	620	475	605	475	590	490	575	510	540	550	490	700
4б	240...260	415	455	395	460	375	465	355	465	350	470	335	490	295	535				
	420...480	515	415	485	415	460	415	440	415	420	415	390	415	365	420	340	435	260	460
	600...680	530	395	520	395	510	395	500	395	490	395	480	395	470	395	450	410	415	440
5а	240...260	1000	605	975	620	955	640	935	660	915	680	900	740	875	830				
	420...480	1000	605	980	610	965	620	950	630	940	640	925	670	900	720	865	835		
	600...680	1000	600	990	600	985	605	975	610	965	620	955	635	935	670	900	735	870	865
5б	240...260	550	545	545	545	540	545	535	545	530	545	525	560	515	595				
	420...480	585	525	580	525	575	525	565	525	560	525	555	535	545	555	525	615	460	690
	600...680	640	500	635	500	630	500	625	500	620	500	615	500	610	510	590	535	535	570
6а	240...260	890	565	880	585	870	600	850	620	830	635	805	655	770	675	740	760		
	420...480	895	565	890	575	885	585	870	595	855	605	835	615	800	640	765	690	730	840
	600...680	900	560	900	565	895	570	890	575	875	575	855	580	830	585	790	610	745	675
6б	240...260	480	435	465	450	450	460	435	475	420	485	410	495	395	560	375	715		
	420...480	525	435	510	445	495	450	480	455	465	465	450	475	440	515	430	585	395	725

Закінчення таблиці У.2

Група	Розрахунковий опір R_y , МПа	Значення параметрів для визначення гранично допустимої кількості циклів при коефіцієнті асиметрії циклу ρ																	
		-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4	0,6	520	495	525	480	530	470	535	440	545
		A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ
	420...480	1420	725	1405	735	1390	750	1380	760	1370	770	1360	785	1350	840	1320	940	1245	
	600...680	1425	720	1415	725	1405	735	1400	740	1390	750	1380	760	1365	780	1335	840	1295	955
76	240...260	590	440	580	450	575	460	565	470	560	480	555	490	545	530	525	575	480	675
	420...480	630	440	625	445	620	450	620	460	615	465	615	475	610	490	610	540	605	635
	600...680	665	410	665	415	665	420	665	425	665	430	670	435	670	455	670	485	670	555

Примітка.
Усі значення збільшені в 10^5 раз.

Таблиця У.3 Групи елементів і з'єднань при розрахунку на витривалість

№ п/п	Схема елемента і розташування розрахункового перерізу	Характеристика елемента	Група елемента
1		Основний метал із прокатними чи обробленими механічним шляхом кромками Те ж, із кромками, обрізаними машинним газовим різанням	1 2
2		Основний метал з обробленими механічним шляхом кромками, при різній ширині і радіусі переходу r , мм: 200 10	1 4a і 4б
3		Основний метал у з'єднаннях на високоміцних болтах	1
4		Основний метал у болтовому з'єднанні (болти класу точності А) у розрахунковому перерізі, послабленому отворами, при накладках: – з обох сторін з'єднання – з одного боку з'єднання	4б 5б
5		Перехід і заокруглення (клас чистоти газового різання 1 чи фрезерування) при $\alpha \geq 72^\circ$, $r \geq 0,5b$	2
6		Фасонки прямокутної форми, які приварені встик або втавр до елементів конструкцій без механічної обробки переходу від фасонки до елемента	7a і 7б
7		Фасонки, які приварені встик або втавр до стінок і поясів балок, а також до елементів ферм при $\alpha \leq 45^\circ$	4a і 4б
8		Фасонки прямокутної чи трапецієподібної форми, приварені встик або втавр до поясів балок внахлест з обварюванням вздовж контуру нахлесту без механічної обробки швів	7a і 7б
9		Стиковий необроблений шов при дії навантаження, прикладеного перпендикулярно до лінії шва; при цьому, елементи, що стикаються, є однакової ширини і товщини	2
10		Стиковий необроблений шов; елементи, що стикаються, є різної ширини чи різної товщини	5a і 5б

Закінчення таблиці У.3

№ п/п	Схема елемента і розташування розрахункового перерізу	Характеристика елемента	Група елемента
11		Основний метал у місці переходу до стикового шва зі знятим механічним способом посиленням шва: – при стикуванні елементів однакової товщини і ширини (рис. а) – те ж, різної товщини і ширини (рис. б)	2а і 2б 3а і 3б
12		Стиковий шов, виконаний на підкладному листі, при дії навантаження, прикладеного перпендикулярно до лінії шва	4а і 4б
13		Стиковий шов між елементами трубчастого перерізу, виконаний на підкладному кільці	4а і 4б
14		Зварне з'єднання встик прокатних профілів	4а і 4б
15		Зварні перерізи двотаврового, таврового й іншого типів, зварені неперервними повздовжніми поясними швами при дії зусилля вздовж осі шва	3а і 3б
16		Елемент із допоміжним елементом, прикріпленим фланговими (повздовжніми) швами, при α : до 45° 90°	4а і 4б 7а і 7б
17		Обрив поясного листа без механічної обробки лобового (поперечного) шва	7а і 7б
18		Основний метал з лобовим (поперечним) швом; зварний шов двосторонній із плавним переходом до основного металу	4а і 4б
19		Основний метал розтягнутих поясів балок і елементів ферм поблизу діафрагм і ребер жорсткості, приварених кутовими швами	5а і 5б
20		Основний метал у місці переходу до лобового (поперечного) кутового шва	6а і 6б
21		Основний метал у з'єднаннях із фланговими кутовими швами (у місцях переходу від елемента до кінців флангових швів): - із подвійними фланговими швами (рис. а) - із фланговими і лобовими швами (рис. б) - при передачі зусилля через основний метал (рис. в) - щоки анкерів для кріплення сталевих канатів (рис. г)	7а і 7б

Таблиця У.4 Параметри граничних напружень циклу

ГРУПА	N	ЗНАЧЕННЯ σ_{-1} ДЛЯ СТАЛЕЙ З РОЗРАХУНКОВИМ ОПОРОМ,			ЗНАЧЕННЯ D_N ДЛЯ СТАЛЕЙ З РОЗРАХУНКОВИМ ОПОРОМ,		
		240...260	420...480	600...680	240...260	420...480	600...680
1	$\geq 10^7$	122	140	180	0,88	0,90	0,76
2	$\geq 10^7$	110	120	135	0,95	0,98	0,87
3a	$\geq 10^7$	62	62	62	0,88	0,88	0,88
3б	$\geq 10^7$	95	95	95	0,83	0,85	0,82
4a	$\geq 10^7$	48	48	48	0,97	1,02	1,00
4б	$\geq 10^7$	80	80	80	0,90	0,90	0,90
5a	$\geq 10^7$	30	30	30	0,92	0,97	1,02
5б	$\geq 10^7$	62	62	62	0,92	0,92	0,88
6a	$\geq 10^7$	22	22	22	1,00	1,00	1,00
6б	$\geq 10^7$	58	58	58	0,89	0,87	0,80
7a	$\geq 10^7$	20	20	20	1,00	1,00	1,00
7б	$\geq 10^7$	40	40	40	0,90	0,93	0,93

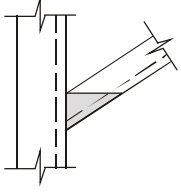
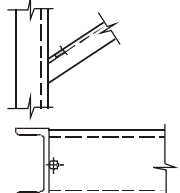
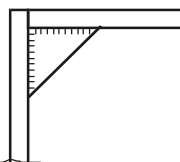
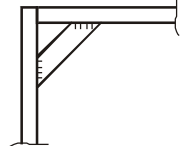
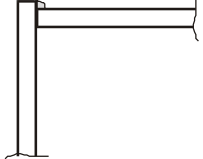
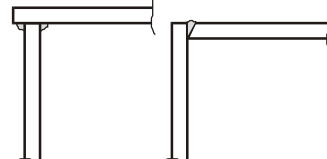
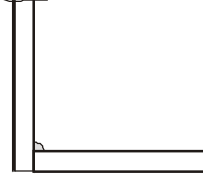
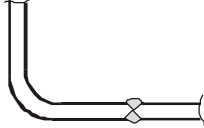
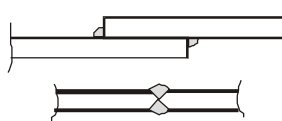
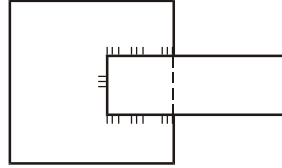
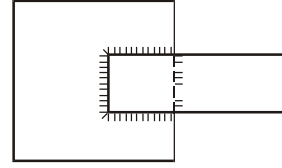
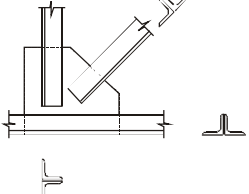
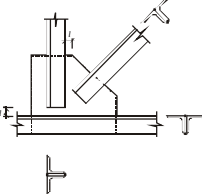
Таблиця У.5 Нормативні значення середнього квадратичного відхилення $S_{\sigma_{-1}}$ межі витривалості

Величина залишкових напружень	$S_{\sigma_{-1}}$ по групах елементів						
$(\sigma_{зал} > 0,5\sigma_m)$	1	2	3a	4a	5a	6a	7a
	35	28	12	10	8	6	4
$(\sigma_{зал} \leq 0,5\sigma_m)$	1	2	3б	4б	5б	6б	7б
	35	28	20	15	12	9	7

Додаток Ф
(рекомендований)

Конструктивні заходи з первинного захисту металевих конструкцій від корозії при проектуванні

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Рациональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю	Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Рациональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Рациональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю	Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Рациональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю
			
			
			
			

Визначення властивостей сталей

1. При дослідженні і випробуванні металу необхідно визначати такі показники:

- хімічний склад з виявленням складу елементів, передбачених державними стандартами або технічними умовами на сталь;
- межу текучості, тимчасовий опір і відносне видовження при випробуваннях на розтягування (рекомендується проводити їх з побудовою діаграми роботи сталі) за ГОСТ 1497-84*;

- ударну в'язкість за ГОСТ 9454-78* для температур, що відповідають групі конструкцій і кліматичному району за табл. Е1 додатку Е цих норм, і після механічного старіння відповідно до державних стандартів або технічних умов на сталь.

Для конструкцій 1-ї і 2-ї груп табл. Е1, які виготовлені з киплячої сталі завтовшки понад 12 мм і експлуатуються при від'ємних температурах, додатково слід визначати:

- розподіл сірчастих включень способом відбитку за Бауманом за ГОСТ 10243-75*;
- мікроструктуру з виявленням розміру зерна за ГОСТ 5639-82*.

Механічні властивості сталі допускається визначати із застосуванням інших методів, що забезпечують надійність результатів, відповідну випробуванням на розтягування.

2. Відбір проб для хімічного аналізу і зразків для механічних випробувань проводять з елементів конструкцій окремо для кожної партії металу.

До партії металу відносяться елементи одного виду прокату (за номерами профілів, товщиною і марками сталі), що входять до складу однотипних елементів конструкцій (пояси ферм, грати ферм, пояси підкранових балок тощо) однієї черги будівництва. Партія металу повинна відноситись не більше ніж до 50-ти однотипних відправних марок загальною масою, що не перевищує 60 т. Якщо відправними марками є прості елементи з прокатних профілів (прогони, балки, в'язі тощо), до партії може бути віднесено до 250 відправних марок.

Кількість проб і зразків від кожної партії металу повинна бути не меншою за вказану в табл. Х1, при відборі проб і зразків необхідно дотримуватись вимог ГОСТ 7564-73*.

Таблиця Х1 Кількість елементів проб і зразків, що перевіряються

Вид випробувань	Кількість елементів, що перевіряються, в партії	Кількість проб і зразків	
		від елементу	всього від партії
Хімічний аналіз	3	1	3
Випробування на розтягування	2 (10*)	1	2 (10*)
Випробування на ударну в'язкість	2**	3**	6**
Відбиток по Бауману	2	1	2
* При визначенні межі текучості сталі і тимчасового опору за наслідками статистичної обробки даних випробувань зразків. ** Для кожної температури, що перевіряється, і для випробувань після механічного старіння.			

Місце відбору проб і необхідність посилення місць вирізки зразків визначаються організацією, що проводить обстеження конструкцій.

3. Межа текучості R_{yn} або тимчасовий опір сталі R_{un} за результатами статистичної обробки даних випробувань зразків обчислюються за формулою

$$R_n = \sigma_n - \alpha S, \quad (X.1)$$

де $\sigma_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i$ – середнє арифметичне значення межі текучості або тимчасового опору випробуваних зразків;

$\alpha = 1,65 \left(1 + \frac{0,91}{\sqrt{n}} + \frac{1,5}{n} \right)$ – коефіцієнт, що враховує об'єм вибірки;

$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \sigma_n)^2}$ – середнє квадратичне відхилення результатів випробувань;

σ_i – межа текучості або тимчасовий опір i -го зразка;

n – кількість випробовуваних зразків, що приймається не меншою за 10.

При значенні $S / \sigma_n > 0,1$ використання результатів, отриманих за наявними даними випробувань зразків, не допускається.

Голова правління ВАТ «УкрНДІпроектсталь-
конструкція ім. В.М. Шимановського»,
д.т.н., проф.

О. Шимановський

Керівник розробки, д.т.н.

А. Перельмутер

Провідний виконавець, к.т.н.

М. Микитаренко