



ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Будівельні матеріали і конструкції

СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
норми проектування, виготовлення і монтажу

ДБН В.2.6-... :200....

Перша редакція

Київ

МІНРЕГІОНБУД УКРАЇНИ

200*

ПЕРЕДМОВА

РОЗРОБЛЕНО	<p>Відкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського» (ВАТ Укрдідпроектстальконструкція ім. В.М.Шимановського)</p> <p>Розробники: <u>В.Л.Гейфман</u>, інж., В.М. Гордеєв, д.т.н., С.В.Колесниченко, к.т.н., <u>М.П.Кондра</u>, к.т.н., В.П.Корольов, д.т.н., <u>М.О. Микитаренко</u>, 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.</p> <p>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);</p> <p>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);</p> <p>С.І. Білик, к.т.н., О.О. Нілов, к.т.н., <u>В.О.Пермяков</u>, д.т.н., В.В.Юрченко, к.т.н. (Київський національний університет будівництва і архітектури);</p> <p>В.А. Пашинський, д.т.н., С.Ф. Пічугін, д.т.н. (Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка).</p>
ПОГОДЖЕНО	<p>МНС України, лист від **.**, 200* р. №</p> <p>Мінпромполітики України, лист від **.**, 200* р. №</p> <p>МНС України Держпромгірнагляд, лист від **.**, 200* р. №</p>
ВНЕСЕНО	Управління технічного регулювання в будівництві
ПРИЙНЯТО	наказ Мінрегіонбуду України від **.**, 200* р. №
НАДАНО ЧИННОСТІ	з **.**, 200* р.
УВЕДЕНО ВПЕРШЕ	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

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	6
1.2 Матеріали для конструкцій і з'єднань.....	8
1.2.1 Загальні вимоги.....	8
1.2.2 Матеріали масового застосування..	9
1.3 Розрахункові характеристики матеріалів і з'єднань	11
1.4 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску	13
1.4.1 Розрахунок елементів суцільного перерізу	13
1.4.2 Розрахунок елементів наскрізного перерізу	15
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 згинаємих елементів	24
1.5.2 Розрахунок на міцність згинаємих елементів суцільного перерізу	24
1.5.3 Розрахунок на міцність балок суцільного перерізу для кранових колій	29
1.5.4 Розрахунок на стійкість згинаємих елементів суцільного перерізу	30
1.5.5 Перевірка стійкості стінок і поясних листів згинаємих елементів суцільного перерізу	33
1.6 Розрахунок опорних плит	40
1.7 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при дії поздовжньої сили зі згином	40
1.7.1 Розрахунок на міцність	40
1.7.2 Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу	41
1.7.3 Розрахунок на стійкість елементів наскрізного перерізу	45
1.7.4 Перевірка стійкості стінок і поясів	47
1.8 Розрахунок опорних частин	51
1.9 Розрахункові довжини і граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій	51
1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм, зв'язків і структурних конструкцій	51
1.9.2 Розрахункові довжини елементів просторових гратчастих конструкцій	54
1.9.3 Розрахункові довжини колон (стійок)	57
1.9.4 Граничні гнучкості елементів	60
1.10 Листові конструкції	62
1.10.1 Розрахунок на міцність	62
1.10.2 Розрахунок на стійкість	63
1.10.3 Основні вимоги до розрахунку сталевих мембранних конструкцій	66
1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість	68
1.12 Проектування з'єднань сталевих конструкцій	70
1.12.1 Зварні з'єднання	70
1.12.2 Болтові з'єднання	77
1.12.3 Фрикційні з'єднання	81
1.12.4 Поясні з'єднання в балках	82

1.13	Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення	84
1.13.1	Загальні вимоги по проектуванню сталевих конструкцій	84
1.13.2	Відстань між температурними швами	84
1.13.3	Ферми і структурні плити покриттів	85
1.13.4	Колони	86
1.13.5	Зв'язки	87
1.13.6	Балки	87
1.13.7	Балки кранових колій	88
1.13.8	Листові конструкції	88
1.13.9	Висячі покриття	89
1.13.10	Мембранні покриття	90
1.13.11	Опорні частини	91
1.13.12	Фланцеві з'єднання	91
1.13.13	З'єднання з фрезерованими торцями	91
1.13.14	Монтажні кріплення	91
1.14	Додаткові вимоги до проектування конструкцій при ремонті, підсиленні і реконструкції	92
1.14.1	Загальні положення	92
1.14.2	Розрахункові характеристики сталі і з'єднань	93
1.14.3	Підсилення конструкцій	93
2	Вимоги виготовлення	97
2.1	Загальні положення	97
2.2	Вимоги до конструкторської документації, контроль якості	97
2.3	Вхідний контроль, збереження металопрокату, зварювальних, лакофарбових матеріалів і металовиробів	98
2.4	Підготовка металопрокату, зварювальних і лакофарбових матеріалів	98
2.5	Розмічання, намічання, виготовлення шаблонів і кондукторів, виправлення і згинання	100
2.6	Різання і обробка крайок	102
2.7	Складання	103
2.8	Зварювання	108
2.9	Утворення отворів і контрольне складання	114
2.10	Ґрунтування і фарбування	115
2.11	Покриття конструкцій гарячим цинкуванням	116
2.12	Маркірування, приймання і відвантаження	117
3	Вимоги монтажу	118
3.1	Загальні положення	118
3.2	Транспортування, зберігання і подавання до монтажу	119
3.3	Укрупнювальне збирання	119
3.4	Стропування, підйом, встановлення конструкцій в проектне положення	120
3.5	Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів	121
3.6	Попереднє напруження конструкцій	125
3.7	Монтажні з'єднання	126
3.7.1	Загальні вимоги до болтових з'єднань	126
3.7.2	Монтажні з'єднання на болтах грубої, нормальної і підвищеної точності	126
3.7.3	Монтажні з'єднання на високоміцних болтах з контрольованим натягом	127
3.7.4	Фланцеві з'єднання	129
3.7.5	Спеціальні монтажні з'єднання	130
3.8	Випробування конструкцій	134
3.9	Контроль якості і приймання монтажних робіт	134

Додаток А	Нормативні посилання	135
Додаток Б	Терміни і визначення понять	139
Додаток В	Категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом та групи конструкцій	145
Додаток Г	Фізичні характеристики матеріалів	149
Додаток Д	Вимоги до сталей для сталевих конструкцій	150
Додаток Е	Рекомендації щодо вибору сталей для конструкцій будівель і споруд	152
Додаток Ж	Матеріали для з'єднання сталевих конструкцій	158
Додаток І	Коефіцієнти умов робіт для розтянутого поодинокого кутка, який прикріплюється однією полицею болтами	164
Додаток К	Коефіцієнти для розрахунку на стійкість центрально і позацентрово-стиснутих елементів	165
Додаток Л	Коефіцієнт $\sigma_{\text{ст}}$ для розрахунку на стійкість стиснутих стрижнів тонкостінного відкритого перерізу	174
Додаток М	Стиснуті елементи з гнучкою стінкою	177
Додаток Н	Коефіцієнти для розрахунку на міцність елементів сталевих конструкцій	178
Додаток П	Коефіцієнт стійкості при згині φ_b	180
Додаток Р	Стійкість стінок балок, укріплених повздовжніми і проміжними ребрами жорсткості	185
Додаток С	Розрахункові довжини колон і стійок	188
Додаток Т	Коефіцієнти розрахункової довжини μ ділянок ступінчатих колон	193
Додаток У	Таблиці для розрахунку елементів на витривалість	199
Додаток Ф	Конструктивні заходи по первинному захисті металевих конструкцій від корозії при проектуванні.	206
Додаток Х	Визначення властивостей сталей	208

**ДЕРЖАВНІ
БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ**

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ І КОНСТРУКЦІЇ. СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ.	ДБН В.2.6-... :200...
НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ І МОНТАЖУ	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.

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 знаходяться в особливих умовах експлуатації (наприклад, конструкції домених печей, магістральних і технологічних трубопроводів, резервуарів спеціального призначення, конструкцій будівель, що піддаються 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 згідно з законодавством України.

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 вимогам ДБН В.1.2-*:200*.

1.1.1.2 Запроектвані конструкції повинні забезпечувати експлуаційну придатність і безпеку протягом терміну експлуатації, забезпечувати охорону навколишнього середовища і виконання інших особливих умов, установлених 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, а також передбачувати зв'язки, призначаючи їх 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;

–передбачувати технологічність виготовлення та монтажу конструкцій;

–забезпечувати збираємість 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, допустимі під час виготовлення та зведення;

–встановлювати методи та об'єми 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, провухини, 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:

–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 контактних поверхонь для фрикційних з'єднань;

– 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.

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

1.1.1.5 Робочі креслення сталевих конструкцій повинні відповідати вимогам щодо виготовлення і монтажу.

У проекті слід указувати послідовність монтажу елементів і вузлів, а також допустимі монтажні навантаження, якщо вказані 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, опору внутрішнім факторам корозії (місцевій, питтинговій, контактній, щілинній корозії, корозійному розтріскуванню, корозійній втомі і т.п.).

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 піддаються безпосередньому впливу рухомих, вібраційних та інших змінних навантажень, які викликають можливість руйнувань від втоми, 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, передбачити 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:

- вибирати оптимальні в техніко-економічному відношенні 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, із 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 із сталі 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, раціонального та економічного транспортування конструкцій, підйомально-транспортного та іншого устаткування монтажних організацій і виконання максимального об'єму робіт на підприємстві-виробнику;

- застосовувати конструкції, що забезпечують технологічність і найменшу трудомісткість монтажу; застосовувати монтажні з'єднання на болтах, у тому числі фланцеві та фрікційні, з фрезерованими торцями (зварні монтажні з'єднання допускають лише при відповідному ґрунтуванні); передбачити 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 знаходяться в умовах агресивних впливів рекомендується застосовувати сталевий прокат із сталей з підвищеною корозійною стійкістю.

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

1.1.2.4 Конструкції, що піддаються тривалому впливу променевої чи конвекційної теплоти або короткочасному впливу вогню під час аварій теплових агрегатів, рекомендується захищати металевими екранами чи футеровкою 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.

За розрахункову мінімальну температуру слід приймати температуру найхолоднішої доби в районі будівництва згідно із вказівкою 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 ДБН В.1.2-:200*, що експлуатуються при температурі зовнішнього повітря.

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 за 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 за ГОСТ 255546.

1.1.3.3 Граничні значення прогинів і переміщень елементів конструкцій слід приймати згідно з вимогами ДСТУ Б В.1.2-3:2006.

1.1.3.4 При проектуванні сталевих конструкцій слід дотримуватися правил вогнестійкості і 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 затруднювати 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 границі вогнестійкості конструкцій. При цьому для оцінення несучої здатності і довговічності конструкцій збільшення перерізів елементів враховувати не слід.

1.1.3.4 Конструкції повинні відповідати положенням протипожежних норм. У проекті мають бути наведені ступені вогнестійкості конструкцій та відповідні границі вогнестійкості.

1.1.3.5 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 непрацездатності до експлуатації будівлі чи споруди в цілому або його значної частини;

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

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

Залежно від можливості та причин досягнення граничних станів виходячи з умов руйнування від втомленості 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 розтягувальних напружень тощо);

III — конструкції та елементи, руйнування від втомленості чи крихке руйнування яких неможливо через відсутність або незначність впливу несприятливих чинників.

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

1.1.3.6 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 напруження σ в цілому по перерізу менше від розрахункового опору сталі R_y і можуть досягнути його тільки в найбільш напружених волокнах перерізу $\sigma = R_y$ (пружня робота перерізу — рис.1.1.1, а);

2 клас – НДС, при якому напруження σ в частині перерізу менші від розрахункового опору сталі R_y , а в іншій частині перерізу – дорівнюють йому (пружньо-пластична робота перерізу — рис.1.1.1, б);

3 клас – НДС, при якому напруження σ по всій площі дорівнюють розрахунковому опору сталі R_y (пластифікація всього перерізу, пластичний шарнір — рис.1.1.1, в).

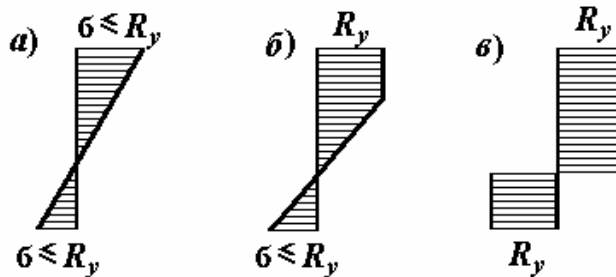


Рис. 1.1.1 Класифікація перерізів за НДС

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

Сталеві конструкції необхідно, як правило, розраховувати як єдині просторові системи з урахуванням чинників, що визначають напружений і деформований стан, геометричної, фізичної і конструктивної нелінійності, реологічних властивостей ґрунтів. У необхідних випадках розрахунок конструкції на різних етапах монтажу або експлуатації необхідно виконувати із урахуванням впливу чинників, що визначають її напружено-деформований стан на кожному з етапів.

При поділі єдиних просторових систем на окремі плоскі конструкції 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, згинні та крутні моменти) в статично невизначених конструкціях допускається визначати за недеформованою схемою в припущенні пружньої роботи сталі.

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

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

1.1.3.7 Вимоги цих норм передбачають такі розрахункові моделі несучих конструкцій:

– окремі конструктивні елементи (наприклад, розтягнуті і стиснуті стержні, балки, стійки і колони суцільного перерізу тощо);

– плоскі або просторові системи, закріплені від перекосу (рис. 1.1.1,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. 1.1.1,б); при розрахунку таких конструкцій поряд з перевіркою окремих елементів слід враховувати можливість досягнення граничного стану системи в цілому;

– листові конструкції (оболонки обертання), що перебувають у безмоментному напруженому стані.

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, визначуваних без розгляду рівня навантаженості сусідніх елементів.

Для систем, не закріплених від перекосу, поряд з перевіркою стійкості окремих елементів повинна бути виконана перевірка загальної стійкості. При перевірці загальної стійкості коефіцієнт надійності за загальною стійкістю γ_s має бути не нижчим за 1,3.

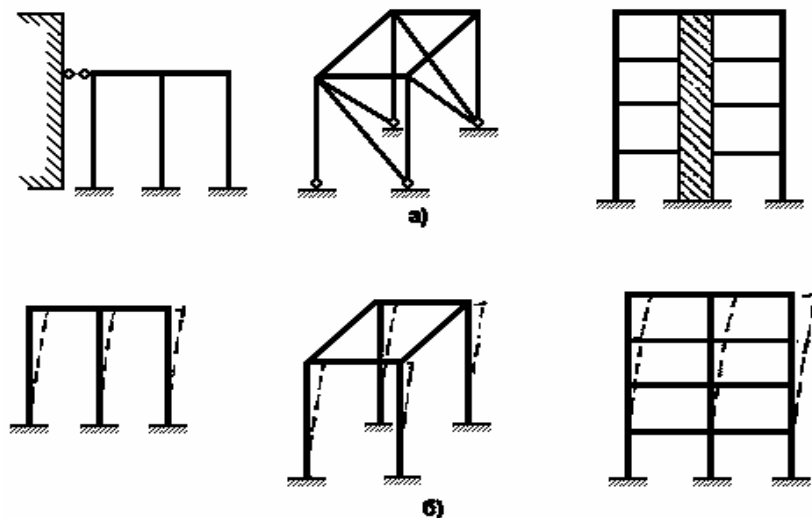


Рис. 1.1.1 Схеми систем, закріплених (а) і не закріплених (б) від перекосу

1.1.3.8 Для елементів, ослаблених отворами для болтових з'єднань, крім фрікційних, при розрахунках на міцність і витривалість слід приймати площу перерізу нетто A_n , на стійкість і жорсткість – площу перерізу брутто A .

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 згідно з вимогами ДБН В.1.2-:200* ;

– додатковий коефіцієнт надійності за матеріалом $\gamma_u = 1,3$ 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 і з'єднань, що приймаються за табл.1.1.1, а також за вимогами розділів 1.4. 1.11, 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 складаного таврового перерізу з двох кутиків у зварних фермах покриттів і перекриттів при розрахунку на стійкість указаних елементів із гнучкістю $\lambda \geq 60$	0,80
5. Затяжки, тяги, відтяжки, підвіски при розрахунку на міцність по неослабленому перерізу	0,90
6. Елементи конструкцій із сталі з межою текучості до 440 Н/мм^2 , що несуть статичне навантаження, при розрахунку на міцність по перерізу, ослабленому отворами для болтів (крім фрикційних з'єднань)	1,10
7. Стиснуті елементи решітки просторових ґратчастих конструкцій з поодиноких рівнополічних кутиків за рис.1.6.3, прикріплюваних однією полицею (для нерівнополічних кутиків більшою полицею):	
а) безпосередньо до поясів зварними швами або двома болтами і більше, <u>поставленими вздовж кутика</u> :	
розкоси за рис.1.6.3,а	0,90
розпірки за рис.1.6.3,б, в, е	0,90
розкоси за рис.1.6.3, в, г, д, е	0,80
б) безпосередньо дол поясів одним болтом або через фасонку незалежно від виду з'єднання	0,75
8. Стиснуті елементи з одиничних кутиків, прикріплюваних однією полицею (для нерівнополічних кутиків меншою полицею), за винятком елементів, наведених в поз.7 цієї таблиці, а також елементів плоских ферм з одиничних кутиків	0,75
9. Опорні плити зі сталі з межою текучості до 390 Н/мм^2 , що несуть статичне навантаження, товщиною, мм:	
а) до 40	1,20
б) понад 40 до 60	1,15
в) понад 60 до 80	1,10
Примітки:	
1. Коефіцієнти $\gamma_c < 1$ при розрахунку не слід враховувати сумісно.	
2. При розрахунку на міцність по перерізу, ослабленому отворами для болтів, коефіцієнти, наведені в поз. 6 і 1, 6 і 2, 6 і 5, слід враховувати разом.	
3. При розрахунку опорних плит коефіцієнти наведені в поз. 9 і 2, 9 і 3 слід враховувати разом.	
4. При розрахунку з'єднань розглядуваних елементів коефіцієнти γ_c , наведені в поз.1 і 2, слід враховувати разом з коефіцієнтом умов роботи з'єднання γ_b .	
5. У випадках не оговорених у цих нормах, у формулах слід приймати $\gamma_c = 1$.	

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, фасоний, 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 застосування арматурної гарячекатаної сталі, що зварюється, пучків і пасм із 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 задовільняють вимогам для груп виливків ІІ або ІІІ за ГОСТ 977, а також із сірого чавуну марок СЧ15, СЧ20, СЧ25 і СЧ30, що задовільняє вимогам ГОСТ 1412.

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

За показниками корозійної стійкості сталі підрозділяються на три групи:

– І група – сталі звичайної (близької до ВСт3пс) корозійної стійкості включають низьковуглецеві, низьколеговані типу 09Г2С, 10Г2С, 15Г2СФ, 18Гпс;

– ІІ група – сталі пониженої корозійної стійкості марки 09Г2, 14Г2, 14Г2СМФР в умовах середньо-, високо-, сильноагресивних середовищ;

– ІІІ група – атмосферостійкі (економно леговані)сталі марок 10ХДП, 10ХНДП, 12ХГДАФ для слабо- і сильноагресивних середовищ.

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

1.2.1.5 Прокат листовий, фасоний і ширококутний універсальний слід підрозділяти на:

– прокат звичайної, міцності з низьковуглецевих сталей з межею текучості до 285 Н/мм², які розрізняються за ступенем розкислення на кіплячі, напівспокійні і спокійні, а також задовольняють таким вимоги за масовою часткою елементів (без урахування граничних відхилень): вуглецю не більш як 0,22%, сірки не більш як 0,05% і фосфору не більш як 0,04%, тимчасовим видовженням круглих зразків з розрахунковою довжиною, що дорівнює п'яти діаметрам, не меншим як 18%;

– прокат підвищеної міцності, як правило, з низьколегованих сталей з межею текучості понад 285 до 375 Н/мм² при товщині до 40 мм, тимчасовим видовженням круглих зразків з розрахунковою довжиною, що дорівнює п'яти діаметрам, не меншим як 16%;

– прокат високої міцності з термооброблених сталей з межею текучості від 390 до 590 Н/мм², тимчасовим видовженням круглих зразків з розрахунковою довжиною, що дорівнює п'яти діаметрам, не меншим як 14%.

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

Вимоги до застосування сталевих прокатів в залежності від ступеню розкислення і ударної в'язкості наведені у табл. Д3 додатку Д.

1.2.1.6 Сталевий прокат за 1.2.1.5 повинен задовольняти вимогам 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 згідно з додатком Д, табл. Д.2.

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

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

1.2.1.8 Для незахищених конструкцій при необхідності слід застосовувати прокат підвищеної вогнестійкості з межою вогнестійкості $R = 45$ хвилин. Прокат повинен мати нормативне значення тимчасово опору при температурі 600 °С не менш $R_{un} = 240$ Н/мм².

1.2.1.9 При виборі сталі для конструкцій слід враховувати:

- клас відповідальності будівель і споруд з вимогами ДБН В.1.2-:200* ;
- призначення конструкцій та елементів;
- можливі наслідки досягнення граничних станів;
- характер діючих напружень (статичне, динамічне) та їхній рівень;
- вид напруженого стану (одновісний, плоский чи об'ємний, розтяг або стиск);
- наявність зварних з'єднань (рівень залишкових напружень, ступінь концентрації напружень, властивості сталі в зоні зварювання);
- кліматичний район будівництва і розрахункову температуру експлуатації;
- ступінь агресивності впливів;
- товщину прокату;
- особливості конструктивної форми і технології виготовлення (концентратори напружень, гільйотине різання, наклеп (ка) тощо).

Залежно від поєднання чинників за 1.2.1.7 і з урахуванням категорії конструкції за 1.1.3.5 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 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, широкосмугового універсального прокату і гнутих профілів за ГОСТ 27772, сортового прокату (круг, квадрат, смуга) за ГОСТ 19281, ГОСТ 535 і ТУ 14-1-3023, тонколистовий прокат з вуглецевої сталі за ГОСТ 16523, із сталі підвищеної міцності за ГОСТ 17066, електрозварних труб за ГОСТ 10705 и ГОСТ 10706, гарячекатаних труб за ГОСТ 8731, ТУ 14-3-567 і ТУ 14-3-1128, як правило, слід приймати сталі згідно з додатком 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 за 1.2.2.1 слід застосовувати електроди для ручного дугового зварювання за ГОСТ 9467, зварювальний дріт за ГОСТ 2246, флюси за ГОСТ 9087, порошковий дріт за ГОСТ 26271, вуглекислий газ за ГОСТ 8050, аргон за ГОСТ 10157 згідно з додатком Ж.

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

1.2.2.3 Для болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій із сталей за 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, вказані у п. 1.2.2.6 (болти за ТУ 14-4-1345 – тільки при їхній роботі на розтяг) згідно з таблицею ЖЗ додатка Ж.

Болти слід застосовувати за ГОСТ 7796, ГОСТ 7798, ГОСТ 15589, ГОСТ 15591, при обмежені деформацій з'єднання – за ГОСТ 7805, а також болти укороченою нарізною частиною – за ТУ 14-4-1386.

Болти і гайки повинні мати маркування згідно з вимогами СніП 3.03.01.

Гайки слід застосовувати за ГОСТ 5915, як правило, приймаючи клас міцності гайок при класах міцності болтів 5 при 5.6 і 5.8; 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 і 5.8; 6 — при 8.8; 8 — при 10.9.

Шайби слід застосовувати: круглі за ГОСТ 11371, косі за ГОСТ 10906, пружинні нормальні за ГОСТ 6402.

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

1.2.2.5 Гайки для фундаментних та U-подібних болтів діаметром до 48 мм слід застосовувати за ГОСТ 5915, для болтів діаметром понад 48 мм за ГОСТ 10605.

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

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

Допускається застосовувати гайки з марок сталі, прийнятих для болтів.

1.2.2.6 Для фрикційних з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х “селект”, що задовольняють вимогам ГОСТ 22356 і ТУ 14-4-1345, а їхні конструкцію і розміри приймати за ГОСТ 22353; гайки і шайби до них – за ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355. Допускається застосовувати болти класу міцності 10.9 за ГОСТ 1759.4 з гайками класу міцності 10 за ГОСТ 1459.5.

1.2.2.7 Для фланцевих з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х “селект” з тимчасовим опором не менш, ніж 1100 Н/мм^2 у виконанні ХЛ, що задовольняють вимогам ГОСТ 22356; гайки і шайби до них приймати – за ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355.

1.2.2.8 Для відливок (опорних частин і т.і.) слід застосовувати сталь марок 15Л, 25Л, 35Л і 45Л за 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 за ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064;

– канати подвійного звивання за ГОСТ 3066, ГОСТ 3067, ГОСТ 3068, ГОСТ 3081, ГОСТ 7669, ГОСТ 14954;

– канати закриті несучі за ГОСТ 3090, ГОСТ 7675, ГОСТ 7676, ГОСТ 18900, ГОСТ 18901, ГОСТ 18902;

– канати сталеві одинарного звивання для відтяжок опор повітряних ліній електропередачі за 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 застосування 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, встановленими стандартами чи технічними умовами.

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

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

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 межою 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 (цапфах) при щільному дотиканні	R_{lp}	$0,5 R_{un} / \gamma_m$
Діаметральний стиск котків (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
ГОСТ 27772 (крім сталей С590, С590К) та інша нормативна документація, що використовує процедуру контролю властивостей прокату за ГОСТ 27772	1,025
Для сортового прокату з границею текучості понад 380 Н/мм ² за ГОСТ 19281 і для труб за ГОСТ 8731	1,100
Для решти прокату і труб, що задовольняє вимоги цих норм	1,050

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 згідно з ТУ 14-1-3023, ГОСТ 535 і ГОСТ 19281.

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

Розрахункові опори виливків з вуглецевої сталі та сірого чавуну приймати за табл. Е6 і Е7 додатка Е.

1.3.5 Розрахункові опори зварних з'єднань слід визначати за формулами, наведеними у 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 з'єднань

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	по межі текучості	R_{wy}	$R_{wy} = R_y$
		по тимчасовому опору	R_{wu}	$R_{wu} = R_u$
	розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні	по межі текучості	R_{wy}	$R_{wy} = 0,85 R_y$
	зсув		R_{ws}	$R_{ws} = R_s$
з кутовими швами	зсув (умовний)	по металу шва	R_{wf}	$R_{wf} = \frac{0,55 R_{wun}}{\gamma_{wm}}$
		по металу межі сплавлення	R_{wz}	$R_{wz} = 0,45 R_{un}$
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 $R_{wun} \leq 590 \text{ Н/мм}^2$.				

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 змінанню елементів, що з'єднуються болтами, наведено у табл. Ж5 додатку Ж.

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

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

Розрахунковий опір розтягу фундаментних болтів наведено 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 згідно з табл. Ж4, Ж7 додатку Ж.

Таблиця 1.3.4 Формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань

напружений стан	нмове позначення	розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, зминанню				
		Болтів класів міцності				високоміцних болтів із сталі марки 40x "селект"
		5.6	5.8	8.8	10.9	
Зріз	^{a)} R_{bs}	$0,42 R_{bun}$	$0,40 R_{bun}$		$0,37 R_{bun}$	
Розтяг	^{a)} R_{bt}	$0,45 R_{bun}$	^{b)} $0,40 R_{bun}$	$0,54 R_{bun}$	$0,50 R_{bun}$	
Зминання: болт класу точності А болт класу точності В і С	^{b)} R_{bp}	$1,60 R_u$				
		$1,35 R_u$				
^{a)} Значення R_{bs} і R_{bt} для болтів класів міцності 8.8 і 10.9 та із сталі 40X "селект" відносяться до болтів без покриття (наприклад, без оцинкування, алюмініювання).						
^{b)} Значення R_{bt} вказано для болтів з додатковим подальшим відпуском при температурі 650° С.						
^{b)} Значення R_{bp} вказано для з'єднуваних елементів із сталі з межею текучості до 440 Н/мм ² и при $R_{bun} > R_{un}$.						

1.3.9 Розрахунковий опір розтягу високоміцного сталевго дроту R_{dh} , що приймається у вигляді пучків чи пасів, слід визначати за формулою

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

1.3.10 Значення розрахункового опору (зусилля) розтягу сталевго канату слід приймати таким, що дорвнює значенню розривного зусилля 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 $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ 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 із сталі з відношенням $R_u / \gamma_{m1} > R_y$, експлуатація яких можлива і після досягнення металом межі текучості, а також елементів із сталі з нормативним опором $R_{yn} > 440 \text{ Н/мм}^2$ 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_{byn} на R_{yn} .

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

$$\frac{N}{A_n R_u} \cdot \frac{\gamma_{m1}}{\gamma_{c1}} \leq 1, \quad (1.4.2)$$

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 задоволенні вимог пп. 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 $\bar{\lambda} \geq 0,4$ слід 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 і залишкові напруження і визначаються за табл. 1.4.1 залежно від типів перерізів для різних типів кривих стійкості; $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ – умовна гнучкість стрижня.

Значення коефіцієнтів φ , обчислені за формулою (1.4.4), слід приймати не більше як $7,6 / \bar{\lambda}^2$ при значеннях умовної гнучкості понад 8, 4,4 і 5,8 для типів кривої міцності відповідно a , b , c .

При значеннях $\bar{\lambda}^2 < 0,4$ для всіх типів кривої стійкості допускається приймати $\varphi = 1$.

Значення коефіцієнтів φ наведені у табл. К1 додатку К.

1.4.1.4 Розрахунок на стійкість стрижнів з поодинокими кутиків слід виконувати з урахуванням вимог

1.4.1.3 При визначенні гнучкості цих стрижнів радіус інерції перерізу кутика і розрахункову довжину слід приймати згідно з вимогами 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 1.4.2.1 — 1.4.2.9.

За відсутністю планок чи ґраток такі елементи, помимо розрахунку за формулою (1.4.3) у головних площинах інерції $X-X$ і $Y-Y$, слід перевіряти на стійкість при згинно-крутильній формі втрати стійкості за формулою

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

Тут φ_c – коефіцієнт, який приймається таким, який дорівнює

$$\varphi_c = \varphi_1 \text{ при } \varphi_1 \leq 0,85$$

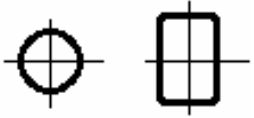
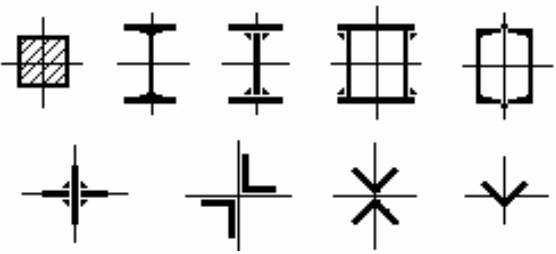
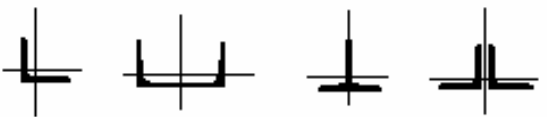
$$\varphi_c = 0,68 + 0,21 \varphi_1 \leq 1 \text{ при } \varphi_1 > 0,85,$$

де 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} слід визначати згідно додатку Л.

Таблиця 1.4.1 Значення коефіцієнтів α і β

Тип перерізу	Тип кривої стійкості	Значення коефіцієнтів	
		α	β
	<i>a</i>	0,03	0,06
	<i>b</i>	0,04	0,09
	<i>c</i>	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 складаного суцільного перерізу слід розраховувати за формулами табл. 1.12.6 на зсув від умовної поперечної сили Q_{fc} , що визначається 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 перерізу нетто всього стрижня.

1.4.2.2 Розрахунок на стійкість стиснутих стрижнів наскрісного 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 у них $\bar{\lambda}$ на $\bar{\lambda}_{ef}$. Значення $\bar{\lambda}_{ef}$ слід визначати залежно від λ_{ef} , наведених у табл. 1.4.2 для стрижнів з числом панелей, як правило, не менш як шість. Розрахунок на стійкість наскрізних стрижнів з числом панелей менш як шість допускається виконувати: при планках – як рамних систем; при ґратках – згідно з вимогами 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, повина бути не більш як 40.

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

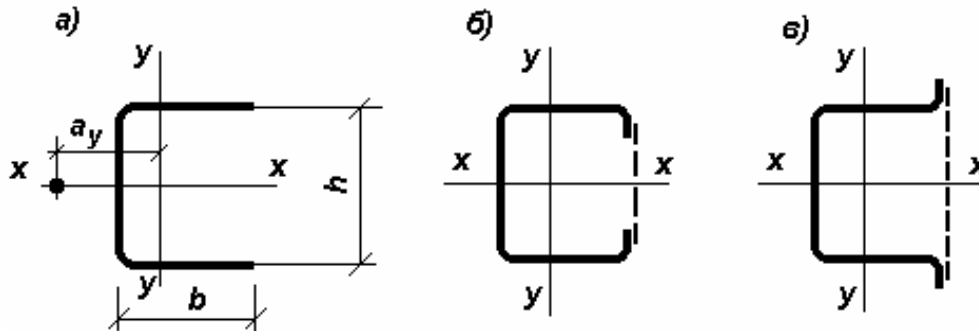


Рисунок 1.4.1. Схема відкритого (а) і укріплених планками чи ґратками (б, в) перерізів

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. При необхідності слід враховувати вплив моментів у вузлах, наприклад, від розцентрування елементів ґратки.

У наскрізних стрижнях з ґратками гнучкість окремих гілок між вузлами, як правило, повина бути на більш як 80 і не повинна перевищувати приведену гнучкість λ_{ef} стрижня в цілому.

Допускається приймати вищі значення гнучкості гілок ($\lambda_b > 80$; $\lambda_e > \lambda_{ef}$), але не більш як 120, за умови, що розрахунок таких стрижнів виконано згідно з вимогами 1.4.2.5.

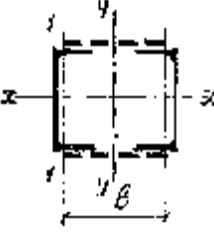
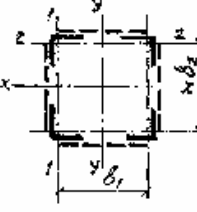
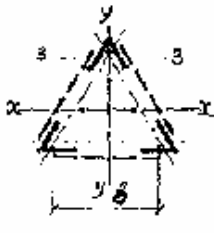
1.4.2.5 Розрахунок наскрізних стрижнів з ґратками на стійкість в цілому з урахуванням вказаних у 1.4.2.2 і 1.4.2.4 умов слід виконувати згідно з 1.4.1.3, приймаючи у формулах $R_y = R_{yd}$, де $R_{yd} = R_y \varphi_1$.

При цьому коефіцієнт стійкості φ_1 , слід при $\bar{\lambda}_b \leq 2,7$ приймати таким, що дорівнює 1,0, а при $\bar{\lambda}_b \geq 3,2$ визначати при розрахунковому опорі R_y і розрахунковій довжині $I_{ef} = 0,7l_b$ (де l_b – довжина гілки; на рис.1.4.2, а довжина гілки $2l_b$).

В інтервалі гнучкостей $2,7 < \bar{\lambda}_b < 3,2$ для φ_1 допускається лінійна інтерполяція між 1,0 і значенням φ_1 при $\bar{\lambda}_b = 3,2$.

1.4.2.6 Розрахунок складених елементів з кутиків, швелерів тощо, з'єднаних щільно чи через прокладки, слід виконувати, як суцільностінчастих за умов, що ділянки між зварними швами чи центрами крайніх болтів не перевищують для стиснутих елементів $40i$ та для розтягнутих $80i$. При цьому радіус інерції перерізу i кутика чи швелера слід приймати для таврових або двотаврових перерізів відносно осі, паралельної до площини розміщення прокладок, а для хрестових перерізів – мінімальний. При цьому в межах довжини стиснутого елемента слід передбачати не менш як два проміжні зв'язки (прокладки).

Таблиця 1.4.2. Приведені гнучкості стрижнів наскрізного перерізу

тип	схема перерізу	приведена гнучкість λ_{ef} стрижня наскрізного перерізу	
		з планками	з ґратками
1		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0,82(1+n)\lambda_{b1}^2}$ $n = \frac{I_{b1}b}{I_s l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.8)</p>	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \frac{A}{A_{d1}}}$ $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.11)</p>
2		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0,82[(1+n_1)\lambda_{b1}^2 + (1+n_2)\lambda_{b2}^2]}$ $n_1 = \frac{I_{b1}b_1}{I_{s1}l_b}; n_2 = \frac{I_{b2}b_2}{I_{s2}l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.9)</p>	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + (\alpha_1 + \alpha_2) \frac{A_{d1}}{A_{d2}} \frac{A}{A_{d1}}}$ $\alpha_1 = 10 \frac{d_1^3}{b_1^2 l_b}; \alpha_2 = 10 \frac{d_2^3}{b_2^2 l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.12)</p>
3		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0,82(1+3n_3)\lambda_{b3}^2}$ $n_3 = \frac{I_{b3}b}{I_s l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.10)</p>	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0,67\alpha \frac{A}{A_{d3}}}$ $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$ <p style="text-align: right;">(1.4.13)</p>

Позначення, прийняті в табл.1.4.2:

λ_y – гнучкість наскрізного стрижня у площині, перпендикулярній до осі Y–Y;

λ_{max} – найбільша з гнучкостей наскрізного стрижня у площинах, перпендикулярних до осей X–X або Y–Y, що дорівнює відповідно l_x / i_x або l_y / i_y (де i_x, i_y – радіус інерції перерізу наскрізного стрижня в цілому);

$\lambda_{b1}, \lambda_{b2}, \lambda_{b3}$ – гнучкість окремих гілок при згині у площинах, перпендикулярних до осей відповідно 1–1, 2–2 і 3–3 на ділянках між зварними швами або крайніми болтами, що прикріплюють планки;

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

A – площа перерізу всього стрижня;

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

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 перерізів типів 2);

I_s – момент інерції перерізу однієї планки відносно власної осі X–X (рис. 1.4.2; 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 перерізів типу 2).

Примітка.

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

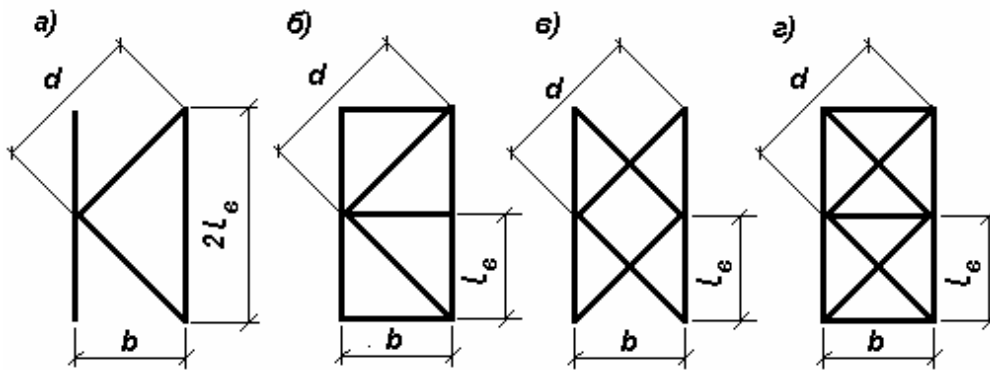


Рисунок 1.4.2. Схеми розкiсних граток наскрiзних стрижнiв:
a – трикутна; *б* – трикутна з розпiрками; *в* – хрестова; *г* – хрестова з розпiрками

1.4.2.7 Розрахунок з'єднувальних планок i елементiв граток стиснутих стрижнiв наскрiзного перерiзу слiд виконувати на умовну поперечну силу Q_{fic} , яка приймається постiйною по всiй довжинi стрижня i 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 – поздовжнє зусилля у складеному стрижнi;

φ – коефiцiєнт стiйкостi при центральному стиску, що приймається при розрахунку наскрiзного стрижня у площинi планок чи граток.

Умовну поперечну силу Q_{fic} слiд приймати:

– при наявностi тiльки з'єднувальних планок (граток) – розподiленою порiвну мiж планками (гратками), що лежать у площинах, перпендикулярних до осi, вiдносно якої виконується перевiрка стiйкостi;

– за наявностi суцiльного листа i з'єднувальних планок (граток) – розподiленою порiвну мiж листом i планками (гратками), що лежать у площинах, паралельних до листа;

– при розрахунку рiвностороннiх тригранних наскрiзних стрижнiв – такою, що дорiвнює $0,8Q_{fic}$ для кожної системи з'єднувальних планок (граток), розмiщеної в однiй гранi.

1.4.2.8 Розрахунок з'єднувальних планок та iхнiх прикрiплень (рис. 1.4.3) слiд виконувати, як розрахунок елементiв безрозкiсних ферм на сумiсну дiю сили F_s , що зрiзує планку, i моменту M_s , що згинає планку в її площинi, значення яких слiд 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 планку однiєї гранi.

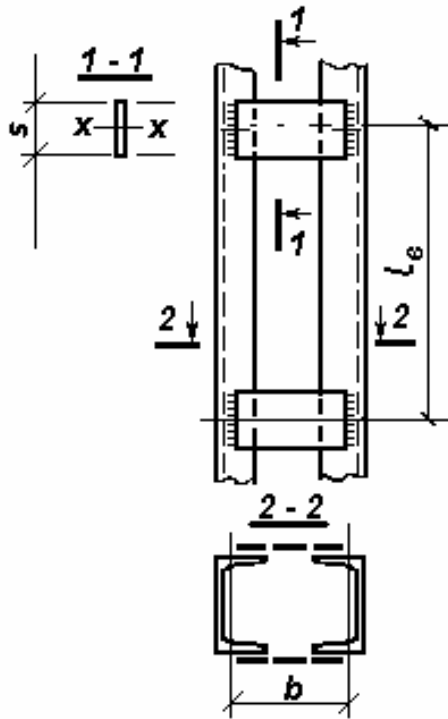


Рисунок 1.4.3. Наскрізний стрижень

1.4.2.9 Розрахунок елементів з'єднувальних ґраток складених стрижнів слід виконувати, як розрахунок елементів ґраток плоских ферм; для ґраток за рис. 1.4.3 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 для ґратки за рис. 1.4.2, а, б і 0,5 – за рис. 1.4.2, в, г;

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

При розрахунку розкосів хрестової ґратки з розпірками (рис. 1.4.2, г) 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 розмірами b, d, l_b , вказаними на рис. 1.4.2;

N_b – зусилля в одній гілці стрижня;

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

1.4.2.10 Розрахунок стрижнів, призначених для зменшення розрахункової довжини стиснутих елементів, слід виконувати на фактично діючу силу, але не меншу, ніж зусилля, що дорівнює умовній поперечній силі в основному стиснутому елементі, яка визначається 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 кранів слід виконувати на умовну поперечну силу, що визначається за формулою (1.4.14), де значення N приймається таким, що дорівнює сумі поздовжніх сил у двох колонах, з'єднаних розпіркою.

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

1.4.3.1 При перевірці стійкості стінок за розрахункову висоту h_{ef} слід приймати (рис.1.4.4):

- повну висоту стінки – у зварних елементах;
- відстань між найближчими до осі елемента краями поясних кутків – в елементах з фрикційними поясними з'єднаннями;
- відстань між початками внутрішніх скруглень – у прокатних профілях;
- відстань між внутрішніми краями закруглень – у гнутих профілях.

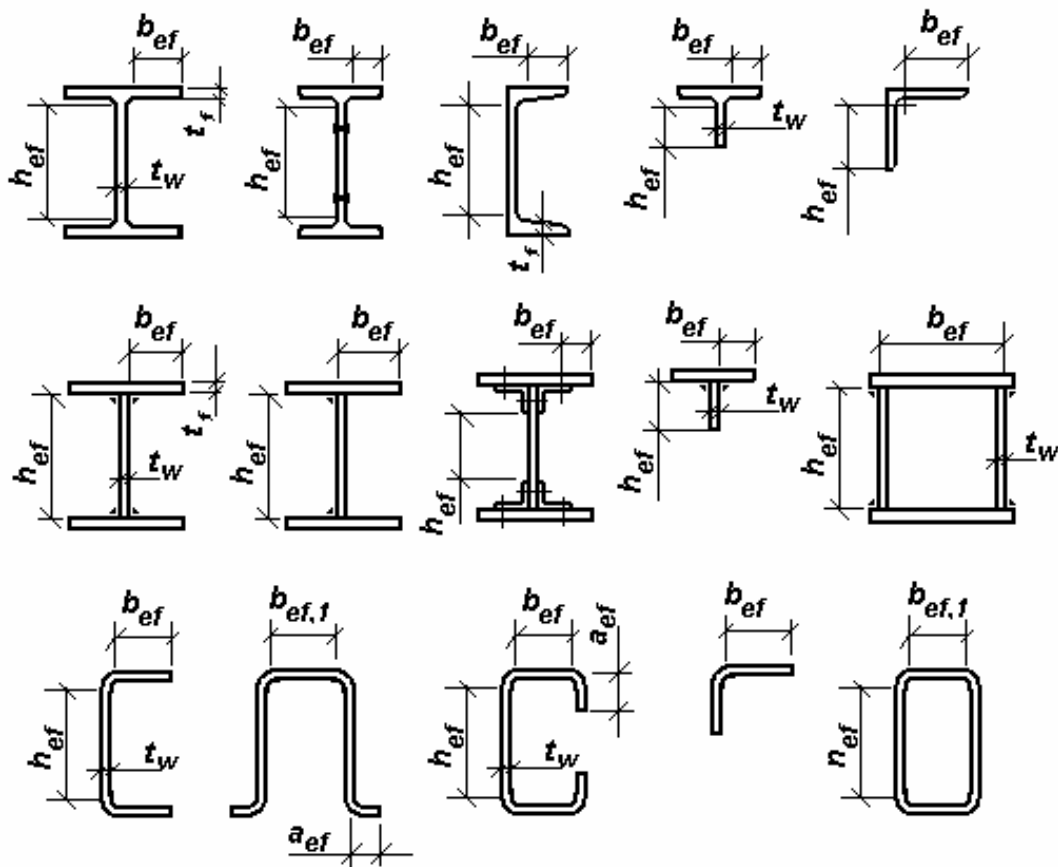


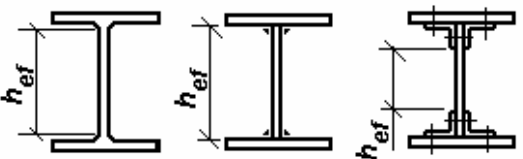
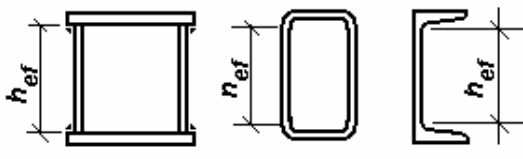
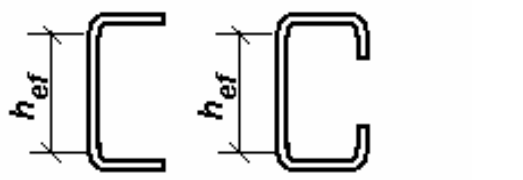
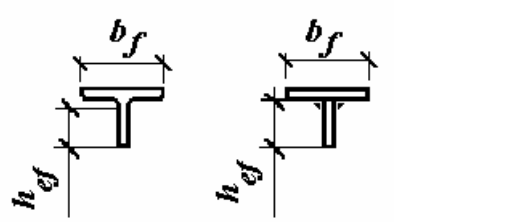
Рисунок 1.4.4. Розрахункові розміри стінок, звисів полиць, поясних листів

1.4.3.2 Стійкість стінок центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу слід вважати

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

$\bar{\lambda}_{wv}$, що визначаються за формулами табл. 1.4.3.

Таблиця 1.4.3 Формули для визначення граничної умовної гнучкості

Переріз	Умовна гнучкість елемента	Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
	$\bar{\lambda} \leq 2$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2$ (1.4.19)
	$\bar{\lambda} > 2$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35\bar{\lambda} \leq 2,5$ (1.4.20)
	$\bar{\lambda} \leq 1$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,2$ (1.4.21)
	$\bar{\lambda} > 1$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0 + 0,2\bar{\lambda} \leq 1,6$ (1.4.22)
	$\bar{\lambda} \leq 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0$ (1.4.23)
	$\bar{\lambda} > 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 0,85 + 0,19\bar{\lambda} \leq 1,6$ (1.4.24)
	$0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$	$\bar{\lambda}_{uw} = (0,40 + 0,07\bar{\lambda})(1 - 0,25\sqrt{2 - b_f / h_{ef}})$ (1.4.25)
<p>Позначення, прийняті в табл.1.4.3:</p> <p>$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість елемента, що приймається в розрахунку на стійкість при центральному стиску.</p> <p>Примітки:</p> <p>1. У коробчастому перерізі значення $\bar{\lambda}_{uw}$ визначається для пластинок, розміщених паралельно до площин, у якій перевіряється стійкість елемента в цілому.</p> <p>2. В тавровому перерізу повинна виконуватись умова $\frac{Q_x}{A_w R_s \gamma_c} \leq 1$; при $\bar{\lambda} < 0,8$ чи $\bar{\lambda} > 4$ у формулі (1.4.25) слід приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ чи $\bar{\lambda} = 4$.</p> <p>Знак "\leq" означає, що якщо значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислене за формулою, перевищує число у правій частині нерівності, то це число слід прийняти таким, що дорівнює правій частині. Момент інерції такого ребра, обчислюємый відносно осі, яка співпадає з найближчою до ребра гранею стінки, повинен бути не меншим, ніж для парного симетричного ребра.</p>		

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

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

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

Стінки допускається укріплювати односторонніми поперечними ребрами жорсткості з одиничних кутків, приварених до стінки пером.

1.4.3.4 У центрально-стиснутих елементах двотаврового перерізу з розрахунковою висотою стінки h_{ef} у випадку її укріплення парним поздовжнім ребром жорсткості, що розміщене посередині і має момент інерції перерізу I_{rl} , при $\frac{I_{rl}}{h_{ef}t_w^3} \leq 6$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$, встановлене у 1.4.4.2 слід помножити на коефіцієнт

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

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

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

Поздовжні ребра жорсткості слід включати в розрахункові перерізи елементів.

Мінімальні розміри виступаючої частини поздовжніх ребер жорсткості слід приймати, як для поперечних ребер згідно з вимогами 1.4.4.3.

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

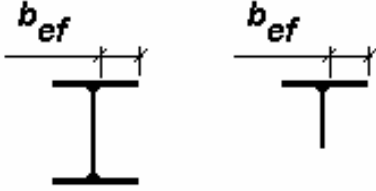
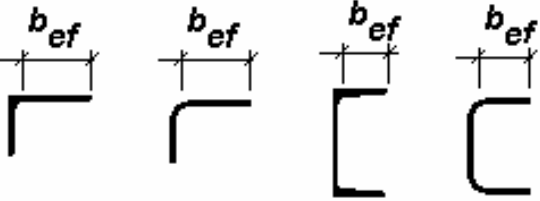
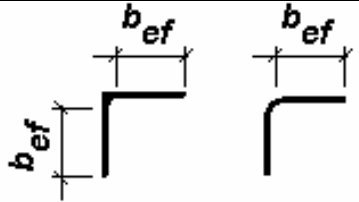
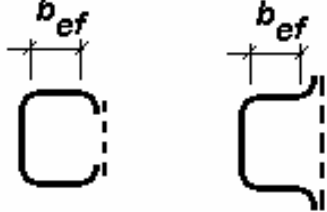
1.4.3.6 При перевірці поясних листів за розрахункову ширину звису b_{ef} слід приймати відстань (рис. 1.4.4):

- від грані стінки до краю поясного листа (полиці) – у зварних елементах;
- від осі крайнього болта у поясі до краю поясного листа – в елементах з фрикційними поясними з'єднаннями;
- від початку внутрішнього закруглення до краю полиці – у прокатних профілях;
- від краю викружки до краю полиці – у гнутих профілях.

1.4.3.7 Стійкість поясів (полиць) 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 перевищують відповідно значень $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначаються 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) слід приймати за табл. 1.4.3, як для стінок коробчастого перерізу.

Таблиця 1.4.4 Граничні умовні гнучкості звисів

Переріз	Гранична умовна гнучкість звису пояса (полиці) $\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda} \quad (1.4.27)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,43 + 0,08\bar{\lambda} \quad (1.4.28)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,40 + 0,07\bar{\lambda} \quad (1.4.29)$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,85 + 0,19\bar{\lambda} \quad (1.4.30)$
<p>Позначення, прийняті в табл.1.4.4: $\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість елемента, що приймається в розрахунку на стійкість при центральному стиску. Примітки: 1. При значення $\bar{\lambda} < 0,8$ чи $\bar{\lambda} > 4$ в формулах табл. 1.4.4 слід приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ і $\bar{\lambda} = 4$. 2. Для звисів поясів (полиць), обрамлених ребрами чи відгинами (рис.1.4.4), значення $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначаються за формулами (1.4.27) і (1.4.28), слід помножити на коефіцієнт 1,5, а за формулою (1.4.29) – на 1,6.</p>	

1.4.3.9 Висота обрамного ребра звису пояса (полиці) a_{ef} (рис.1.4.4), вимірювана від його осі, повинна бути не менш як $0,3 b_{ef}$ у елементах, не підсилених планками, і $0,2 b_{ef}$ – у елементах, підсилених планками (табл. 1.4.4); при цьому товщина ребра повинна бути не менш як $2a_{ef} \sqrt{R_y / E}$.

1.5 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині

1.5.1 Класифікація згинаємих елементів

Залежно від призначення, умов експлуатації і техніко-економічного обґрунтування розрахунок згинних елементів (балок) слід виконувати без урахування чи з урахуванням пластичних деформацій згідно з поділом перерізів елементів на три класи за 1.1.3.6. Приймається, що балка має клас, що дорівнює класу використовуваного перерізу.

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 для статичних навантажень і розраховувати з урахуванням розвитку пластичних деформацій.

Бісталеві балки рекомендується відносити до 2-го класу і розраховувати з урахуванням обмежених пластичних деформацій у стінці, значення яких повинні визначатися досягненням розрахункового опору R_{yf} у поясах, виконаних із більш міцної сталі.

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 згинаємих елементів суцільного перерізу

1.5.2.1 Розрахунок на міцність балок з перерізами 1-го і 2-го класів слід виконувати за формулами: при дії моменту в одній з головних площин

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

при дії в перерізі поперечної сили

$$\frac{QS}{I_t R_s \gamma_c} \leq 1 \quad (1.5.2)$$

при дії моменту у двох головних площинах

$$\frac{M_x}{I_{xn} R_y \gamma_c} \cdot y \pm \frac{M_y}{I_{yn} R_y \gamma_c} x \leq 1 \quad (1.5.3)$$

де x і y – відстані від головних осей інерції до розглядуваної точки перерізу; при одночасній дії у стінці балки моменту і поперечної сили

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

де $\sigma_x = \frac{M_y y}{I_{xn}}$ – нормальне напруження у серединній площині стінки, паралельне до поздовжньої осі

балки;

σ_y – те саме, перпендикулярне до поздовжньої осі балки, у тому σ_{loc} , що визначається за формулою (1.5.7);

$\tau = \frac{QS}{I_t}$ – дотичне напруження у стінці.

Напруження σ_x і σ_y , приймаються у формулі (1.5.4) зі своїми знаками; τ_{xy} слід визначити в одній і тій самій точці стінки балки.

У разі ослаблення 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 ребрами жорсткості, при дії місцевого напруження σ_{loc} у місцях прикладання навантаження до пояса, а також у опорних перерізах балки слід виконувати за формулою

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

де

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

Для випадку за рис.1.5.1, в, з :

F – зосередження навантаження;

l_{ef} – умовна довжина розподілу навантаження, що визначається за формулами:

для випадку за рис.1.5.1,а,б

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

для випадку за рис.1.5.1, в, з

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

де h – розмір, що дорівнює сумі товщини верхнього пояса і катета поясного шва, якщо нижня балка зварна (рис.1.5.1,а), або відстані від зовнішньої грані полиці до початку внутрішнього закруглення стінки, якщо нижня балка прокатна (рис.1.5.1,б);

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

I_{1f} – сума власних моментів інерції перерізів пояса балки і кранової рейки або момент інерції перерізу, що складається з пояса і рейки у разі приварки рейки швами, що забезпечують сумісну роботу пояса і рейки. Для балок з фрикційними поясними з'єднаннями до складу пояса слід включати поясні листи і кутики, а значення l_{ef} і σ_{loc} визначати біля країв вертикальних полиць кутиків.

1.5.2.3 Розрахунок на міцність розрізних балок 2-го і 3-го класів двотаврового і коробчатого перерізу (рис.1.5.2) із сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$ при дотичних напруженнях $\tau_x = Q_x / A_w \leq 0,9R_s$ (крім 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 напруженнях $\tau_y = Q_y / (2A_f) \leq 0,5R_s$ (крім опорних перерізів)

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

Тут M_x, M_y – згинальні моменти, взяті за абсолютною величиною;

c_x, c_y – коефіцієнт, що 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 згідно з указаним додатком;

β – коефіцієнт, який приймаються таким, що дорівнює:

при $\tau_x \leq 0,5R_s$ $\beta = 1$

при $0,5R_s < \tau_x \leq 0,9R_s$

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

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

За наявності зони чистого згину у формулах (1.5.10) і (1.5.11) замість коефіцієнтів C_x і C_y слід приймати відповідно:

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

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

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

У разі ослаблення 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 балок 2-го і 3-го класів слід виконувати згідно з вимогами розрахунку балок 1-го класу.

Призначення значень коефіцієнтів c_x і c_y в інтервалі між 1,0 та їхніми значеннями згідно з табл. Н1 додатку Н має на меті встановлення мінімальних перерізів складених згинаємих елементів.

1.5.2.4 Розрахунок на міцність розрізних балок змінного перерізу слід виконувати, як для балок 1-го чи 2-го класу.

1.5.2.5 Розрахунок на міцність нерозрізних балок сталого двотаврового і коробчатого перерізів з двома вісями симетрії, що згинаються у площині найбільшої жорсткості, з суміжними прольотами, що відрізняються не більш як на 20%, при виконанні вимог 1.5.4.6, 1.5.4.14, 1.5.4.15 і 1.5.4.20, як правило слід виконувати за формулою (1.5.10), як для перерізів 2-го класу з урахуванням часткового перерозподілу опорних і прогонних моментів.

Розрахункове значення моменту слід 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 опертими 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* означає, що слід знайти максимум всього наступного за ним виразу;

M_1 – згинальний момент у крайньому прогоні, обчислений як у вільно опертій однопрогонній балці;

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

l – довжина крайнього прогону;

M_2 – максимальний згинальний момент у проміжному прогоні, обчислений, як у вільно опертій однопрогонній балці;

б) в однопрогонних і нерозрізних балках з защемленими кінцями $M_{ef} = 0,5M_3$, де M_3 – найбільший з моментів, обчислений, як у балках з шарнірами на опорах;

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

Значення τ_x у формулі (1.5.10) слід обчислювати у перерізі, де діє M_{max} ; якщо M_{max} – момент у прогоні, то слід перевіряти опорний переріз балки.

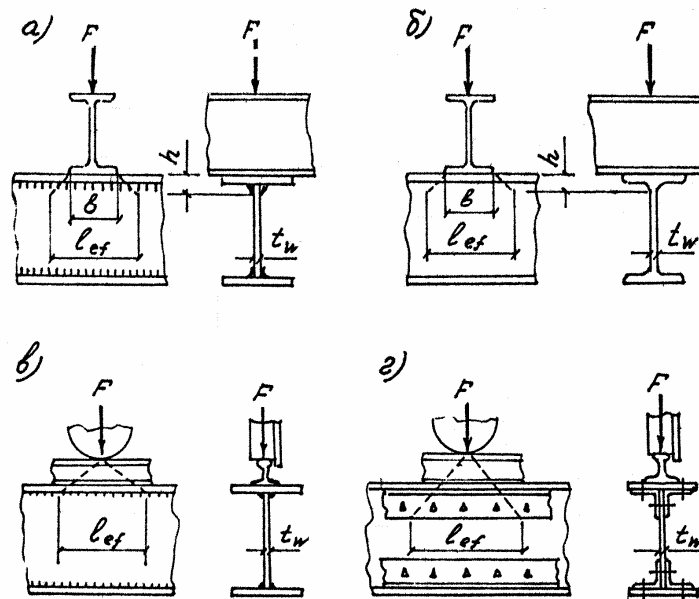


Рисунок 1.5.1. Схема розподілу зосередженого навантаження на стінку балки:

a – зварної; *b* – прокатної; *c* – зварної або прокатної від колеса крана;

d – з фрикційними з'єднаннями від колеса крана

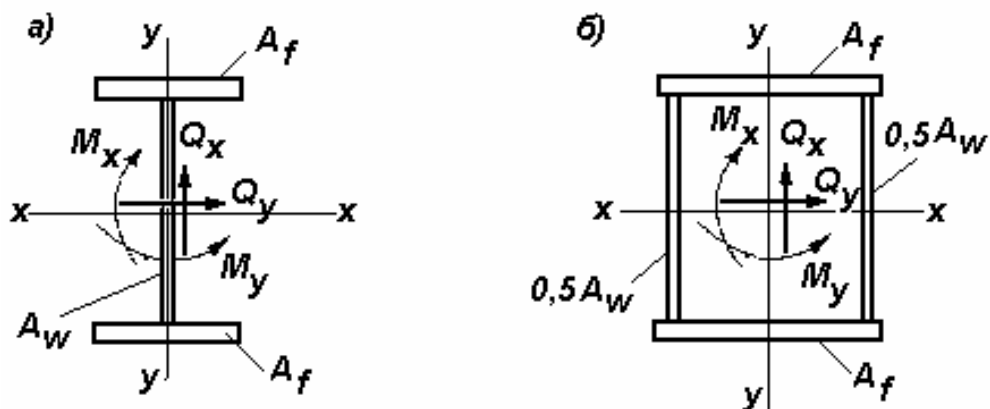


Рисунок 1.5.2. Схема двотаврового (а) і коробчатого (б) перерізів і діючі зусилля

1.5.2.6 Розрахунок на міцність нерозрізних і защемлених балок, що задовольняють вимоги 1.5.2.5, у випадку згину в двох головних площинах слід виконувати за формулою (1.5.11) з урахуванням часткового перерозподілу опорних і прогонних моментів двох головних площин згідно з вимогами 1.5.2.5.

1.5.2.7 Розрахунок на міцність нерозрізних і защемлених балок, що задовольняють вимоги 1.5.2.5, 1.5.4.6, 1.5.4.14, 1.5.4.15 і 1.5.4.20, допускається виконувати за формулою (1.5.10) як перерізів 3-го класу з урахуванням повного перерозподілу згинальних моментів і утворення пластичних шарнірів, а також впливу дотичних напружень τ_v , за формулою (1.5.10) у перерізах з максимальним згинальним моментом.

1.5.2.8 Розрахунок на міцність бісталевих розрізних балок двотаврового і коробчатого перерізів з двома осями симетрії при дотичних напруженнях $\tau_x \leq 0,9R_s$, $\tau_y \leq 0,5R_s$ (крім опорних перерізів) слід виконувати як розрахунок перерізів 2-го класу за формулами: при згині в одній площині

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

при згині у двох головних площинах

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

У формулах (1.5.18) і (1.5.19) позначено:

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

де $\alpha_f = A_f / A_w$, $r = R_{yf} / R_{yw}$; β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

при $\tau_x \leq 0,5R_s$ $\beta_r = 1$;

при $0,5R_s < \tau < 0,9R_s$

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

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

M_x, M_y – абсолютні значення згинальних моментів.

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

У зонах пружних деформацій перевірку бісталевих балок 2-го класу слід виконувати згідно з вимогами розрахунку балок 1-го класу.

При визначенні прогину бісталевих балок момент інерції поперечного перерізу бруто балки слід помножити 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 згідно з вимогами 1.5.2 на дію вертикальних і горизонтальних навантажень.

Для балок двотаврового перерізу без гальмових конструкцій згинальний момент M_y у горизонтальній площині повинен бути повністю сприйнятий верхнім поясом балки.

При розрахунку за формулою (1.5.3) таких балок для кранів груп режимів роботи 1К–5К за ГОСТ 25546 при $\alpha_f \leq 1$ допускається помножувати значення I_{xn} і I_{yn} на коефіцієнти відповідно 1,05 і 1,15.

1.5.3.2 Розрахунок на міцність стінок балок кранових колій (за винятком балок, що розраховуються на втому) для кранів груп режимів роботи 7К у цехах металургійних виробництв і 8К за ГОСТ 25546 слід виконувати за формулою (1.5.4); при розрахунку перерізів 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 для кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К із 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 0,87 для розрахунку розрізних балок і перерізів у прольоті нерозрізних балок і 0,77 для розрахунку перерізів на опорах нерозрізних балок;

$$\sigma_x = \frac{M_x y}{I_{xn}}; \quad \sigma_{loc,x} = 0,25 \sigma_{loc,y}; \quad \sigma_{loc,y} = \frac{\gamma_f \gamma_{f1} F}{l_{ef} t_w}; \quad \sigma_{fy} = \frac{2M_t t_w}{I_{2f}};$$

$$\tau_{xy} = \frac{QS}{It_w}; \quad \tau_{loc,xy} = 0,3\sigma_{loc,y}; \quad \tau_{f,xy} = 0,25\sigma_{fy} \quad (1.5.26)$$

У формулах (1.5.26) позначено:

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

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

l_{ef} – умовна довжина розподілу навантаження, що визначається згідно з вимогами 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 – ексцентриситет, що дорівнює 15 мм;

Q_t – горизонтальне навантаження, що спрямоване поперек кранової колії і викликається перекосами мостових кранових і непаралельністю кранових колій (бічна сила);

h_r – висота кранової рейки;

t_f – сумарна товщина поясних листів;

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

$I_{2f} = I_t + 0,33 \sum b_i t_i^3$ – сума моментів інерції при крученні відповідно рейки і пояса (b_i і t_i – відповідно ширина і товщина листових елементів, що утворюють верхній пояс, у тому числі полиць і поясних кутиків);

Усі напруження у формулах (1.22) – (1.26) слід приймати із знаком “плюс” при обчисленні σ_x і τ_{xy} слід враховувати вимоги 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 не діють одночасно і спрямовані подовж і поперек осі балки.

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

M_y – згинальний момент у горизонтальній площині, що повністю сприймається верхнім поясом балки;

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

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

Розрахунок на міцність стінок бісталевих балок кранових колій слід виконувати згідно з вимогами 1.5.3.2.

1.5.4 Розрахунок на стійкість згинаємих елементів суцільного перерізу

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

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

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

при згині у двох головних площинах

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

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;

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 поперечних зміщень (вузлами поздовжніх чи поперечних зв'язків, точками кріплення жорсткого настилу), а за відсутності зв'язків $l_{ef} = l$ (де l – прогін балки). За розрахункову довжину консолі слід приймати: $l_{ef} = l$ – за відсутності закріплення стиснутого пояса консолі у горизонтальній площині (тут l – довжина консолі) і відстань між точками закріплення стиснутого пояса у горизонтальній площині при закріпленні пояса на кінці і по довжині консолі.

1.5.4.3 Розрахунок на стійкість балок кранових колій двотаврового перерізу слід виконувати за формулою (1.5.29), у якій слід 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 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 (плити залізобетонні з важкого, легкого та ніздрюватого бетону тощо), що неперервно спирається на стиснутий пояс балки і надійно з ним зв'язаний з 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 її

значень $\bar{\lambda}_{ub}$, які визначаються за формулами табл. 1.5.1 для балок симетричного двотаврового перерізу і з більш розвинутим стиснутим поясом, що розраховуються за формулою (1.5.2) і мають відношення ширини розтягнутого пояса до ширини стиснутого пояса не менш як 0,75.

За наявності у стиснутому поясі балки ребер, що облямлени, допускається збільшення значення $\bar{\lambda}_{ub}$, одержаних за табл. 1.5.1 для балки із стиснутим поясом без ребер, множенням на коефіцієнт $\mu = i_{yr} / i_y > 1$, де i_{yr} і i_y – відповідно радіуси інерції відносно осі Y-Y перерізів стиснутих поясів з ребрами (A_{fr}) і без них (A_f) з прилеглими ділянками стінок загальною площею відповідно $A_r = A_{fr} + 0,25 A_w$ і $A = A_f + 0,25 A_w$.

1.5.4.5 Прикріплення до стиснутого пояса балки жорсткого настилу, поздовжніх чи поперечних зв'язків, які повинні забезпечувати стійкість згинного елемента, треба розраховувати на фактичну чи умовну поперечну силу; при цьому умовну поперечну силу слід визначати:

при закріпленні балки в окремих точках за формулою (1.4.14), у якій слід визначати за кривою стійкості φ при гнучкості $\lambda = l_{ef} / i_y$ (де i_y – радіус інерції відносно осі Y-Y перерізу стиснутого пояса з прилеглою ділянкою стінки загальною площиною $A = A_f + 0,25 A_w$, 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 – площа перерізу відповідно стиснутого пояса і стінки;

R_{yf} і R_{yw} – розрахункові опори сталі відповідно стиснутого пояса і стінки;

при неперервному закріпленні – за формулою

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

де q_{fic} – умовна поперечна сила на одиницю довжини пояса балки;

Q_{fic} – умовна поперечна сила, що визначається за формулою (1.4.14), при цьому слід приймати $\varphi = 1$, а N – визначити за формулою (1.5.33).

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	$\bar{\lambda}_{ub} = 0,35 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + (0,92 - 0,02 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h_0}$ (1.5.31)
незалежно від рівня прикладення навантаження при розрахунку ділянки балки між зв'язками чи при чистому згині	$\bar{\lambda}_{ub} = 0,41 + 0,0032 \frac{b_f}{t_f} + (0,73 - 0,02 \frac{b_f}{t_f}) \frac{b_f}{h_0}$ (1.5.32)
Позначення, прийняті в табл.1.5.1: b_f і t_f – відповідно ширина і товщина стиснутого пояса; h_0 – відстань (висота) між вісями поясних листів. Примітки: 1. Значення $\bar{\lambda}_{ub}$ слід визначити при $1 \leq \frac{h}{b} \leq 6$ і $15 \leq \frac{b}{t} \leq 35$; для балок з відношенням $b/t < 15$ у формулах табл. 1.5.1 слід приймати $b/t = 15$. 2. Для балок з фрикційними поясними з'єднаннями значення $\bar{\lambda}_{ub}$ слід множити на 1,2. 3. Значення $\bar{\lambda}_{ub}$ допускається збільшити множенням на коефіцієнт $\sqrt{R_{yf} / \sigma}$ (тут $\sigma = M / (W_c \gamma_c)$).	

1.5.4.6 Стійкість балок з перерізами 2-го і 3-го класів слід вважати забезпеченою при виконанні вимог 1.5.4.4,а або 1.5.4.4,б;

Значення $\bar{\lambda}_{ub}$, що визначається за формулами табл. 1.5.1, помножуються на коефіцієнт

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

де C_{1x} – коефіцієнт, що 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 $1 < C_{1x} \leq c_x$ (перевірка виконується при обох значеннях C_{1x}).

Тут позначено:

M_x – згинальний момент у перерізі;

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

c_x – коефіцієнт, що приймається згідно з обов'язковим додатком Н.

При цьому допускається приймати значення умовної граничної гнучкості пояса балки:

$\delta \bar{\lambda}_{ub}$ – на ділянці довжини балки, де враховуються пластичні деформації;

$\bar{\lambda}_{ub}$ – на ділянках довжини балки з напруженням в перерізах $\sigma = M / W_{n,min} \leq R_y \gamma_c$.

Врахування пластичних деформацій при розрахунку балок зі стиснутим поясом, менше розвинутим, ніж розтягнутий, допускається лише при виконанні вимог 1.5.4.4,а.

1.5.5 Перевірка стійкості стінок і поясних листів згинаємих елементів суцільного перерізу

1.5.5.1 Стійкість стінок балок 1-го класу слід вважати забезпеченою, якщо виконані вимоги 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 – при дії місцевого напруження у балках з двосторонніми поясними швами.

При цьому слід установлювати поперечні (і опорні) ребра жорсткості згідно з вимогами 1.5.5.9, 1.5.5.11 і 1.5.5.12.

1.5.5.2 Перевірку стійкості стінок балок 1-го класу слід виконувати з урахуванням найбільшого стискаючого напруження σ біля розрахункової межі стінки, що приймається зі знаком “плюс”, середнього дотичного напруження τ і місцевого напруження в стінці σ_{loc} під зосередженим навантаженням.

Напруження σ і τ слід обчислювати за формулами:

$$\sigma = \frac{My}{I_x} \quad (1.5.37)$$

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

де M і Q – середні значення відповідно згинаючого моменту і поперечної сили у межах відсіку; якщо довжина відсіку a більша, ніж його розрахункова висота h_{ef} , то значення M і Q слід обчислювати, як середні для більш напруженої ділянки з довжиною, що дорівнює h_{ef} ; якщо у межах відсіку момент чи поперечна сила міняють знак, то їхні середні значення слід обчислювати на ділянці відсіку з одним знаком зусилля M чи Q ; тут a – відстань між осями поперечних ребер жорсткості;

h_{ef} – розрахункова висота стінки, що приймається згідно з вимогами 1.4.3.1;

h_w – повна висота стінки.

Місцеве напруження σ_{loc} ($\sigma_{loc,y}$) у стінці під зосередженим навантаженням слід визначити згідно з 1.5.2.2 і 1.5.3.3.

У відсіках балки, де зосереджене навантаженням прикладене до розтягнутого пояса, одночасно слід враховувати тільки σ і τ або σ_{loc} і τ .

1.5.5.3 Стійкості стінок балок 1-го класу симетричного перерізу, укріплених тільки поперечними

ребрами жорсткості, при умовній гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w \leq 6\sqrt{R_y / \sigma}$ слід вважати забезпеченою, якщо виконана умова

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

У формулі (63) позначено:

$\sigma, \sigma_{loc}, \tau$ – напруження, що визначається згідно з 1.5.5.2;

σ_{cr} – критичне 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 1.5.5.4 - 1.5.5.6;

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

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

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

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

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

де μ – відношення більшої сторони відсіку стінки до меншої;

$\bar{\lambda}_d = \frac{d}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$, тут d – менша із сторін відсіку стінки (h_{ef} або a).

1.5.5.4 Для балок за 1.5.5.3 при $\sigma_{loc} = 0$ коефіцієнт c_{cr} у формулі (74) слід визначати за табл. 1.5.2 залежно від виду поясних з'єднань і значення коефіцієнта δ , обчисленого за формулою

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

де β – коефіцієнт, що приймається за табл. 1.5.3;

b_f, t_f – ширина і товщина стиснутого пояса балки.

Таблиця 1.5.2 Коефіцієнти c_{cr} за відсутності локального тиску

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
фрикційні	35,1						

Таблиця 1.5.3 Коефіцієнти β

Балки	Умови роботи стиснутого пояса	β
кранових колій	кранові рейки не приварені	2,0
	кранові рейки приварені	∞
інші	при неперервному опиранні плит	∞
	в інших випадках	0,8
Примітка.		
Для відсіків балок кранових колій, де зосереджене навантаження прикладене до розтягнутого пояса, слід приймати $\beta = 0,8$.		

1.5.5.5 Для балок за 1.5.5.3 при $\sigma_{loc} \neq 0$ (рис.1.5.3) перевірку стінки за формулою (1.5.39) слід виконувати залежно від значення a / h_{ef} :

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

Якщо зосереджене навантаження прикладене до розтягнутого пояса, то при перевірці стінки з урахуванням тільки σ_{loc} і τ (рис.1.5.3,б) при визначенні коефіцієнта δ за формулою (1.5.43) значення b_f і t_f слід приймати для розтягнутого пояса;

б) при відношенні перевірку за формулою (1.5.39) слід виконувати двічі:

при значенні σ_{cr} , обчисленому за формулою (74) з урахуванням вимог 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 треба прийняти $a_1 = 0,5a$ при $0,8 \leq a / h_{ef} \leq 1,33$ і $a_1 = 0,67 h_{ef}$ при $a / h_{ef} > 1,33$;

при значенні σ_{cr} і $\sigma_{loc,cr}$, обчислених для фактичного відношення a / h_{ef} (якщо $a / h_{ef} > 2$, в розрахунок слід приймати $a / h_{ef} = 2$); при цьому коефіцієнт C_{cr} у формулі (1.5.40) слід визначити за табл. 1.5.4.

Значення $\sigma_{loc,cr}$ слід визначити 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 $\rho = 1,04 l_{ef} / h_{ef}$ (тут величину l_{ef} слід визначити згідно з вимогами 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 фрикційними поясними з'єднаннями слід приймати $\delta = 10$.

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

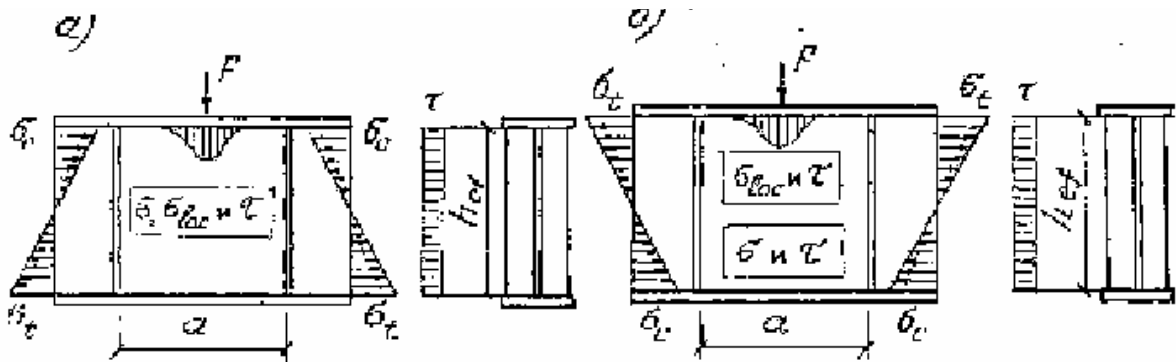


Рисунок 1.5.3. Схема ділянки балки, укріпленої поперечними ребрами жорсткості:
а – при прикладенні зосередженого навантаження до стиснутого пояса; б – те ж саме до розтягнутого пояса

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

– при визначенні значень 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 $a / (2h_c) > 0,8$ і $\sigma_{loc} \neq 0$ слід виконувати дві перевірки, вказані у 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 τ_{cr} і $\sigma_{loc,cr}$ слід визначати за фактичними розмірами відсіку стінки.

Таблиця 1.5.4 Коефіцієнти c_{cr} за наявності локального тиску

Значення 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 Коефіцієнти c_1

ρ	Значення c_1 при 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	1,1,3	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 Коефіцієнти c_2

δ	Значення c_2 при 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

1.5.5.7 Стійкість стінок балок 1-го класу асиметричного двотаврового перерізу (з більш розвинутим розтягнутим поясом), укріплених тільки поперечними ребрами жорсткості, при одночасній дії напружень σ і τ та відсутності напружень σ_{loc} слід вважати забезпеченою, якщо виконана умова

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

де

$$\alpha = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} ; \quad \beta = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_1} \cdot \frac{\tau}{\tau_{cr}} ; \quad \sigma_{cr} = \frac{c_{cr} R_y}{\lambda_w^2} .$$

Тут σ_1 і σ_2 – стискаюче і розтягуюче напруження біля розрахункових меж стінки, що приймаються зі знаком “плюс” або “мінус” і визначається за формулою (1.5.37);

τ і τ_{cr} – 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 величини α

Таблиця 1.5.7 Коефіцієнти 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 Стійкість стінок балок 2-го і 3-го класів двоякосиметричного двотаврового і коробчатого перерізів із однієї сталі та бісталевих за відсутності місцевого напруження ($\sigma_{loc} = 0$) слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$ не перевищує відповідних значень $\bar{\lambda}_{wv}$, що визначаються за табл.1.5.8.

У табл.1.5.8 середнє дотичне напруження τ слід приймати таким, що дорівнює $\tau = Q / A_w$, а значення $\bar{\varepsilon}$ визначити за формулами:

– для балок з однієї сталі

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

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

$\bar{\varepsilon}$ – відносна деформація в поясі 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:

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

Тут β_r і c_{rx} – коефіцієнти, що визначаються згідно з 1.5.2.8.

Таблиця 1.5.8 Граничні значення $\bar{\lambda}_{wv}$

$\frac{\tau}{R_s}$	Граничне значення $\bar{\lambda}_{wv}$ 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 поперечними ребрами жорсткості:

у балках 1-го класу, якщо значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w$ перевищує 3,2 за відсутності рухомого навантаження на поясі балки, або 2,2 – за наявності такого навантаження;

у балках 2-го і 3-го класів – при будь яких значення умовної гнучкості на ділянках довжини балки, де враховуються пластичні деформації, а на решті ділянок довжини, – як у балках 1-го класу.

Поперечні ребра жорсткості, як правило, слід встановлювати у місцях прикладення великих нерухомих зосереджених навантажень і на опорах 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 стійкість балки і стінки забезпечена виконанням вимог 1.5.4.4,а або 1.5.4.4,в, якщо $\bar{\lambda}_{ub}$ не перевищує значень, що визначаються за формулою (1.5.30) і за 8.23–8.27.

У стінці укріпленій тільки поперечними ребрами, ширина їхньої виступаючої частини b_r повинна бути для парного ребра не менш як $h_w/30 + 25$ мм, для одностороннього – не менш як $h_w/24+40$ мм; товщина ребра t_r повинна бути не менш як $2b_r \sqrt{R_y / E}$.

У разі укріплення стінки односторонніми поперечними ребрами жорсткості з поодиноких кутиків, які приварюються до стінки пером, момент інерції такого ребра, який обчислюється відносно осі, що співпадає з найближчою до ребра гранню стінки, повинен бути не меншим, ніж для парного ребра.

1.5.5.10 Поперечне ребро жорсткості, розміщене у місці прикладання зосередженого навантаження до верхнього пояса, слід перевіряти розрахунком на стійкість: двостороннє ребро – як центрально стиснуту стінку, 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 включити переріз ребра жорсткості і смуги стінки шириною $0,65t_w \sqrt{E / R_y}$ з кожної сторони ребра, а розрахункову довжину приймати такою, що дорівнює висоті стінки h_{ef} .

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

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

1.5.5.13 Ділянку стінки балки над опорою слід розраховувати на стійкість, як центрально стиснуту стійку з розрахунковою висотою, що дорівнює розрахунковій висоті стінки балки h_{ef} , навантаженою опорною реакцією.

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

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

Товщина опорного ребра жорсткості t_r повинна бути не менш як $3b_r \sqrt{R_y / E}$, 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 обстругані або щільно пригнані чи приварені до нижнього пояса балки. Напруження в цих перерізах при дії опорної реакції не повинне перевищувати розрахункового опору прокатної сталі: у першому випадку (рис.1.5.4,а) – змінанню R_p при $a \leq 1,5t$ і стиску R_y при $a > 1,5t$; у другому випадку (рис.1.5.4,б) – змінанню R_p .

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

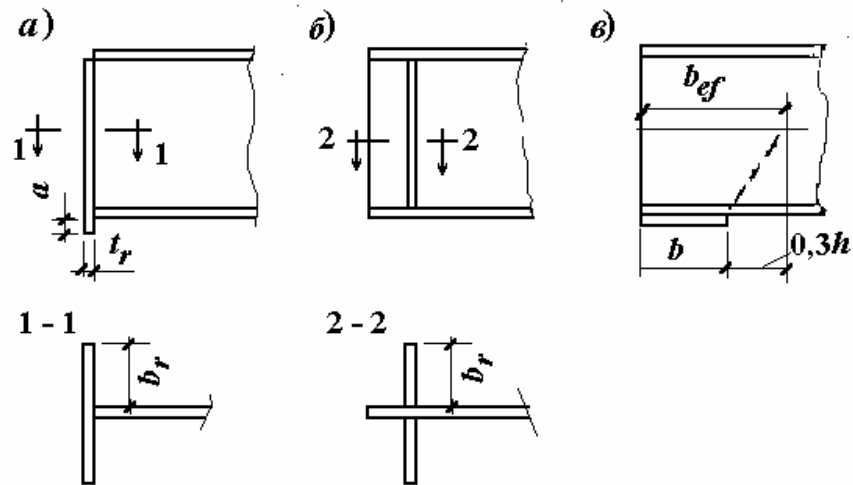


Рисунок 1.5.4. Схема опорної ділянки балки: *a* – з опорним ребром жорсткості в торці; *b* – з опорним ребром жорсткості, віддаленим від кінця; *c* – без опорного ребра жорсткості

1.5.5.14 Стійкість стиснутих поясів слід вважати забезпеченою, якщо умовна гнучкість звису пояса $\bar{\lambda}_f = (b_{ef} / t_f) \sqrt{R_{yf} / E}$ або поясного листа $\bar{\lambda}_{f1} = (b_f / t_f) \sqrt{R_y / E}$ балок 1-го класу, а також бісталевих балок 2-го класу при виконанні вимог 1.4.3.1, 1.5.2.1 і 1.5.2.8 не перевищує граничних значень $\bar{\lambda}_{uf} (\bar{\lambda}_{uf,1})$, що визначаються за формулами:

– для необлямованого звису двотаврового перерізу

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

– для поясного листа коробчатого перерізу

$$\bar{\lambda}_{uf,1} = 1,5 \sqrt{R_{yf} / \sigma_c} \quad (1.5.49)$$

Тут σ_c – напруження в стиснутому поясі, що визначається за формулами для перерізу з однорідної сталі

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

– для бісталевого перерізу

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

де W_{xnc} – момент опору стиснутого пояса;

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

1.5.5.15 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 пп. 1.4.3.1, 1.5.2.3 і 1.5.5.8 не перевищує граничних значень $\bar{\lambda}_{uf} (\bar{\lambda}_{uf,1})$, що визначаються при $2,2 \leq \bar{\lambda}_{uw} \leq 5,5$ за формулами:

для необлямованого звису двотаврового перерізу

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

для поясного листа коробчатого перерізу

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

1.5.5.16 У разі облямування звису ребром (рис.1.5.1) що має розмір $a_{ef} \geq 0,3 b_{ef}$ і товщину $t > 2a_{ef} \sqrt{R_{yf} / E}$, значення $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначаються за формулами (1.5.49) і (1.5.51), допускається збільшувати в 1,5 рази.

1.6 Розрахунок опорних плит

1.6.1 Площа сталеві опірної плити повинна задовольняти умови розрахунку на міцність фундаменту. Передача розрахункового зусилля на опорну плиту може здійснюватись через фрезерований торець конструкції, що спирається або через зварні шви.

1.6.2 Товщину опорної плити слід визначати розрахунком на згин пластини за формулою

$$t = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{R_y \gamma_c}} \quad (1.6.1)$$

де γ_c – коефіцієнт умовної 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.

1.7 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при дії поздовжньої сили зі згином

1.7.1 Розрахунок на міцність

1.7.1.1 Розрахунок на міцність позacentровано стиснутих (стиснуто-згинних) і позacentровано розтягнутих (розтягнуто-згинних) елементів із сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440 \text{ Н/мм}^2$, що не піддаються безпосередній дії динамічних навантажень, при напруженнях $\tau < 0,5R_s$ і $\sigma = N/A_n > 0,1R_y$, слід виконувати за формулою

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (1.7.1)$$

де N , M_x і M_y – абсолютні значення відповідно поздовжньої сили і згинальних моментів при найбільш несприятливому їх сполученні;

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

Якщо $\sigma = N/A_n \leq 0,1 R_y$, формулу (1.7.1) слід застосовувати у разі виконання вимог 1.5.5.8 і 1.5.5.14.

Розрахунок на міцність елементів у випадках не передбачених розрахунком за формулою (1.7.1), слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \pm \frac{M_x}{I_{xn} R_y \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} R_y \gamma_c} x \leq 1 \quad , \quad (1.7.2)$$

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

1.7.1.2 Розрахунок на міцність позacentровано стиснутих елементів за формулою (1.7.1) виконувати не потрібно при значенні приведенного ексцентриситету $m_{ef} \leq 20$, відсутності ослаблення перерізу і однакових значеннях згинальних моментів, що приймаються в розрахунок на міцність і стійкість.

1.7.1.3 Позацентрово стиснуті елементи із сталі нормативним опором $R_{ym} > 440 \text{ Н/мм}^2$, що мають несиметричні перерізи відносно осі, перпендикулярної до площини згину X-X чи Y-Y (наприклад, перерізи типу 8, 10,а, 12,а і 13 за табл. К.2 додатка К), слід перевіряти на міцність розтягнутого волокна у площині дії моменту за формулою

$$\left| \frac{N \cdot \gamma_{m1}}{A_n R_u \gamma_c} - \frac{M \gamma_{m1}}{\delta W_m R_u \gamma_c} \right| \leq 1, \quad (1.7.3)$$

де W_m – момент опору перерізу, обчислений для розтягнутого волокна;
 δ – коефіцієнт, що визначається за формулою

$$\delta = 1 - 0,1 \frac{N \cdot \bar{\lambda}^2}{AR_y} \quad (1.7.4)$$

1.7.2 Розрахунок на стійкість елементів суцільного перерізу

1.7.2.1 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів при дії моменту в одній з головних площин слід виконувати як у цій площині (плоска форма втрати стійкості) згідно з пп. 1.7.2.2 і 1.7.2.3, так і з цієї площини (згинно-крутильна форма втрати стійкості) згідно з пп. 1.7.2.6 – 1.7.2.8.

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

$$\frac{N}{\varphi_e AR_y \gamma_c} \leq 1 \quad (1.7.5)$$

У формулі (1.7.5) коефіцієнт стійкості при стисканні зі згином φ_e слід визначати за табл. К.3 додатка К залежно від умовної гнучкості $\bar{\lambda}$ і приведенного відносного ексцентриситету m_{ef} , що визначається за формулою

$$m_{ef} = \eta m, \quad (1.7.6)$$

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

$m = \frac{eA}{W_c}$ – відносний ексцентриситет (тут $e = M/N$ – ексцентриситет, при обчисленні якого значення

M і N слід приймати згідно з вимогами п. 1.7.2.3; W_c – момент опору перерізу, обчислений для найбільш стиснутого волокна).

При значеннях $m_{ef} > 20$ розрахунок слід виконувати, як для згинних елементів.

1.7.2.3 Розрахункові значення повздовжньої сили N і згинального моменту M в елементі слід приймати для одного і того самого сполучення навантажень з розрахунку системи за недеформованою схемою у припущені пружних деформацій сталі.

При цьому значення M слід приймати таким, що дорівнюють:

– для колони постійного перерізу рамної системи найбільшому моменту у межах довжини колони;

– для ступінчатої колони – найбільшому моменту на довжині ділянки постійного перерізу;

– для колони, защемленої у фундаменті і з вільним іншим кінцем, – моментів на закріпленому (зацімленому) кінці, але не менш як моменту у перерізі, віддаленому на третину довжини колони від закріплення (зацімлення);

– для стиснутих поясів ферм і структурних плит, що сприймають позавузлове поперечне навантаження, – найбільшому моменту у межах середньої третини довжини панелі пояса, який визначається з розрахунку пояса як пружної нерозрізної балки;

– для стиснутого стрижня з шарнірно опертими кінцями і перерізом, що має площину симетрії, що збігається з площиною згину, — моментів, що визначається за формулами табл. 1.7.1 залежно від

відносного ексцентриситету $m_{\max} = \frac{M_{\max} A}{N \cdot W_c}$ і приймаємому не меншим як $0,5 M_{\max}$.

1.7.2.4 Розрахунок на стійкість позacentрово стиснутих суцільностінчастих стрижнів постійного перерізу (крім коробчатого) із площини дії моменту при згинанні їх у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$), що збігається з площиною симетрії, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{c\varphi_y AR_y \gamma_c} \leq 1 \quad (1.7.7)$$

де c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами п. 1.7.2.5;

φ_y – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що визначається згідно з вимогами 1.4.1.3.

1.7.2.5 Коефіцієнт c у формулі (1.7.1.5) слід визначати:

– при значеннях $m_x \leq 5$ за формулою

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \nu m_x} \leq 1 \quad , \quad (1.7.8)$$

де α , β і ν – коефіцієнти, що визначаються, за табл. 1.7.1.2;

– при значеннях $m_x \geq 10$ за формулою

$$c = \frac{1}{1 + m_x \varphi_y / \varphi_b} \quad , \quad (1.7.9)$$

де φ_b – коефіцієнт стійкості при згині, що визначаються згідно з вимогами 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

$$c = c_5(2 - 0,2m_x) + c_{10}(0,2m_x - 1) \quad , \quad (1.7.10)$$

де слід визначити: c_5 за формулою (1.7.5) при $m_x = 5$; c_{10} – за формулою (1.7.6) при $m_x = 10$.

Тут $m_x = \frac{M_x}{N} \cdot \frac{A}{W_c}$ – відносний ексцентриситет, при обчисленні якого значення M_x слід приймати

згідно з вимогами п. 1.7.2.6.

При гнучкості $\bar{\lambda}_y > 3,14$ коефіцієнт c не повинен перевищувати значень c_{\max} , що визначається згідно з додатком Л; у випадку $c > c_{\max}$ у формулах (1.7.5) і (1.7.10) замість c слід приймати c_{\max} .

1.7.2.6 При визначенні відносного ексцентриситету m_x у формулах (1.7.6) – (1.7.8) за розрахунковий момент M_x слід приймати:

– для стрижнів з кінцями, закріпленими від зміщення перпендикулярно до площини дії моменту, – максимальний момент у межах середньої третини довжини (але не менше половини найбільшого по довжині стрижня моменту);

– для стрижнів з одним защемленим, а іншим вільним кінцем – момент у защемленні (але не менший від моменту в перерізі, віддаленому на третину довжини стрижня від защемлення).

1.7.2.7 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів двотаврового перерізу неперервно прикріплених вдовж однієї з полиць слід виконувати згідно з додатком П.

1.7.2.8 Позацентрово стиснуті елементи постійного перерізу, що згинаються у площині найменшої жорсткості ($I_y < I_x$ і $e_y \neq 0$) слід розраховувати за формулою (1.7.3), а при гнучкості $\lambda_x > \lambda_y$ додатково перевіряти розрахунком на стійкість із площини дії моменту, як центрально-стиснуті елементи за формулою:

$$\frac{N}{\varphi_x AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.7.11)$$

де φ_x – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що визначається згідно з вимогами п. 1.4.1.3. При $\lambda_x \leq \lambda_y$ не потрібно перевіряти стійкість із площини дії моменту.

Таблиця 1.7.1 Значення розрахункового моменту

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

Позначення, прийняті в табл.18:
 M_{max} – найбільший згинальний момент у межах довжини стрижня;
 M_1 – найбільший згинальний момент у межах середньої третини довжини стрижня; що приймається не меншим як $0,5 M_{max}$;
 M_2 – згинальний момент, який приймається таким, що не дорівнює M при $m_{max} \leq 3$ і $\bar{\lambda} < 4$ але не меншим як $0,5 M_{max}$;
Примітки:
 1. У формулах табл. 1.7.1 значення m_{max} і $\bar{\lambda}$ слід визначати згідно з площиною згину, що збігається з площиною симетрії X-X або Y-Y.
 2. Для стиснутих стрижнів двоякосиметричного суцільного перерізу з шарнірно опертими кінцями, на яких діють згинальні моменти, значення m_{ef} необхідне для визначення φ_e , слід приймати згідно з табл. К.5 додатка К.

1.7.2.9 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих стрижнів постійного перерізу (крім коробчатого), при стиску і згину у двох головних площинах, при збігу площини найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$) з площиною симетрії, а також при перерізі типу 3 (табл. 1.7.2) слід виконувати за формулою:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \sqrt[4]{c} AR_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.7.12)$$

де φ_{ey} – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами 1.7.2.2, приймаючи при цьому $m = m_y$ і $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_y$;
 c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами 1.7.2.5.

При обчисленні значення $m_{ef,y} = \eta m_y$ для стрижнів двотаврового перерізу з неоднаковими полицями коефіцієнт η слід визначати, як для перерізу типу 11 за табл. К.2 додатка К.

Крім розрахунку за формулою (1.7.10) слід виконувати розрахунки за формулами (1.7.3) і (1.7.5), приймаючи $e_y = 0$, а також за формулою (1.7.1) при $M_x \neq 0$ і $M_y \neq 0$.

Значення відносних ексцентриситетів слід обчислювати за формулою:

$$m_x = e_x \frac{A}{W_{xc}} \text{ и } m_y = e_y \frac{A}{W_{yc}}, \quad (1.7.13)$$

де W_{xc} W_{yc} – моменти опору перерізів відносно осей відповідно X-X і Y-Y для найбільш стиснутого волокна.

Якщо площа найбільшої жорсткості перерізу стрижня ($I_x > I_y$) не збігається з площиною симетрії, то розрахункове значення m_x слід збільшити на 25% (крім перерізу 3 за табл. 1.7.2).

Таблиця 1.7.2 Коефіцієнти α , β і ν

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

Позначення, прийняті в табл. 1.7.2:
 I_1 і I_2 – момент інерції відповідно більшої і меншої полиць відносно осі симетрії перерізу Y-Y;
 φ_c – значення φ , при $\bar{\lambda}_y = 3,14$.

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

1.7.2.10 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих стрижнів постійного за довжиною коробчатого перерізу (рис. 1.5.3,б), при стиску зі згином у двох головних площинах слід виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} AR_y \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \delta_x W_{x,\min} R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (1.7.14)$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} AR_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \delta_y W_{y,\min} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1.7.15)$$

де φ_{ex} , φ_{ey} – коефіцієнти стійкості при стиску зі згином, що визначається згідно з додатком К;
 c_x , c_y – коефіцієнти, що приймаються згідно з додатком Н;
 δ_x , δ_y – коефіцієнти, що визначається за формулами:

$$\delta_x = 1 - \frac{0,1N\bar{\lambda}_x^2}{AR_y} \quad \text{і} \quad \delta_y = 1 - \frac{0,1N\bar{\lambda}_y^2}{AR_y}, \quad (1.7.16)$$

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

Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих стрижнів коробчатого перерізу при згині їх у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$; $M_y = 0$) слід виконувати за формулами 1.7.13 і 1.7.14, приймаючи замість φ_{ey} у формулі 1.7.13 φ_y .

При одноосному згині у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y$; $M_y = 0$) замість φ_{ey} слід приймати φ_y .

1.7.3 Розрахунок на стійкість елементів наскрізного перерізу

1.7.3.1 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих стрижнів наскрізного перерізу зі з'єднувальними планками або ґратками слід виконувати як для стрижня в цілому, так і для окремих гілок.

1.7.3.2 При розрахунку стрижня в цілому відносно вільної осі за формулою (1.7.3), коли планки і ґратки розміщені в площинах, паралельних до площин дії моменту, коефіцієнт φ_e слід визначати за табл. К.4 додатка К залежно від умов приведеної гнучкості $\bar{\lambda}_{ef}$ (λ_{ef} за табл. 1.5.2) і відносного ексцентриситету m , що визначається за формулою

$$m = e \frac{Aa}{I}, \quad (1.7.17)$$

де $e = M/N$ – ексцентриситет, при обчисленні якого значення M і N слід приймати згідно з вимогами 1.7.2.3;

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

I – момент інерції перерізу наскрізного стрижня відносно вільної осі.

При значеннях $m > 20$ розрахунок слід виконувати, як для згинних елементів.

1.7.3.3 При розрахунку окремих гілок наскрізних стрижнів з ґратками за формулою (1.4.3) поздовжню силу в кожній гілці слід визначати з урахуванням додаткового зусилля N_{ad} від моменту M , яке повинно бути визначене за формулами:

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

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

$N_{ad} = 1,16 M_x/b$ – при згині стрижня у площині, перпендикулярній до осі X-X, для перерізів типу 3;

$N_{ad} = 0,5 M_x/b_2$ – те саме, для перерізів типу 2.

Тут b , b_1 , b_2 – відстані між осями гілок (табл. 1.5.2).

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

$$N_{ad} = 0,5 \left(\frac{M_y}{b_1} + \frac{M_x}{b_2} \right) \quad (1.7.18)$$

1.7.3.4 При розрахунку окремих гілок наскрізних стрижнів з планками у формулі (1.7.3) необхідно врахувати додаткове зусилля N_{ad} від моменту M і місцевий згин гілок від фактичної чи умовної поперечної сили (як у поясах безрозкісної ферми).

1.7.3.5 Для рівностороннього тригранного наскрізного стрижня з ґратками, постійного по довжині перерізу, відносний ексцентриситет слід обчислювати за формулами:

– при згині у площині, перпендикулярній до однієї з граней

$$m = 3.46 \beta M / (N b); \quad (1.7.19-a)$$

– при згині у площині, паралельній до однієї з граней

$$m = 3 \beta M / (N b); \quad (1.7.19-b)$$

де b – відстань між осями поясів у площині грані;

β – коефіцієнт, що дорівнює 1,2 при болтових з'єднаннях і 1,0 при зварних з'єднаннях.

1.7.3.6 Розрахунок на стійкість наскрізних стрижнів з двох суцільностінчастих гілок, симетричних відносно осі X-X (рис. 1.7.1), з ґратками у двох паралельних площинах, що піддаються стиску і згину в обох головних площинах, слід виконувати:

– для стрижня в цілому – у площині, паралельній до площин ґраток, згідно з вимогами 1.7.3.3, приймаючи $e_x = 0$;

– для окремих гілок – як позацентрово стиснутих елементів за формулами (1.7.3) і (1.7.5); при цьому поздовжню силу у кожній гільці слід визначати з урахуванням додаткового зусилля від моменту M_y (див. 1.7.3.3), а момент M_x розподілити між гілками пропорційно їхнім жорсткостям I_{xb} (рис. 1.7.1); якщо момент M_x діє в площині однієї з гілок, то слід вважати його таким, що повністю передається на цю гілку. При розрахунку за формулою (1.7.5) – гнучкість окремої гілки слід визначити за максимальною відстанню між вузлами ґратки.

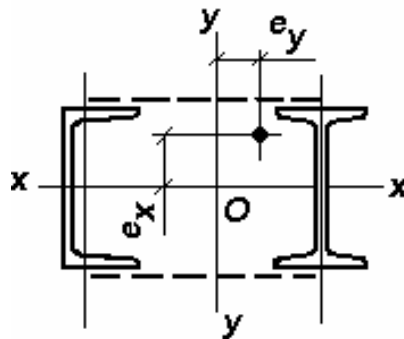


Рисунок 1.7.1. Схема наскрізного перерізу стрижня з двох суцільностінчастих гілок

1.7.3.7 Розрахунок з'єднувальних планок або ґраток наскрізних позацентрово стиснутих стрижнів слід виконувати згідно з вимогами 1.4.2.8 і 1.4.2.9 на поперечну силу, що дорівнює більшому з двох значень: фактичної поперечної сили Q чи умовної поперечної сили Q_{fic} , що обчислюється згідно з вимогами 1.4.2.7.

У випадку, коли фактична поперечна сила більша за умовну, з'єднувати планками гілки наскрізних позацентрово стиснутих елементів слід, як правило, ґратками.

1.7.4 Перевірка стійкості стінок і поясів

1.7.4.1 Розрахункові розміри перевіряємих на стійкість стінок і поясних листів (полиць) слід приймати згідно з вимогами 1.4.2.8 і 1.4.3.6.

1.7.4.2 Стійкість стінок позацентрово 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 $\bar{\lambda}_{uw}$, що визначаються за формулами табл. 1.7.3.

1.7.4.3 Стінки позацентрово стиснутих елементів суцільного перерізу (колон, стійок, опор тощо) при $\bar{\lambda}_{uw} \geq 2,3$, як правило, слід укріплювати поперечними ребрами жорсткості згідно з вимогами 1.4.3.3.

1.7.4.4 При укріпленні стінок позацентрово стиснутого елемента поздовжнім ребром жорсткості з моментом інерції $I_{rl} \geq 6h_{ef}h_w^3$, розміщеним посередині стінки, найбільш навантажену частину стінки між поясом і віссю ребра слід розглядати як самостійну пластину і перевіряти за формулами табл. 1.7.3. При цьому розрахунок і проектування ребра і елемента в цілому слід виконувати з урахуванням вимогами 1.4.3.4.

1.7.4.5 У випадках, коли не виконуються вимоги 1.7.4.2 (табл. 1.7.3), допускається:

- значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені за формулами табл. 1.7.3, крім формул (1.7.20) і (1.7.21), збільшити множенням на коефіцієнт $\sqrt{\varphi_m AR_y \gamma_c / N}$, але не більше, ніж у 1,25 раза (тут φ_m – значення φ_{ex} , φ_{ey} або φ_{yc} використане при відповідній перевірці стійкості стрижня);
- для перерізів типів 1 і 3 значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені за формулами (1.7.18), (1.7.19) і (1.7.21), збільшити множенням на коефіцієнт

$$\psi = 3 - 2N / (\varphi_{ex} AR_y \gamma_c) \quad , \quad (1.7.26)$$

і одержані при цьому значення $\psi \bar{\lambda}_{uw}$ приймати не більшими за значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені відповідно за формулами (1.7.21) і (1.7.23) при розглядуваних значеннях m_x і α ;

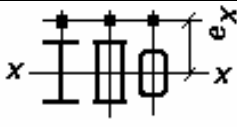
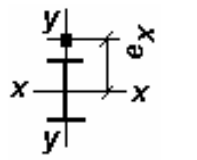
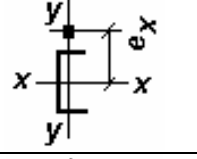
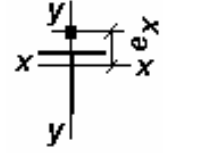
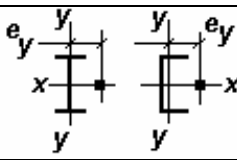
в) для перерізів типів 1 і 3, а також типів 2 і 4 при $\alpha \leq 0,5$ виконувати перевірку стійкості стрижня за формулами (1.7.3), (1.7.8), (1.7.11) (1.7.13) і (1.7.14), а також за формулою (1.7.5) при $\alpha \leq 0,5$ з урахуванням розрахункової зменшеної площі A_d згідно з додатком М.

1.7.4.6 Стійкість стиснутих поясів позацентрово 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 $\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не

перевищує відповідних значень $\bar{\lambda}_{uf}(\bar{\lambda}_{uf,1})$, що визначаються за формулами табл. 1.7.4.

Таблиця 1.7.3 Гранична умовна гнучкість стінок

тип пере-різу	схема перерізу і ексцентриситет	умови застосування формул	гранична умовна гнучкість стінки
1		$I \leq m_x \leq 10;$ для двотавра $C \varphi_y > \varphi_{ex}$	$\bar{\lambda}_x < 2$ $\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw1} = 1,3 + 0,15\bar{\lambda}_x^2$ (1.7.20)
			$\bar{\lambda}_x \geq 2$ $\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw1} = 1,2 + 0,35\bar{\lambda}_x \leq 3,1$ (1.7.21)
2		$C \varphi_y > \varphi_{ex}$ $1 \leq \alpha \leq 2$	$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw2} = 1,42 \sqrt{\frac{C_{cr} R_y \gamma_c}{\sigma_1 (2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2})}} \leq$ $\leq 0,7 + 2,4\alpha$ (1.7.22)
3		$1 \leq \alpha \leq 2$	$\bar{\lambda}_{uw} = 0,75\bar{\lambda}_{uw2} \leq 0,52 + 1,8\alpha$ (1.7.23)
4		$1 \leq \frac{b_f}{h_{ef}} \leq 2$ $0,8 \leq \bar{\lambda}_x \leq 4$	$\bar{\lambda}_{uw} = (0,4 + 0,07\bar{\lambda}_x)(1 + 0,25\sqrt{2 - \frac{b_f}{h_{ef}}})$ (1.7.24) Для перерізів типу 5 при $0,8 > \bar{\lambda}_x > 4$ у формулі (1.7.23) слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x = 0,8$ або $\bar{\lambda}_x = 4$.
5		$m_y \geq 1$	$\bar{\lambda}_{uw} = 2 / \sqrt{\varphi_{ey}} \leq 5,5$ (1.7.25)

Позначення, прийняті в табл.1.7.3:

$\bar{\lambda}_x$ – умовна гнучкість стрижня у площині дії моменту;

$\bar{\lambda}_{uw1}$ і $\bar{\lambda}_{uw2}$ граничні умовні гнучкості стінки для типів перерізів 1 і 2;

C_{cr} – коефіцієнт, що визначається за табл. 1.5.7 залежно від α ;

$\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2) / \sigma_1$ (тут σ_1 – найбільше стискувальне напруження біля розрахункової межі стінки, що приймається зі знаком “плюс” і вираховується без урахування коефіцієнтів φ_{ex} , φ_{ey} , φ_c і $\varphi_{ey} \sqrt[4]{C}$;

σ_2 – відповідне напруження біля протилежної розрахункової межі стінки із своїм знаком);

$\beta = 0,15c_{cr} \tau / \sigma_1$ (тут $\tau = Q / (t_w h_w)$ – середнє дотичне напруження в розглядаємому перерізі;

для коробчатого перерізу $\tau = Q / (2t_w h_w)$);

b_f – ширина полиці тавра.

Примітки:

1. Для перерізів типу 1 і 3 при значеннях $0 < m_x < 1$ або $10 < m_x \leq 20$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ слід визначити лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими відповідно згідно з вимогами 1.4.3.2 ($m_x = 0$) або 1.5.5.8 ($m_x = 20$) і за формулами (1.7.16), (1.7.16) і (1.7.21); при цьому значення N слід приймати таким, що дорівнює нулю, і виконувати розрахунок згідно з п. 1.5.5.8, де при $c_{ix} \leq 1$ приймати $\bar{\lambda}_{uw} = 5,5$.
2. При $\alpha \leq 0,5$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ для типів перерізів 2 і 4 слід визначити за формулами (1.7.16), (1.7.16) і (1.7.21) при значенні $m_x = \alpha / (2 - \alpha)$ з урахуванням прим.1. При $0,5 < \alpha < 1$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ слід визначити лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими при $\alpha = 0,5$ і $\alpha = 1$.
3. Для перерізів типу 5 при $0,8 > \bar{\lambda}_x > 0,4$ в формулі (1.7.12) слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x = 0,8$, або $\bar{\lambda}_x = 0,4$.
4. Для перерізів типу 6 при значеннях $0 < m_y < 1$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ слід визначити лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими відповідно згідно з вимогами 1.4.3.2 ($m_y = 0$) і за формулою (1.7.14).
4. Знак " \leq " означає, що якщо значення $\bar{\lambda}_{uw}$ обчислене за формулою перевищує число у правій частині нерівності, то це число слід приймати в якості значення $\bar{\lambda}_{uw}$.

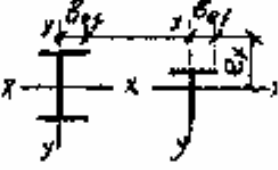
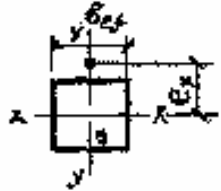
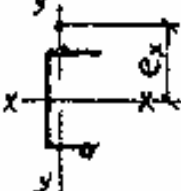
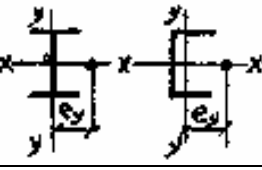
1.7.4.7 У випадках, коли не виконуються вимоги 1.7.4.6 (табл. 1.7.4) допускається:

- а) значення $\bar{\lambda}_{uf}$ і $\bar{\lambda}_{uf,1}$, обчислені за формулами табл. 7.4.1, збільшити згідно з вимогами 1.7.4.5,а;
- б) для двотаврового перерізу типу 1 і перерізу типу 2 значення $\bar{\lambda}_{uf}$ і $\bar{\lambda}_{uf,1}$, обчислені за формулами (1.7.20) і (1.7.21), збільшити множенням на коефіцієнт ψ , що визначається за формулою (1.7.26), і одержувані при цьому значення $\psi \bar{\lambda}_{uf}$ і $\psi \bar{\lambda}_{uf,1}$, приймати не більшими за значення відповідно 0,8 і 2,0; для перерізів типу 4 значення $\bar{\lambda}_{uf}$, обчислені за формулою (1.7.28), збільшити множенням на коефіцієнт

$$\psi_1 = 2 - N / (\varphi_{ey} AR_y \gamma_c) \quad , \quad (1.7.27)$$

і одержані при цьому значення $\psi \bar{\lambda}_{uf}$ приймати не більшими як 0,9.

Таблиця 1.7.4 Гранична умовна гнучкість звису пояса чи поясного листа

тип пере- різу	схема перерізу і ексцентриситет	умова застосування формул	гранична умовна гнучкість звису пояса $\bar{\lambda}_{uf}$ чи поясного листа $\bar{\lambda}_{uf}$ при гнучкості стрижня $0,8 \leq \bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) \leq 4$
1		$0 \leq m_x \leq 10$	$\bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(1,5 - 0,7\bar{\lambda}_x)m_x$ (1.7.28)
2			$\bar{\lambda}_{uf,1} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01(5,3 + 1,3\bar{\lambda}_x)m_x$ (1.7.28,a)
3		—	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda}_x$ (1.7.29)
4		—	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda}_y$ (1.7.30)
<p>Позначення, прийняті в табл.21: $\bar{\lambda}_{ufc}$ – граничне значення умовної гнучкості звису пояса чи поясного листа центрально стиснутого елемента, що визначається згідно з вимогами відповідно 1.4.3.7 або 1.4.3.8.</p> <p>Примітки:</p> <p>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. 1.7.4 і згідно з 1.5.5.14 і 1.5.5.15 ($m_x = 20$), умовно приймаючи значення N таким, що дорівнює нуля.</p> <p>2. Для звисів поясів (полиць) облямованих ребрами (рис. 1.4.4; п.1.4.3.9) значення $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначається за формулами табл. 1.7.4, слід помножити на коефіцієнт 1,5.</p> <p>3. При значеннях $0,8 > \bar{\lambda} > 4$ у формулах табл. 1.7.4 слід приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ і $\bar{\lambda} = 4$.</p>			

1.7.4.8 При стиску зі згином стрижня у двох головних площинах перевірку стійкості стінок і поясів допускається виконувати згідно з вимогами 1.7.4.2 — 1.7.4.7 окремо при згині стрижня у кожній з площин. При цьому виконувати перевірку стійкості стрижня згідно з вимогами 1.7.4.5,в не слід.

1.8 Розрахунок опорних частин

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

$$\frac{F}{1,25r l R_{lp} \gamma_c} \leq 1, \quad 1)$$

де F – тиск (сила) на опору;

r, l – відповідно радіус і довжина шарніра;

R_{lp} – розрахунковий опір місцевому зминанню при щільному дотику, що приймається за вимогами 1.3.1.

1.8.2 Розрахунок на діаметральне стиснення катків слід виконувати за формулою:

$$\frac{F}{n d l R_{cd} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.8.2)$$

де n – число катків;

d, l – відповідно діаметр і довжина катка;

R_{cd} – розрахунковий опір діаметральному стисненню при вільному дотику, що приймається за вимогами 1.3.1.

1.9 Розрахункові довжини і граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій

1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм, зв'язків і структурних конструкцій

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

1.9.1.2 Розрахункову довжину $l_{ef,1}$ елемента із площини ферми, по довжині якого діють стискувальні сили N_1 і N_2 ($N_1 > N_2$), (рис.1.9.2), слід визначити за формулою

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

При цьому розрахунок на стійкість слід виконувати на зусилля N_1 .

Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$ елементів постійного перерізу, розкріплених зв'язками на ділянках однакової довжини і навантажених різними зусиллями на цих ділянках, допускається визначити згідно з табл. С1 додатка С.

1.9.1.3 Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$ елементів перехресної ґратки, скріплених між собою (рис. 1.9.1, д), слід приймати:

– у площині ферми – такими, що дорівнюють відстані між центрами вузлів ферми і перетину елементів ($l_{ef} = l$);

– з площини ферми: для стиснутих елементів – за табл. 1.9.2; для розтягнутих елементів – такими, що дорівнюють повній геометричній довжині елемента ($l_{ef,1} = l$);

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

– при розрахунковій довжині елемента не менше як $0,85 l$ (де l – відстань між центрами найближчих вузлів) – мінімальний ($i = i_{min}$);

– у решті випадків – відносно осі кутика, перпендикулярній або паралельній площини ферми ($i = i_x$ або $i = i_y$) залежно від напрямку площини згину.

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:

– для стиснутих елементів, що сприймають позавузлове поперечне навантаження, – відносно осі, перпендикулярної або паралельної до площини згину ($i = i_x$ або $i = i_y$);

– у решті випадків – мінімальні ($i = i_{min}$).

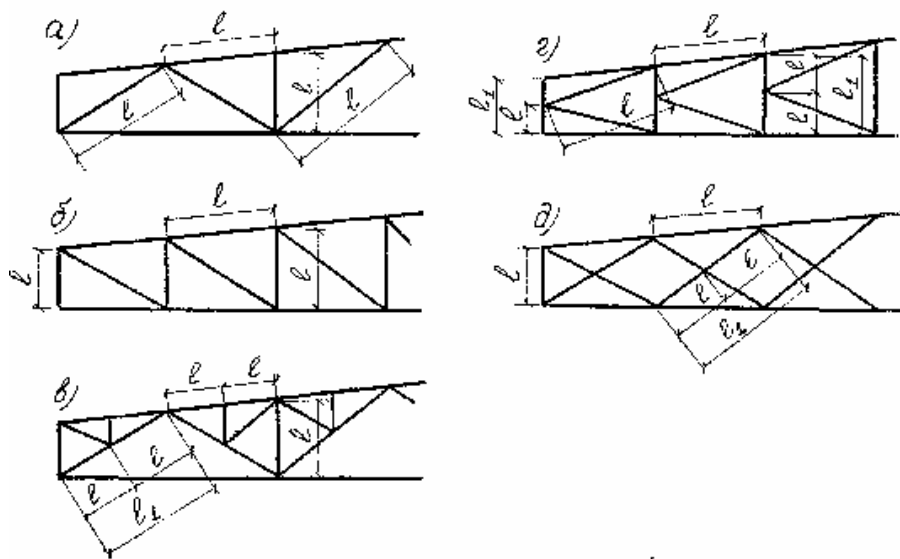


Рисунок 1.9.1. Схема ґраток ферм для визначення розрахункових довжин стиснутих елементів:

a – трикутна із стійками; *б* – розквісна; *в* – трикутна із шпренґелями;
г – напіврозквісна трикутна; *д* – перехресна

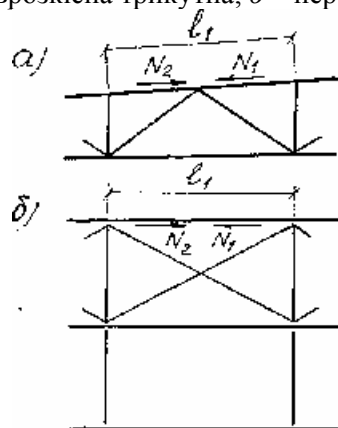


Рисунок 1.9.2. Схема для визначення розрахункових довжин пояса ферми:

a – схема ферми; *б* – схема в'язків між фермами (вид зверху)

Таблиця 1.9.1 Розрахункові довжини елементів плоских ферм і зв'язків

напрямок поздовжнього згину елемента ферми	розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,l}$		
	поясів	опорних розкосів і опорних стійок	решти елементів ґраток
1. У площині ферми l_{ef}			
а) для ферм, крім зазначених у поз. 1, б	l	l	$0,8 l$
б)) для зварних ферм 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):			
а) для ферм, крім зазначених у поз. 2,б	l_l	l_l	l_l
б) для ферм з поясами з замкнутих профілів з прикріпленням елементів ґратки до поясів впритул	l_l	l_l	$0,9 l_l$
3. У будь-якому напрямку для зварних ферм з одиничних кутиків при однакових відстанях між точками закріплення елементів у площині та із площини ферми ($l_{ef} = l_{ef,l}$)	$0,85 l$	l	$0,85 l$
Позначення, прийняті в табл.1.9.1: l – геометрична довжина елемента (відстань між центрами найближчих вузлів) у площині ферми; l_l – відстань між вузлами закріпленими від зміщення із площини 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 $l_{ef,l}$ із площини ферми при підтримуваному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва елементи не перериваються	l	$0,7l_l$	l_l
Підтримуючий елемент переривається і перекривається фасонкою: елемент, що розглядається, не переривається елемент, що розглядається, переривається і перекривається фасонкою	$0,7l_l$	l_l	$1,4l_l$
	$0,7l_l$	-	-
Позначення, прийняті в табл.1.9.2: l – відстань між центрами вузлів ферми і перетину елементів; l_l – повна геометрична довжина елемента.			

Таблиця 1.9.3 Розрахункові довжини елементів структурних конструкцій

елементи структурних конструкцій	розрахункова довжина l_{ef}
1. Крім 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	l
понад 90 до 120	$0,90 l$
понад 120 до 150 (лише для елементів ґратки)	$0,75 l$
понад 150 до 200 (лише для елементів ґратки)	$0,70 l$
б) одним болтом при l / i_{min} :	
до 90	l
понад 90 до 120	$0,95 l$
понад 120 до 150 (лише для елементів ґратки)	$0,85 l$
понад 150 до 200 (лише для елементів ґратки)	$0,80 l$
Позначення, прийняте в табл. 24: 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) з одиночних рівнополічних кутиків при визначені 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 з одиночних рівнополічних кутиків при визначені гнучкості слід приймати:

– для поясів – за табл. 1.9.4;

– для перехресних розкосів за рис.1.9.3,а, д: у площині грані – такими, що дорівнюють довжині l_d і радіусу інерції i_{min} ; з площини грані – такими, що дорівнюють повній довжині розкосу l_{dl} 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} .

1.9.2.3 Розрахункові довжини l_{ef} і радіуси інерції i елементів із труб чи парних кутиків слід приймати згідно з вимогами 1.9.1.1 — 1.9.1.3.

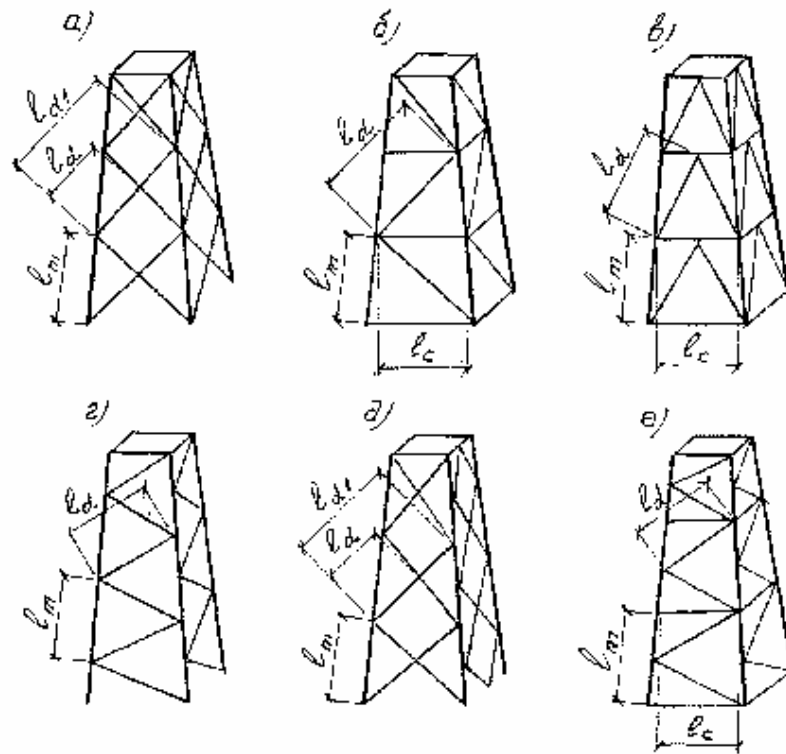


Рисунок 1.9.4. Схеми просторових ґратчастих конструкцій: а, б, в – з суміщеними в суміжних гранях вузлами; г, д – з несуміщеними в суміжних гранях вузлами; е – з частково суміщеними в суміжних гранях вузлами.

Таблиця 1.9.4 Розрахункові довжини просторових конструкцій з одиночних рівнополічних кутиків

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

Таблиця 1.9.5 Умовні довжини елементів просторових конструкцій

конструкція вузла перетину елементів гратки	умовна довжина розкошу при підтримувальному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва стрижні не перериваються Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою; розглядувальний елемент не перекривається: у конструкціях за рис. 1.9.4, а у конструкціях за рис. 1.9.4, д	l_d	$1,3 l_d$	$0,8 l_d$
	$1,3 l_d$ $(1,75-0,15n) l_d$	$1,6 l_d$ $(1,9-0,1n) l_d$	l_d l_d
Вузел перетину елементів закріпленій від зміщення з площини грані (діафрагмою тощо)	l_d	l_d	l_d
Позначення, прийняте в табл. 1.9.5 (рис. 1.9.4): $n = \frac{I_{m,\min} l_d}{I_{d,\min} l_m}$, де $I_{m,\min}$ і $I_{d,\min}$ – найменші моменти інерції перерізу відповідного пояса і розкошу. Примітка: При $n < 1$ і $n > 3$ у формулах табл. 26 слід приймати відповідно $n = 1$ і $n = 3$.			

Таблиця 1.9.6 Коефіцієнти розрахункової довжини розкошу

прикріплення розкошу до поясів	значення n	значення μ_d при l/i_{\min} , що дорівнює		
		до 60	понад 60 до 160	понад 160
зварними швами, болтами (не менш як двома), розміщеними вздовж розкоса	до 2	1,14	$0,54+36 \frac{i_{\min}}{l}$	0,765
	понад 6	1,04	$0,54+28,8 \frac{i_{\min}}{l}$	0,740
одним болтом	при будь яких значеннях	1,12	$0,64+28,8 \frac{i_{\min}}{l}$	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 μ_d при $2 \leq n \leq 6$ слід визначити за лінійною інтерполяцією; 2. При прикріпленні одного кінця розкошу до пояса без фасонки зварюванням або болтами, а другого кінця через фасонку коефіцієнт розрахункової довжини розкошу слід приймати таким, що дорівнює $0,5(1+\mu_d)$; при прикріпленні обох кінців розкосів через фасонки $\mu_d = 1,0$. 3. Кінці розкосів за рис. 1.9.4, в слід кріпити, як правило, без фасонки. У цьому випадку при їхньому прикріпленні до розпорки і пояса зварними швами або болтами (не менш як двома), розміщеними вздовж розкоса, значення коефіцієнта μ_d слід приймати при значенні n "до 2". У випадку прикріплення кінців розкоса одним болтом значення μ_d слід приймати за рядком "одним болтом", а при обчисленні значення l_{ef} згідно з табл. 1.9.4 замість μ_d слід приймати $0,5(1+\mu_d)$.				

1.9.3 Розрахункові довжини колон (стійок)

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

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

де l – довжина колони, окремої ділянки її або висота поверха;
 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 того ж самого сполучення навантажень, для якого виконується перевірка стійкості колон (стінок) згідно з вимогами розділів 4 і 7 цих норм.

Допускається визначати коефіцієнти розрахункової довжини колон постійного перерізу і окремих ділянок ступінчатих колон лише для сполучення навантажень, яке призводить до найбільшого значення повздовжніх стискуючих сил у колонах і на окремих ділянках, і одержані значення коефіцієнтів μ використовувати для інших сполучень навантажень.







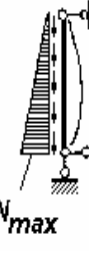
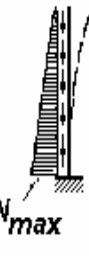
При цьому потрібно розрізняти розкріплені і нерозкріплені рами. В першому випадку вузли кріплення ригелів до колон не мають свободи переміщення у площині рами; у другому випадку такі переміщення можливі.

Рами з жорсткими кріпленнями ригелів до колон і жорстким зацімленням колон у фундаментах, такі що розкріплені у своїй площині елементі жорсткості (системою в'язів, стінками, дисками покриттів і перекриттів та іншими конструкціями) , слід вважати невідними, 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 перерізу слід визначати залежно від умов закріплення їхніх кінців і виду навантаження. Для деяких випадків закріплення кінців і виду навантаження значення μ наведено в табл. 1.9.7.

Коефіцієнти розрахункової довжини колон (стійок) сталого періоду з пружними закріпленнями кінців слід визначати за формулами, наведеними у табл. С2 додатку С.

Таблиця 1.9.7 Коефіцієнти розрахункової довжини стійок

схема закріплення колонн (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 перерізу у площині вільних і невідних рам при жорсткому кріпленні ригелів до колон і при однаковому навантаженні вузлів, розміщених в одному рівні, слід визначити за формулами табл. 1.9.8.

1.9.3.5 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон (стійок) 1-го ярусу однопрогонних і багатопрогонних рам допускається визначати згідно з табл. С.3 додатка С.

1.9.3.6 При відношенні $H/B \geq 6$ (де H – повна висота вільної багатопверхової рами, B – ширина рами) повинна бути перевірена загальна стійкість рами в цілому як складаного стрижня, зацімленого в основі і вільного вгорі.

1.9.3.7 При нерівномірному навантаженні верхніх вузлів колон у вільній одноповерховій рамі і наявності жорсткого диска покриття або поздовжніх зв'язків по верху всіх колон коефіцієнти розрахункової довжини μ_{ef} найбільш навантаженої колони у площині рами слід визначати за формулою

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

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 зусилля у найбільш навантаженої колоні розглядуваної рами;

$\sum N_i$, $\sum I_i$ – відповідно сума розрахункових зусиль і моментів інерції перерізів усіх колон розглядуваної рами і не більш, як чотирьох сусідніх рам (по дві з кожного боку), всі зусилля слід визначати при тому самому сполученні навантажень, яке викликає зусилля N_c у колоні, що перевіряється.

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

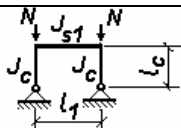
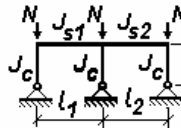
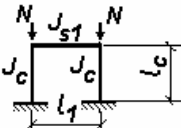
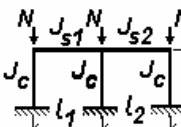
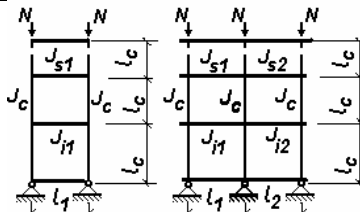
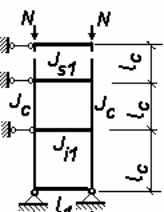
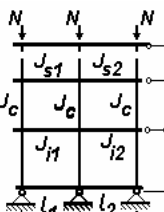
При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини μ для ступінчатих колон рам одноповерхових приміщень допускається: не враховувати вплив ступеня завантаження і жорсткості сусідніх колон; для багатопрогонних рам (з кількістю прогонів два і більше) за наявності жорсткого диска покриття чи поздовжніх зв'язків, що зв'язують зверху всі колони і забезпечують просторову роботу споруди, визначати розрахункові довжини колон, як для стійок, нерухомо закріплених на рівні ригелів.

1.9.3.9 При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини колон рамних систем згідно з 1.9.3.3 – 1.9.3.9 допускається враховувати вплив характеру деформування системи під навантаженням згідно з додатком С.

1.9.3.10 Розрахункові довжини колон у напрямку вздовж будівлі (з площини рами) рекомендується, як правило, приймати такими, що дорівнюють відстаням між закріпленими від зміщення з площини рами точками (опорами колон, підкранових балок і підстропильних ферм, вузлами кріплення зв'язків і ригелів тощо). Розрахункові довжини допускається визначати на підставі розрахункової схеми, яка враховує фактичні умови закріплення кінців колон.

1.9.3.11 Розрахункову довжину гілок плоских опор транспортерних галерей рекомендується приймати такою, що дорівнює: у поздовжньому напрямку галереї – висоті опори (від низу до вісі нижнього пояса ферми або балки), помноженій на коефіцієнт μ , що визначається, як для стійок постійног перерізу залежно від умов закріплення їхніх кінців; у поперечному напрямку (в площині опори) – відстані між центрами вузлів; при цьому повинна бути перевірена загальна стійкість опори в цілому як складаного стрижня, зацімленого в основі і вільного вгорі.

Таблиця 1.9.8 Формули для визначення коефіцієнта розрахункової довжини рам

схема рами	коефіцієнт у формулах (1.9.3) – (1.9.7)		коефіцієнт μ
	ρ	n	
Вільні рами			
 	—	$\frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}$	$\mu = 2\sqrt{1 + \frac{0,38}{n}}$ (1.9.3)
—	—	$\frac{K(n_1 + n_2)}{K + 1}$	
 	—	$\frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}$	$\mu = \sqrt{\frac{n + 0,56}{n + 0,14}}$ (1.9.4)
—	—	$\frac{K(n_1 + n_2)}{K + 1}$	
	$\frac{K(P_1 + P_2)}{K + 1}$	$\frac{2K(n_1 + n_2)}{K + 1}$	при $n \leq 0,2$ $\mu = \frac{(P + 0,68)\sqrt{n + 0,22}}{\sqrt{0,68P(P + 0,9)(n + 0,08) + 0,1}}$ (1.9.5)
—	$\frac{K(P_1 + P_2)}{K + 1}$	$\frac{K(n_1 + n_2)}{K + 1}$	при $n > 0,2$ $\mu = \frac{(P + 0,63)\sqrt{n + 0,28}}{\sqrt{Pn(P + 0,9) + 0,1n}}$ (1.9.6)
—	$\frac{2K(P_1 + P_2)}{K + 1}$	$\frac{K(n_1 + n_2)}{K + 1}$	
Невільні рами			
 	$0,5(P_1 + P_2)$	$n_1 + n_2$	$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(P - n) + 0,18Pn}{1 + 0,93(P + n) + 0,71Pn}}$ (1.9.7)
—	$0,5(P_1 + P_2)$	$0,5(n_1 + n_2)$	
—	$P_1 + P_2$	$0,5(n_1 + n_2)$	
Позначення, прийняті в табл. 1.9.8: I_{s1}, I_{s2} і I_{i1}, I_{i2} – моменти інерції перерізів ригелів, що прилягають відповідно до верхнього і нижнього кінця колони, яка перевіряється; I_c, l_c – відповідно момент інерції перерізу і довжина колони, яка перевіряється; l_1, l_2 – прогони рами; K – кількість прогонів;			
$n_1 = \frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}; n_2 = \frac{I_{s2}l_c}{I_c l_2}; P_1 = \frac{I_{i1}l_c}{I_c l_1}; P_2 = \frac{I_{i2}l_c}{I_c l_2}$			
Примітки:			
1. Для крайньої колони вільної багатопрогоної рами коефіцієнти μ слід визначити при значеннях P і n для колон однопрогоної рами.			
2. Для однопрогоної багатоповерхньої рами при обчисленні P_2 і n_2 у формулах (1.9.5) – (1.9.7) слід приймати $P_2 = n_2 = 0$.			

1.9.4 Граничні гнучкості елементів

1.9.4.1 Гнучкості елементів $\lambda = l_{ef} / i$, як правило, не повинні перевищувати граничних значень λ_u , наведених у табл. 1.9.9 для стиснутих елементів і в табл. 1.9.10 – для розтягнутих.

1.9.4.2 Для елементів конструкцій, які згідно 1.3.3.5 відносяться до категорії за призначенням \underline{B} у будівлях і спорудах I та II класів відповідальності згідно з ДБН В.1.2-:200*, а також для всіх елементів конструкцій у будівлях і спорудах III класу відповідальності допускається збільшувати значення граничної гнучкості на 10%. Для елементів конструкцій ПЛ, ВРП і 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 α
б) просторових конструкцій з одиничних кутиків, а також просторових конструкцій із труб і парних кутиків заввишки понад 50 м	120
2. Елементи, крім зазначених у поз. 1 і 7:	
а) плоских ферм, зварних просторових і структурних конструкцій із одиничних кутиків, просторових і структурних конструкцій із труб і парних кутиків	210 – 60 α
б) просторових і структурних конструкцій із одиничних кутиків з болтовими з'єднаннями	220 – 40 α
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 α
5. Другорядні колони (стійки фахверку, ліхтарів тощо), елементи ґратки колон, елементи вертикальних зв'язків між колонами (нижче балок кранових колій).	210 – 60 α
6. Елементи зв'язків, крім зазначених у поз.5, а також стрижні, що служать для зменшення розрахункової довжини стиснутих стрижнів, та інші ненавантажені елементи, крім зазначених у поз.7	200
7. Стиснуті і навантажені елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізу, що піддаються 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 $\bar{\lambda}_u$ при дії на конструкцію навантажень		
	динамічних, прикладених безпосередньо до конструкції	статичних	від кранів (див. прим. 5) і залізничних составів
1. Пояси і опорні розкоси плоских ферм (включаючи гальмові ферми) і структурних конструкцій	250	400	250
2. Елементи ферм і структурних конструкцій, крім зазначених у поз. 1	350	400	300
3. Нижні пояси балок і ферм кранових колій	-	-	150
4. Елементи вертикальних зв'язків між колонами (нижче кранової колії)	300	300	200
5. Інші елементи зв'язків	400	400	300
6. Пояси і опорні розкоси стійок і траверс, тяги траверс опор лінії електропередачі, відкритих розподільних пристроїв і контактних мереж транспорту	250	-	-
7. Елементи опор ліній електропередачі, відкритих розподільних пристроїв і контактних мереж транспорту, крім зазначених у поз. 6 і 8	350	-	-
8. Елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізів (а в тягах траверс опор ліній електропередачі з одиничних кутиків), що піддаються впливу вітрових навантажень, при перевірці гнучкості у вертикальній площині	150		
Примітки:			
1 У конструкціях, що не піддаються динамічним впливам, гнучкість розтягнутих елементів слід перевіряти лише у вертикальних площинах.			
2 Для елементів зв'язків, у яких прогин під дією власної ваги не перевищує $l/150$, при дії на конструкцію статичних навантажень допускається приймати $\lambda_u = 500$.			
3 Гнучкість розтягнутих елементів, підданих попередньому напруженню, 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 у складаних елементах необхідно встановлювати не рідше, як через 40i.			
5 Значення граничних гнучкостей слід приймати при кранах груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К за ГОСТ 25546.			
6 Для нижніх поясів балок ферм кранових колій при кранах груп режимів роботи 1К – 6К допускається приймати $\lambda_u = 200$.			
7 До динамічних навантажень, прикладених безпосередньо до конструкції, належать навантаження, які приймаються в розрахунках на витривалість або з урахуванням коефіцієнтів динамічності			

1.10. Листові конструкції

1.10.1 Розрахунок на міцність

1.10.1.1 Розрахунок на міцність листових конструкції (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 роботі конструкцій, який призначається згідно з вимогами СНиП 2.09.03.

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 меридіональне 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.

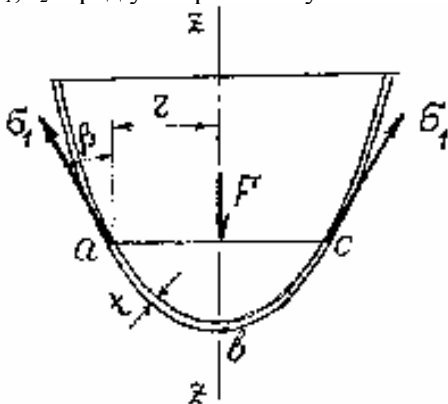


Рисунок 1.10.1 Схема оболонки обертання

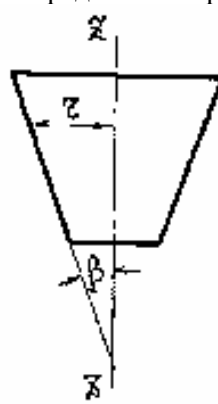


Рисунок 1.10.2 Схема конічної оболонки обертання

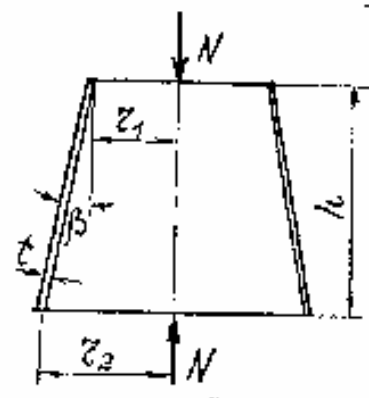


Рисунок 1.10.3 Схема конічної оболонки обертання під дією повздовжнього зусилля стиску

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

для циліндричних оболонок

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

– для сферичних оболонок

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

– для конічних оболонок

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

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 паралельно до твірних, 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 меншому із значень ψR_y чи cEt/r (тут r – радіус середньої поверхні оболонки;
 t – товщина оболонки).

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

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

Значення коефіцієнтів c слід визначити за табл. 1.10.1.

Таблиця 1.10.1 Коефіцієнти c для розрахунків 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 позацентрового стиску паралельно до твірних або чистого згину в діаметральній площині при дотичних напруженнях у місці найбільшого моменту, 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 (розтягувальні напруження вважати від'ємними).

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

$$\frac{r}{t} \leq 3,14 \sqrt{\frac{E}{R_y}} . \quad (1.10.9)$$

Такі труби слід розраховувати на стійкість згідно з вимогами розділів 1.4 і 1.6 незалежно від розрахунку на стійкість стінок. Розрахунок на стійкість стінок безшовних чи електрозварних труб не потрібен, якщо значення r/t не перевищують половини значень, що визначаються за формулою (1.10.9).

1.10.2.3 Циліндрична панель, оперта по двох твірних і двох дугах напрямної, рівномірно стиснута вдовж твірних, при $\frac{b^2}{rt} \leq 20$ (де b – ширина панелі, виміряна по дузі напрямної) повинна бути розрахована на стійкість як пластинка за формулами:

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

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

– при розрахунковому напруженні $\sigma = R_y$

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

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

Якщо $b^2/(rt) > 20$, то панель слід розраховувати на стійкість, як оболонку, згідно з вимогами 1.10.2.9.

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

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

де $\sigma_2 = \frac{\rho r}{t}$ – розрахункове кільцеве напруження в оболонці;

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

при $0,5 \leq \frac{l}{r} \leq 10$

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

– при $l/r \geq 20$

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

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

Тут l – довжина циліндричної оболонки.

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

У цьому випадку повинна задовольнятися умова стійкості ребра у своїй площині, як стиснутого стрижня, згідно з вимогами 1.4.1.3 при $N = \rho r s$ і розрахунковій довжині стрижня $l_{ef} = 1,8r$; при цьому у переріз ребра слід включати ділянки оболонки завширшки $0,65t\sqrt{E/R_y}$ з кожного боку від вісі

ребра, а умовна гнучкість стрижня $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$ не повинна перевищувати 6,5.

При односторонньому ребрі 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, що піддається одночасній дії навантажень, зазначених в 1.10.2.1 і 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 $\sigma_{cr,1}$, повинно бути обчислено згідно з вимогами 1.10.2.1, а $\sigma_{cr,2}$ – згідно з вимогами 1.10.2.4.

1.10.2.6 Розрахунок на стійкість конічної оболонки обертання з кутом конусності $\beta \leq 60^\circ$, стиснутої 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 напруження, обчислене згідно з вимогами 1.10.2.1, із заміною радіуса r радіусом 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 , нормального до бічної поверхні, слід виконувати за формулою

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

тут $\sigma_2 = \rho_{rm} / t$ – розрахункове кінцеве 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 піддається одночасній дії навантажень, зазначених в 1.10.2.7 і 1.10.2.8, 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 (1.10.19).

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

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

де $\sigma = \frac{\rho r}{2t}$ – розрахункове напруження;

$\sigma_{cr} = 0,1 \frac{Et}{r}$ – критичне напруження, що приймається не більшим за R_y ;

тут r – радіус серединної поверхні сфери.

1.10.3 Основні вимоги до розрахунку сталевих мембранних конструкцій

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

1.10.3.2 При розрахунку мембранних конструкцій обпирання крайок мембрани на пружні елементи контуру варто вважати шарнірним по лінії обпирання і спроможним передавати зсув на елементи контуру.

1.10.3.3 Нормальні і дотичні напруження, розподілені по крайках мембрани, слід вважати урівноваженими стиском і вигином опорного контуру в тангенціальній площині.

1.10.3.4 Товщина мембрани визначається розрахунком згідно з вимогами 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 пролітної частини покриття слід обмежуватися пружньою 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

$$\gamma_c \approx \gamma_{c(t)} \cdot \gamma_{c(g)}, \quad (22)$$

$\gamma_{c(t)}$ - 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.

Таблиця 1.10.2. Коефіцієнт $\gamma_{c(t)}$, що враховує мінливість геометричних і міцнісних характеристик листового прокату 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)
	піддатливий	0.94 (0.95)	0.90 (0.93)	0.88 (0.91)

Таблиця 1.10.3 Коефіцієнт $\gamma_{c(g)}$, що враховує відхилення від проектної геометрії поверхні оболонки, виконаної з листового прокату 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	приконтурна	кутова	0.97 (0.97)	0.91 (0.94)	0.86 (0.90)
			інші	0.96 (0.97)	0.93 (0.95)	0.65 (0.75)
		периферійна	на відстані a/4	0.96 (0.97)	0.75 (0.82)	0.60 (0.70)
			інші	0.93 (0.95)	0.91 (0.94)	0.65 (0.75)
центральна	усі	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 для покриттів на прямокутному плані;
R - початковий радіус кривизни поверхні для покриттів на круглому плані;
a - характерний розмір плану оболонки.
Примітка.
Значення у дужках наведені для сталі С345 за ГОСТ 27772-88.

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

При розрахунку опорних елементів контуру мембранних конструкцій слід враховувати:

- вигин у тангенціальній площині;
- осьовий стиск в елементах контуру;
- стиск, що викликається дотичними напруженнями по лінії контакту мембрани з елементами контуру;
- вигин у вертикальній площині.

1.10.3.6 Поперечний перетин опорного контуру визначається розрахунком з урахуванням його піддатливості. Піддатливість контуру характеризується відносними параметрами:

$$\bar{n} = \frac{(EI)_k}{Eta^3}; \quad \bar{k} = \frac{(EA)_k}{Eta}, \quad (1.10.23)$$

де $(EI)_k$ і $(EA)_k$ - згинна (у горизонтальній площині) і подовжня жорсткості опорного контуру; E , t - модуль пружності і товщина мембрани; a - характерний розмір плану оболонки (половина довжини меншої сторони для оболонки на прямокутному плані, або довжина півосі - для покриттів на круглому або еліптичному плані).

1.10.3.7 При прикріпленні мембрани з ексцентриситетом відносно центра ваги перерізу елементів контуру крім факторів, зазначених у 1.10.3.5, при розрахунку контурів слід враховувати кручення.

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

1.10.3.9 Для визначення напружень у центрі еліптичної мембрани, закріпленої на деформованому контурі, допускається застосовувати вимоги 1.10.3.4 за умови заміни значення радіуса значенням більшої головної півосі еліпса (відношення більшої півосі до меншого повинно бути не більш 1,2).

1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість

1.11.1 Сталеві конструкції та елементи, що безпосередньо сприймаються багатократно діючі рухомі, вібраційні чи іншого виду змінні навантаження з з кількістю циклів навантажень 10^5 і більше, котрі можуть призвести к явищам втоми, слід проектувати з застосуванням таких конструктивних рішень, які не визивають значної концентрації напружень, і перевіряти розрахунком на витривалість.

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

Кількість циклів навантажень слід приймати за технологічними вимогами експлуатації або існуючим даним по історії навантаження.

Для конструкцій високих споруд типу антен, димових труб, щогл, башт і підйомно-транспортних споруд, опор ПЛ, ВРП, КМ, при розрахунку на витривалість слід враховувати зміну напружень при коливаннях поперек напрямку вітрового потоку в режимах вітрового резонансу.

Сталеві конструкції та їхні елементи, що безпосередньо сприймають навантаження з кількістю циклів навантажень менш як 10^5 , слід проектувати з застосуванням таких конструктивних рішень, котрі виключають значну концентрацію напружень, і в необхідних випадках перевіряти розрахунком на малоциклову міцність.

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

1.11.2 Розрахунок виконується у формі оцінення втомної довговічності T (терміну служби), при якій виконується умова міцності, записана у вигляді

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

де a_T – накопичене втомне пошкодження 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:

- мінімальним $\sigma_{min,i}$ і максимальним $\sigma_{max,i}$ рівнями напружень у перерізі, який перевіряється;
- коефіцієнтом асиметрії напружень $\rho_i = \sigma_{min,i} / \sigma_{max,i}$;
- числом циклів цих напружень n_i .

У випадку відсутності даних по проектній історії навантаження значення σ_i допускається визначати за формулою

$$\sigma_i = K \sigma_{cm}, \quad (1.11.2)$$

де: K — коефіцієнт, що приймається за таблицею У1 додатка У;

σ_{cm} — найбільше за абсолютним значенням напруження в елементі або перерізі, обчислене за перерізом нето і без урахування коефіцієнтів динамічності і коефіцієнтів, які використовуються при розрахунках на стійкість.

1.11.4 Накопичене втомне пошкодження 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 — число типових режимів;

N_i — гранично допустиме число циклів при напруженнях σ_i , що обчислюється за формулою

$$N_i = \frac{A_\rho}{\ln \left[\frac{2\sigma_i}{(1-\rho_i) \cdot R_\rho} \right]} - B_\rho; \quad (1.11.4)$$

R_ρ — розрахункова межа витривалості перерізу, що перевіряється, яка визначається за 1.11.5;

A_ρ і B_ρ — параметри, що визначаються за табл. У2 додатка У.

1.11.5 Розрахункове значення границі витривалості R_ρ визначається за формулою (1.11.5).

1.11.6 За конструктивно – технологічними ознаками основний метал, зварні з'єднання, з'єднання на високоміцних болтах, елементами і вузлами конструкцій з урахуванням дії зусиль відносно розраховуваного перерізу поділяють на сім груп (табл. У.3 додатка У).

Значення межі витривалості R_ρ для груп елементів за 12.4.2 визначається формулою

$$R_\rho = \frac{2\sigma_{-1}}{2 - D_N(1 + \rho)} \cdot \left(1 - 1,63 \frac{S_{\sigma_{-1}}}{\sigma_{-1}} \right) \quad (1.11.5)$$

Значення параметрів у формулі (153) 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 мінімальні розміри зварних швів;
- 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 за 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, зазначені в додатку В.

1.12.1.4 Зварні стикові з'єднання листових деталей рекомендується, як правило, проектувати прямими з повним проваром і з застосуванням вивідних планок, які виготовляються з того самого прокату, що й основний метал. У монтажних умовах допускається одностороннє зварювання з підварювання кореня шва. Зварювання на сталевій підкладці, що залишається, може бути застосована тільки для конструкцій 3 і 4 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 менш як 4 мм, при цьому розміри шва повинні забезпечувати 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 $1,2t$, де t – найменша з товщин зварюваних елементів;

катет шва, накладеного на закруглену кромку фасонного прокату товщиною t , як правило, не повинен перевищувати $0,9t$;

в) розрахункова довжина кутового шва повинна бути не менш як K_f і не менш ніж 40 мм;

г) режим зварювання слід підбирати 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 на всій довжині 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 або до товстого елемента, повинні задовольняти умови відповідно 1.12.1.5,а або 1.12.1.5,б;

з) у 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 групи кутові шви слід, як правило, виконувати без підсилення з плавним переходом до основного металу;

к) стики з накладками слід виконувати за рис.1.12.2,а;

л) відстань між паралельними зварними з'єднаннями елементів конструкцій слід встановлювати не менш як 10δ , де δ – товщина деталі, але не менш як 100 мм, приварювання ребер жорсткості і елементів гратчастих конструкцій необхідно виконувати згідно з рис.1.12.2,б.

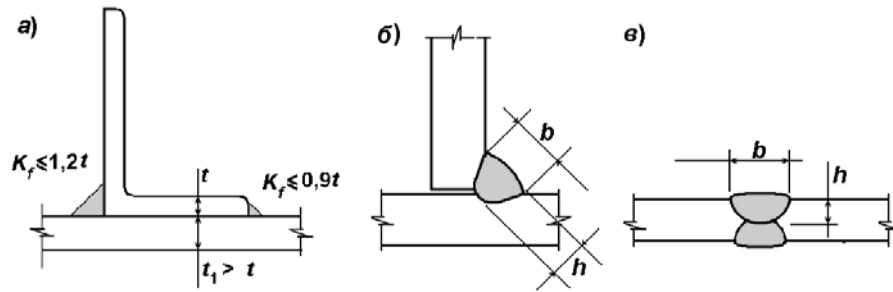


Рисунок 1.12.1 Розміри зварних швів

1.12.1.6 При проектуванні зварних з'єднань у конструкціях, що сприймають рухомі, динамічні чи вібраційні навантаження, поряд з урахуванням вимог розд. 11, 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 кромки, утворених гільйотинним різанням;
- кутові шви виконувати з плавним переходом до основного металу;
- кутові шви, що прикріплюють елементи ґратки до фасонки, виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

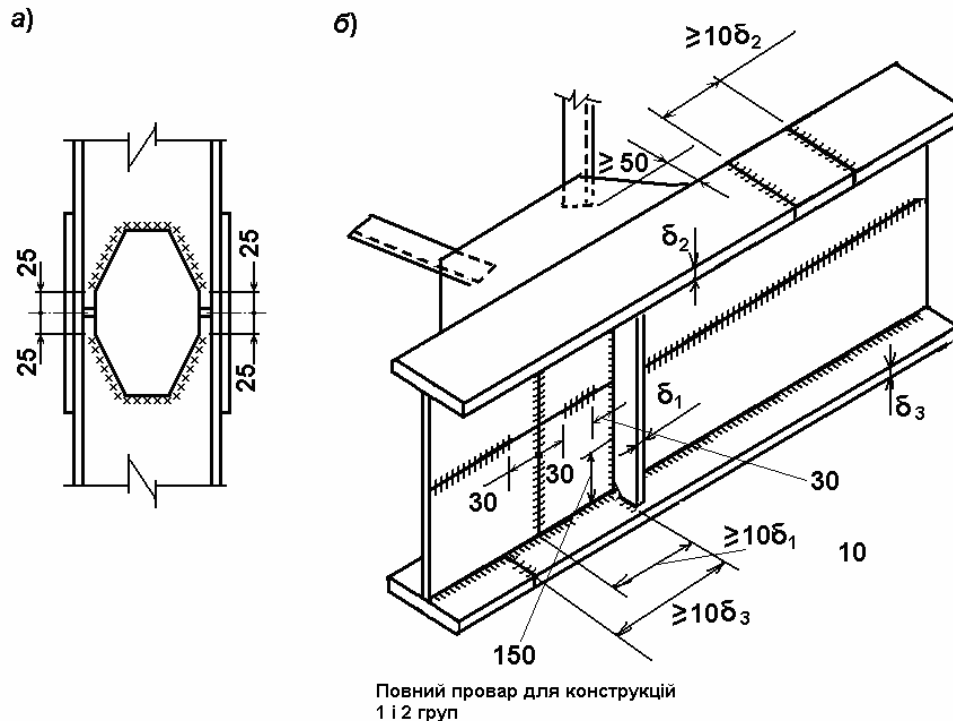


Рисунок 1.12.2 Розміщення зварних швів

1.12.1.7 При проектуванні таврових і кутових зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій з розтягувальними напруженнями в напрямку товщини прокату для зниження небезпеки шаруватого руйнування металу під зварним швом, як правило, слід:

- застосовувати сталі, рекомендовані для конструкцій групи 1 згідно з додатком В, з межею текучості до 375 Н/мм² 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 сварочних напружень, не застосовувати порошковий дріт;
- замінити кутові з'єднання тавровими, а в останніх забезпечувати відношення ширини звису до товщини елементів не менш як 2; застосовувати розроблення кромки, що забезпечує зменшення об'єму наплавленого металу.

1.12.1.8 Для кутових швів, розміри яких установлені згідно з розрахунком, для елементів із сталі з межею текучості до 285 Н/мм² слід, як правило, застосовувати електродні матеріали, що задовольняють умовам: $R_{wf} > R_{wz}$ при механізованому зварюванні і $1,1 R_{wz} \leq R_{wf} \leq R_{wz} \beta_z / \beta_f$ при ручному зварюванні, а для елементів із сталі з межею текучості понад 285 Н/мм² 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 375 Н/мм² слід, як правило, застосовувати в конструкціях, що експлуатуються в неагресивному або слабоагресивному середовищі (класифікація за СНиП 2.03.11) в опалюваних приміщеннях, крім 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 груп 1, 2, 3 у будівлях з кранами режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К:

– для прикріплення проміжних ребер жорсткості і діафрагм – у конструкціях усіх груп, крім групи 1, розраховувася на витривалість;

– для поясних швів зварних двотаврів – у конструкціях груп 2 і 3, крім 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 групи 4.

Односторонні кутові шви не слід застосовувати при дії навантажень, що викликають взаємний відрив зварених елементів, внаслідок згинального моменту 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 , мм, при товщині товщого із зварюваних елементів t , 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 285	4	4	4	5	5	6	6
		понад 285 до 390	4	5	6	7	8	9	10
		понад 390 до 590	5	6	7	8	9	10	12
	механізоване	до 285	3	4	4	5	5	6	6
		понад 285 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 375	5	6	7	8	9	10	12
	механізоване	до 375	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 понад 80 мм мінімальний катет кутових швів слід приймати за спеціальними технічними умовами.
 2. В конструкціях групи 4 мінімальний катет односторонніх кутових швів слід зменшувати на 1 мм при товщині зварюваних елементів до 40 мм і на 2 мм при товщині елементів понад 40 мм.

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	св. 16
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 не більших як $0,6 R_y$ для з'єднань у конструкціях групи 4, а також у конструкціях групи 3, що реконструюються за умови їх експлуатації в неагресивних або слабоагресивних середовищах.

Розміри зварного шва повинні відповідати вимогам 1.12.5. Відстань S між ділянками зварних швів (рис.1.12.1), як правило не повинна перевищувати одного із значень: 150 мм, $10t_{min}$ у стиснутому елементі (t_{min} – товщина найтоншого із з'єднуваних елементів), $16t_{min}$ – в розтягнутому елементі. У конструкціях групи 4 відстань S допускається збільшувати на 50 %.

При накладенні переривчастого шва необхідно передбачити шов на кінцях з'єднуваних частин елементів (рис. 1.12.3); довжина l_{w1} цього шва в елементах складаного перерізу повинна бути не меншою за $0,75b$, де b – ширина вужчої із з'єднуваних пластин.

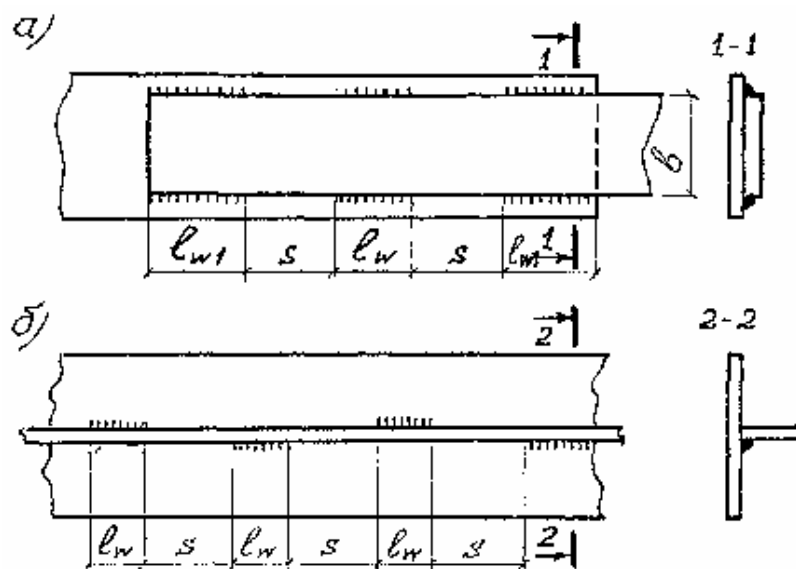


Рисунок 1.12.3 Схема переривчатих кутових зварних швів:
а – в напустковому з'єднанні; б – в тавровому з'єднанні.

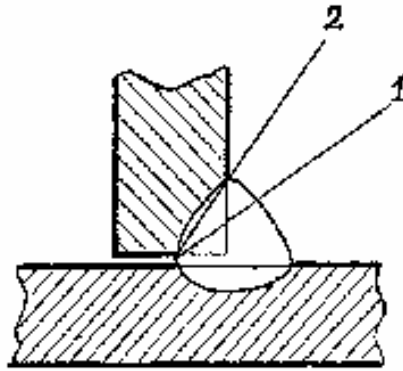


Рисунок 1.12.4 Схема розрахункових перерізів зварного з'єднання з кутовим швом:
1 – по металу шва; 2 – по металу межі сплавлення

1.12.1.11 Кутові зварні шви, розміщені по периметру отворів чи прорізів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених 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 всю площину круглих або щілинних отворів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених 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 більш як 16 мм; не менш як 0,1 довжини прорізу або значень $0,45d$ чи $0,45b$ (де d і b – діаметр отвору і ширина прорізу, що дорівнюють $d \geq t + 8$ мм і $b \geq t + 8$ мм). Відстань між центрами отворів чи поздовжніми осями прорізів повинна бути не менш 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 умові, що забезпечене передавання частини 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.

Розділ зусилля між фрикційним і зварним з'єднанням допускається приймати пропорційно до їхньої несучої здатності або приймати, що фрикційне з'єднання сприймає зусилля від постійного навантаження, а зварне – від змінного. Застосування інших болтових з'єднань у комбінованих з'єднаннях не допускається.

1.12.1.14 Розрахунок зварних стикових з'єднань при дії осьової 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 з'єднаннях елементів;

l_w – розрахункова довжина шва, що дорівнює повній його довжині, зменшеній на $2t$ або повній його довжині, якщо кінці шва виведені за межі стика.

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 $R_{yn} > 440$ Н/мм² у формулі (1.12.1) замість R_{wy} слід приймати R_{wu} / γ_u .

Розрахунок зварних стикових з'єднань виконувати не потрібно при застосуванні зварювальних матеріалів згідно з додатком Ж, повному проварі з'єднуваних елементів і фізичному контролю якості з'єднань при розтягу.

1.12.1.15 Зварні стикові з'єднання, виконані без фізичного контролю якості, при одночасній дії в одному і тому самому 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 сили N , що проходить через центр ваги з'єднання, слід виконувати на зріз (умовний) по одному з двох перерізів (рис. 1.12.4) за формулами:

– при $\frac{\beta_f R_{wf}}{0,45 \beta_z R_{uz}} \leq 1$ по металу шва

$$\frac{N}{\beta_f K_f l_w R_{wf} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.2)$$

– при $\frac{\beta_f R_{wf}}{0,45 \beta_z R_{uz}} > 1$ по металу межі сплавління

$$\frac{N}{\beta_z K_f l_w R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.3)$$

де l_w – розрахункова довжина швів у зварному з'єднанні, що дорівнює сумарній довжині усіх його ділянок за вирахуванням !!!(від'ємністю) по 1 см на кожній неперервній ділянці шва;

β_f, β_z – коефіцієнти, що приймаються за табл. 1.12.2.

1.12.1.17 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії моменту M , у площині, перпендикулярній до площини розташування швів, слід виконувати на зріз (умовний) по одному з двох перерізів (рис. 1.12.4) за формулами:

– по металу шва

–

$$\frac{M}{W_f R_{wf} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.4)$$

– по металу межі сплавління

–

$$\frac{M}{W_z R_{wz} \gamma_c} \leq 1, \quad (1.12.5)$$

де W_f і W_z – моменти опору розрахункових перерізів зварного з'єднання відповідно по металу шва і по металу межі сплавлення.

1.12.1.18 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії моменту M , у площині розташування цих швів слід виконувати на зріз (умовний) по одному з двох перерізів (рис. 1.12.4) за формулами:

– по металу шва

$$\frac{M \sqrt{x^2 + y^2}}{(I_{fx} + I_{fy}) \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1 \quad (1.12.6)$$

– по 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 найбільш віддаленої від центра ваги O розрахункового перерізу цього з'єднання (рис. 1.12.5); I_{fx} , I_{fy} – момент інерції розрахункового перерізу зварного з'єднання по металу шва відносно його головних осей x - x і y - y ; I_{zx} , I_{zy} – те саме, по металу межі сплавлення.

1.12.1.19 При розрахунку зварного з'єднання з кутковими швами на одночасну дію поздовжньої N і поперечної V сил і моменту M (рис. 1.12.5) повинні бути виконані умови

$$\frac{\tau_f}{R_{wf} \gamma_c} \leq 1 \text{ і } \frac{\tau_z}{R_{wz} \gamma_c} \leq 1 \quad , \quad (1.12.8)$$

де τ_f і τ_z – напруження в точці розрахункового перерізу зварного з'єднання відповідно по металу шва і по металу межі сплавлення, що визначаються за формулою

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_V + \tau_{My})^2} \quad (1.12.9)$$

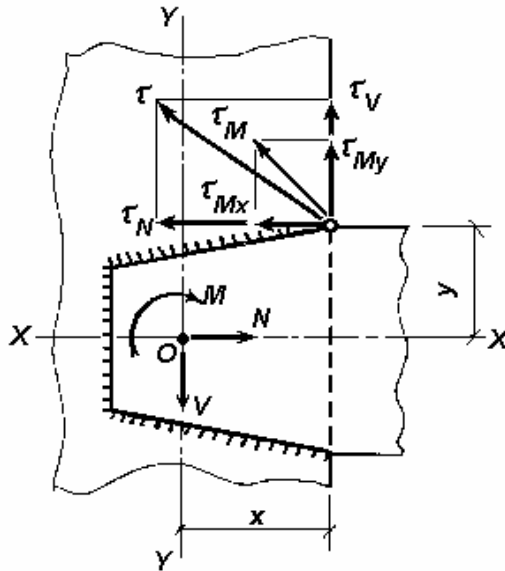


Рисунок 1.12.5 Розрахункова схема зварного з'єднання

1.12.1.20 Напусткові 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'єднаних елементів, що приймається за ГОСТ 14776; при застосуванні способу зварювання, не передбаченого 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 рази (при меншій відмінності у товщинах значення β приймати за інтерполяцією); t – менша з товщин зварюваних елементів.

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 розміщувати згідно з вимогами табл. 1.12.3, при цьому в стиках і вузлах на мінімальних відстанях, а з'єднувальні конструктивні болти, як правило, на максимальних відстанях. 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 збірних елементах або по кондукторах в окремих елементах і деталях, або просвердлені чи продавлені на менший діаметр в окремих деталях з подальшим розсвердлюванням до проектного діаметру у збірних елементах.

Болти класів точності В і С у багатоболтових з'єднаннях слід застосовувати для конструкцій із сталі з межею текучості до 375 Н/мм².

Таблиця 1.12.3 Вимоги до розміщення болтів

характеристика відстані та межа текучості з'єднаних елементів	відстань між болтами при розміщенні болтів
1. Відстань між центрами отворів для болтів у будь-якому напрямку:	
а) мінімальна:	
при $R_{yn} \leq 375 \text{ Н/мм}^2$	$2d$
при $R_{yn} > 375 \text{ Н/мм}^2$	$3d$
б) максимальна в крайніх рядах за відсутності облямівних кутиків при розтягу та стиску	$8d$ або $12t$
в) максимальна в середніх рядах, а також у крайніх за наявності облямівних кутиків:	
при розтягу	$16d$ або $24t$
при стиску	$12d$ або $18t$
2. Відстань від центра отвору для болта до краю елемента	
а) мінімальна вздовж зусилля:	
при $R_{yn} \leq 375 \text{ Н/мм}^2$	$1,5d$
при $R_{yn} > 375 \text{ Н/мм}^2$	$2,5d$
б) те саме, поперек 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	$1,3d$

кромці і будь якому напрямку зусилля	
3. Відстань мінімальна між центрами отворів вздовж 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 поперек зусилля між рядами отворів. Примітки: 1 Діаметр отворів слід приймати: для болтів класу точності А $d = d_b$; для болтів класів точності В і С в конструкціях опор ПЛ, ВРП і КМ $d = d_b + 1$ мм, у решті випадків $d = d_b + 3$ мм. 2 В одноболтових з'єднаннях елементів ґратки (розкосів, стійок і розпорок крім тих, що постійно працюють на розтяг, при товщині елемента до 6 мм із сталі з межею текучості до 375 Н/мм ² і свердлених отворах відстань l_1 від краю елемента до центра отвору вздовж зусилля допускається приймати від 1,5 d до 1,35 d без допуску в сторону зменшення при виготовленні елементів, про що повинно бути вказано у проєкті. 3 При розміщенні болтів у шаховому порядку на відстанях не менших за вказані у поз. 3, переріз елемента A_n слід визначати з урахуванням ослаблення його отворами, розміщеними в одному перерізі поперек зусилля (не за зигзагом). У з'єднаннях, де 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, у яких ці 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 з'єднаннях при товщині зовнішнього елемента до 8 мм, повинна знаходитись поза пакетом з'єднаних елементів; у решті випадків різьба болта не повинна знаходитись на глибині більшій за половину товщини зовнішнього елемента з боку гайки або понад 5 мм.

1.12.2.6 Встановлення шайб на болти слід виконувати згідно з вимогами розділу 2.

У розрахункових з'єднаннях з болтами класів точності А В і С (за винятком кріплення допоміжних конструкцій) слід передбачити заходи проти самовідгвинчування гайок (встановлення пружних шайб, додаткових гайок тощо).

1.12.2.7 На скошених поверхнях з'єднаних деталей і елементів (внутрішні грані полиць двотаврів і швелерів) під головки 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, залежно від виду напруженого стану слід визначати за формулою:

– при зрізі

$$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c \quad , \quad (1.12.12)$$

– при зминанні

$$N_{bp} = R_{bp} \cdot d_b \cdot \Sigma t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c \quad , \quad (1.12.13)$$

– при розтягу

$$N_{bt} = R_{bt} \cdot A_{bn} \cdot \gamma_c \quad , \quad (1.12.14)$$

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 – число розрахункових зрізів одного болта;

d_b – зовнішній діаметр стрижня болта;

Σt – найменша сумарна товщина з'єднаних елементів, які зминаються в одному напрямку;

A_{bn} – площа перерізу нетто болта по різьбі, що приймається згідно з табл. Ж8 додатку Ж;

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

γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання, що визначається за табл.1.12.4.

1.12.2.10 При дії на болтове з'єднання сили N , що проходить через центр ваги з'єднання, слід приймати, що ця сила розподіляється між болтами рівномірно. У цьому разі 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_{bs} обчислене згідно з 1.12.2.9.

У випадках, коли в стику відстань l між крайніми болтами вздовж зсувного зусилля перевищує $16d$,

значення n у формулі (1.12.14) 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 при дії зусилля по всій довжині з'єднання (наприклад, у пояському з'єднанні балки).

1.12.2.11 При дії на болтове з'єднання моменту, який викликає зсув з'єднаних елементів, слід приймати, що зусилля розподіляються між болтами пропорційно до відстаней від центра ваги з'єднання до розглядуваного болта.

Зусилля в найбільш навантаженому болті $N_{b,\max}$ не повинно перевищувати меншого із значень N_{bs} чи N_{bp} , обчислених згідно з 1.12.2.9.

1.12.2.12 При одночасній дії на болтове з'єднання сили і моменту, що діють в одній площині і викликають зсув з'єднаних елементів, слід визначити рівнодійне зусилля у найбільш навантаженому болті, яке не повинно перевищувати меншого із значень N_{bs} чи N_{bp} обчислених згідно з 1.12.2.9.

1.12.2.13 При одночасній дії на болтове з'єднання зусиль, що викликають зріз і розтяг болтів, найбільший напружений болт, поряд з перевіркою за формулою (1.12.14) 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 – зусилля, що діють на болт, відповідно зрізувальне і розтягувальне;

N_{bs} , N_{bt} – розрахункові зусилля, що визначаються згідно з 1.12.2.9 із зміною значення A_{bn} на A_b .

1.12.2.14 У кріпленнях одного елемента до іншого через прокладки чи інші проміжні елементи, а також в елементах з односторонньою накладкою кількість болтів порівняно з розрахунком слід збільшити на 10%. При кріпленнях виступаючих полиць кутиків або швелерів за допомогою коротишів кількість болтів, що прикріплюють коротиш до цієї полиці, порівняно з розрахунком слід збільшити на 50%.

1.12.2.15 Фундаментні (анкерні) болти слід перевіряти згідно з вимогами СНиП 2.09.03.

Таблиця 1.12.4 Коефіцієнти умов роботи болтового з'єднання

характеристики		межа текучості r_{yl} сталі з'єднуваних 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
	змінання	до 285	$1,5 \leq \frac{a}{d} \leq 2$	$0,4 \frac{a}{d} + 0,2$
			$1,35 \leq \frac{a}{d} < 1,5$	$\frac{a}{d} - 0,7$
		понад 285 до 375	$1,5 \leq \frac{a}{d} \leq 2$	$0,5 \frac{a}{d}$
			$1,35 \leq \frac{a}{d} < 1,5$	$\frac{a}{d} - 0,25$
	понад 375	$\frac{a}{d} \geq 2,5$	1,0	
багатоболтове, болти класу точності А	зріз			1,0
	змінання	до 285	$1,5 \leq \frac{a}{d} \leq 2$	$\frac{a}{d} + 0,2$
			$2 \leq \frac{s}{d} \leq 2,5$	$0,4 \frac{s}{d}$
		понад 285 до 375	$1,5 \leq \frac{a}{d} \leq 2$	$\frac{a}{d} 0,5$
			$2 \leq \frac{s}{d} \leq 2,5$	$0,5 \frac{s}{d} - 0,25$
		понад 375	$\frac{a}{d} \geq 2,5$	1,0
			$\frac{s}{d} \geq 3$	1,0

Позначення, прийняті в табл. 1.12.4:

a – відстань вздовж зусилля від краю елемента до центра найближчого отвору;

s – відстань вздовж зусилля між центрами отворів;

d – діаметр отвору для болта;

Примітки:

1. Для розрахунку багатоболтового з'єднання на зріз і змінання при болтах класів В, С, а також високоміцних болтах з нерегульованим натягом при всіх значеннях межі текучості R_{yl} сталі з'єднуваних елементів значення коефіцієнта γ_b слід множити на 0,9.

2. Для розрахунку багатоболтового з'єднання на змінання слід приймати значення γ_b менше з обчислених при прийнятих значеннях a , d , s .

1.12.3 Фрикційні з'єднання

1.12.3.1 Фрикційні з'єднання, у яких зусилля, що діють у стиках і прикріпленнях, передаються через тертя, що виникає на дотичних 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 ставляться підвищені вимоги щодо обмеження деформативності.

1.12.3.2 У фрикційних з'єднаннях слід застосовувати болти, гайки і шайби згідно з 1.2.2.4.

Болти слід розміщувати згідно з вимогами табл. 1.12.3, при цьому залежно від умов складання з'єднання різниця номінальних діаметрів отворів в болтів може становити від 1 до 6 мм.

1.12.3.3 Розрахункове зусилля, яке може бути сприйнятне кожною площиною тертя елементів, зтягнутих одним високоміцним болтом, слід визначати за формулою

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \cdot A_{bn} \cdot \mu}{\gamma_h}, \quad (1.12.17)$$

де R_{bh} – розрахунковий опір розтягу високоміцного болта, що визначається згідно з 1.3.8;

A_{bn} – площа перерізу болта по різьбі, 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.

1.12.3.4 При дії на фрикційні 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 кількість болтів у з'єднанні слід визначати за формулою

$$n \geq \frac{N}{Q_{bh} \cdot K \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c}, \quad (1.12.18)$$

де Q_{bh} – розрахункове зусилля, що визначається 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, необхідних для сприйняття розрахункового зусилля, і приймається таким, що дорівнює: 0,8 при $n < 5$; 0,9 при $5 \leq n < 10$; 1,0 при $n \geq 10$.

1.12.3.5 При дії на фрикційне з'єднання моменту, чи сили і моменту, що викликають зсув з'єднаних елементів, розподіл зусиль між болтами приймати згідно з 1.12.2.11, 1.12.2.12.

При дії лише згинального моменту розподіл зусиль між болтами допускається приймати рівномірним (прямокутна епюра розподілу зусиль між болтами).

1.12.3.6 При дії на фрикційне з'єднання крім сили N , що викликає зсув з'єднаних елементів, сили F , що викликає розтяг у болтах, слід значення коефіцієнта γ_b , що визначається згідно з 1.12.3.4, помножити на коефіцієнт $(1 - P/P_b)$, де P – розтягувальне зусилля, що припадає на один болт, P_b – зусилля натягу болта.

1.12.3.7 Діаметр болта у фрикційному з'єднанні слід приймати не меншим за товщину найтовщого із з'єднаних елементів.

У фрикційному з'єднанні з великою кількістю болтів їхній діаметр слід призначати по можливості більшими.

1.12.3.8 У проекті повинні бути вказані марки сталі та механічні властивості болтів, гайок і шайб і стандарти, за яким слід виконувати натяг високоміцного болта і яке слід приймати таким що дорівнює

$$P_b = R_{bh} \cdot A_{bh}.$$

1.12.3.9 При проектуванні фрикційних з'єднань слід забезпечувати вільних доступ для встановлення болтів, щільного стягування пакета болтами і закручування гайок з застосуванням динамометричних ключів, гайковертів тощо.

Таблиця 1.12.5 Коефіцієнти надійності і коефіцієнти тертя фрикційних з'єднань

спосіб оброблення (очищення) поверхонь, які з'єднують	коефіцієнт тертя	коефіцієнт γ_h при контролі натягу болтів за моментом закручування при навантаженні і при різниці номінальних діаметрів отворів і болтів σ , мм	
		динамічний при $\sigma=3 \div 6$;	динамічний при $\sigma=1$;
		статичний при $\sigma=5 \div 6$	статичний при $\sigma=1 \div 4$
1. Дробометальний чи дробострумений двох поверхонь без консервації	0,58	1,35	1,12
2. Газополуменевий 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 оброблення	0,25	1,70	1,30

Примітки:

1. При контролі натягу болтів за кутом повороту гайки значення γ_h слід множити на 0,9.
2. Допускаються інші способи оброблення (очищення) поверхонь, які з'єднують, що забезпечують значення коефіцієнтів тертя не нижче тих, що наведені у таблиці.

1.12.3.10 Для високоміцних болтів за ГОСТ 22353 зі збільшеними розмірами головок і гайок при різниці номінальних діаметрів отвору і болта не більш як 3 мм, а в конструкціях із сталі з тимчасовим опором не нижче 440 Н/мм² – не більш як 4 мм, допускається установка однієї шайби під гайку.

1.12.3.11 Розрахунок на міцність з'єднаних елементів, ослаблених отворами у фрикційному з'єднанні, слід виконувати з урахуванням того, що половина зусилля, що припадає на кожний болт, передана силами тертя. При цьому перевірку ослаблених перерізів слід виконувати: рухомих, вібраційних і динамічних навантаженнях – по площі перерізу нетто A_n ; при статичних навантаженнях – по площі перерізу брутто A при $A_n \geq 0,85 A$, або по умовній площі $A_{ef} = 1,18 A_n$ 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 табл. 1.12.6.

За відсутності поперечних ребер жорсткості для передавання нерухомих зосереджених навантажень, 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 багатолістовими поясними пакетами прикріплення кожного з листів за місцем свого теоретичного обриву слід розраховувати на половину зусилля, яке може бути сприйняте перерізом листа. Прикріплення кожного листа на ділянці між дійсним місцем його обриву і місцем обриву попереднього листа слід розраховувати на повне зусилля, яке може бути сприйняте 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	$\frac{T \cdot s}{Q_{bh} \cdot K \cdot \gamma_c} \leq 1$	(1.12.21)
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	$\frac{s \cdot \sqrt{T^2 + \alpha^2 V^2}}{Q_{bh} \cdot K \cdot \gamma_c} \leq 1$	(1.12.24)

Позначення, прийняті в табл. 1.12.6:

$T = \frac{QS}{I}$ – зусилля, що зсовує пояс на одиницю довжини, яке викликається поперечною силою Q (тут S – статичний момент бруто пояса балки відносно центральної осі);

n – кількість кутових швів: при двосторонніх швах $n = 2$, при односторонніх $n = 1$;

Q_{bh}, K – величини, що визначаються згідно з 1.12.3.4;

$V = \frac{\gamma_f \gamma_{f1} F_n}{l_{ef}}$ – тиск від зосередженого вантажу F_n на одиницю довжини, що визначається з урахуванням вимог 1.5.2.2

і 1.5.2.3;

γ_f, γ_{f1} – коефіцієнти надійності за навантаженням, що примаються за ДБН В.1.2-2:2006 (для нерухомих вантажів $\gamma_{f1} = 1$);
 S – крок поясних болтів;

α – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: $\alpha = 0,4$ при навантаженні по верхньому поясу балки, до якого пристругана стінка, і $\alpha = 1,0$ за відсутності пристругування стінки або при навантаженні по нижньому поясу.

1.13 Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення

1.13.1 Загальні вимоги по проектуванню сталевих конструкцій

1.13.1.1 При проектуванні сталевих конструкцій необхідно:

– передбачати зв'язки, що забезпечують у процесі монтажу і експлуатації стійкість і просторову незмінюваність споруди в цілому і її елементів, призначаючи їх у залежності від основних параметрів споруди і режиму її 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 згинаючих 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 напруг, у тому числі зварювальних, а також концентрації напруг, передбачаючи відповідні конструктивні рішення (з найбільш рівномірним розподілом напруг в елементах і деталях, без вхідних кутів, різких перепадів перерізу та інших концентраторів напруг) і технологічні заходи (порядок зборки і зварювання, попередні вигини, механічну обробку відповідних зон шляхом стругання, фрезерування, зачищення абразивним колом 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:

– високих місцевих напруг, викликаних впливом зосереджених деформацій чи навантажень деталей з'єднань, а також залишкових напруг;

– різких концентраторів напруг на ділянках з високими місцевими напруженнями, що орієнтовані поперек напрямку діючих розтягуючих напруг;

– зниженої 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 напруг і менш чутливі до ексцентриситетів у порівнянні з ґратчастими конструкціями.

1.13.1.4 Сталеві конструкції слід захищати від корозії за вимогами нормативних документів по 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 , що приймаються за табл. 1.13.1.

1.13.2.2 Значення відстаней, вказані 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:

– вздовж блока $K_1 = \frac{h_1}{12} \leq 1,5$;

– поперек блока $K_2 = \frac{h_2}{12} \leq 1,5$,

де h_1 – висота, м, колон у площині поздовжніх конструкцій (вздовж блока), що дорівнює відстані від верху фундаменту до низу підкранової балки нижнього ярусу) або до рівня опирання несучої конструкції покриття (у будівлях без мостових кранів);

h_2 – висота, м, крайньої колони у площині поперечної конструкції каркасу (поперек блока), що дорівнює відстані від верху фундаменту до рівня опирання несучої конструкції покриття.

1.13.2.3 Вертикальні зв'язки, встановлені між колонами в межах висоти h_1 вздовж температурного блока, повинні задовольняти наступним умовам:

відстань від будь-якого торця блока до осі найближчого зв'язку не повинна перевищувати $0,5 l_u k_1$;

відстань між осями крайніх зв'язків при їх установленні в декількох місцях не повинна перевищувати $0,3 l_u k_1$ (тут $l_u k_1$ – найбільша довжина блока згідно з вимогами 1.13.2.1 і 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 впливи з урахуванням стін або інших огорожувальних конструкцій, непружних деформацій конструкцій і податливості вузлів.

Таблиця 1.13.1 Найбільша відстань між температурними швами

Характеристика		Найбільша відстань l_u , м, між температурними швами для районів із середньою місячною температурою повітря, °С, у січні	
		від +5 до 0	від 0 до -5
будівлі і споруди	відстані		
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

1.13.3 Ферми і структурні плити покриттів

1.13.3.1 Осі стрижнів ферм і структур повинні бути, як правило, центровані в усіх вузлах. Центрування стрижнів слід виконувати у зварних фермах за центрами ваги перерізів (з округленням до 5 мм), а в болтових – за рисками кутиків, найближчих до обушка.

Зміщення осей поясів ферм при зміні перерізів допускається не враховувати, якщо воно не перевищує 1,5% висоти пояса меншого перерізу.

При наявності ексцентриситетів у вузлах елементи ферм і структур слід розраховувати з урахуванням 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 у вузлах ферм допускається приймати шарнірними:

при перерізах елементів у кутиків або таврів;

при двотаврових, H – подібних і трубчастих перерізах елементів, якщо відношення висоти перерізу h до довжини елемента l між вузлами не перевищує $1/10$.

При перевищенні зазначених відношень h/l слід враховувати додаткові згинальні моменти в елементах від жорсткості вузлів, при цьому допускається провадити урахування жорсткості вузлів у фермах наближеними методами, а осові зусилля визначати за шарнірною схемою.

1.13.3.3 Відстань між краями елементів ґратки і пояса у вузлах зварних ферм з фасонками слід приймати не менш як $a = 6t - 20$ мм, але не більш як 80 мм (тут t – товщина фасонки, мм).

Між торцями елементів поясів ферм, що стикаються і перекриваються накладками, слід залишати зазор не менш як 50 мм.

Зварні шви, які прикріплюють елементи ґратки ферм до фасонки, слід виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

1.13.3.4 У вузлах ферм з поясима з таврів, двотаврів і одиночних кутиків кріплення фасонки до полиць поясів встик слід здійснювати з проваром на всю товщину фасонки. В конструкціях групи І прилягання вузлових фасонки до поясів слід виконувати згідно з додатком У (табл. У.3, поз. 7).

1.13.3.5 При розрахунку вузлів ферм зі стрижнями трубчастого і двотаврового перерізу і прикріпленням елементів ґратки безпосередньо до пояса фасонки необхідно перевіряти:

– міцність стінки пояса при місцевому згинанні у місцях прилягання елементів ґратки (для круглих і прямокутних труб);

– міцність бічної стінки пояса в місці прилягання стиснутого елемента ґратки (для прямокутних труб);

– відгиб полиць пояса (для двотаврового перерізу);

– міцність стінки пояса (для двотаврового перерізу);

– міцність елементів ґратки в перерізі, що прилягає до пояса;

– міцність зварних швів, які прикріплюють елементи ґратки до пояса;

При перевірці міцності стінки треба враховувати сумісну дію зусиль у полиці і в і прилеглому елементі ґратки.

1.13.3.6 При прогонах ферм покриттів понад 36 м рекомендується передбачати будівельний підйом, що дорівнює прогину від постійних і тривалих навантажень. При плоских покриттях будівельний підйом слід передбачати незалежно від величини прогону, приймаючи його таким, що дорівнює прогину від суми експлуатаційних значень постійних і тривалих навантажень, збільшених на 1/200 прогону.

1.13.4 Колони

1.13.4.1 Відправні елементи наскрізних колон з ґратками у двох площинах слід укріплювати діафрагмами, розташованими біля кінців відправного елемента. Допускається не передбачати спеціальну діаграму, якщо існує плита бази чи оголовка колони.

У наскрізних колонах зі з'єднувальною ґраткою 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 1.12.1.9 у вузлах кріплення зв'язків, балок, розпорок та інших елементів у зоні передавання зусилля слід застосовувати двосторонні поясні шви, що виходять за контури прикріплюваного елемента (вузла) на довжину 30 кф з кожного боку.

1.13.4.3 Кутові шви, що прикріплюють фасонки з'єднувальної ґратки до колон внапусток, слід призначати за розрахунком і розташовувати по обох боках фасонки вздовж колон у вигляді окремих ділянок 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, на накладках зі зварними швами або болтами, у тому числі високоміцними. При приварюванні накладок шви слід не доводити до стика на 30 мм з кожного боку. Допускається застосування фланцевих з'єднань з передаванням стискаючих зусиль через щільний дотик, а розтягувальних – болтами.

1.13.4.5 У наскрізних колонах, гілки яких з'єднані планками, рекомендується приймати:

- ширину b_s проміжних планок такою, що дорівнює від $0,5b$ до $0,75b$ (тут b -габаритна ширина колони у площині планок);
- ширину кінцевих планок такою, що дорівнює від $1,3 b_s$ до $1,7 b_s$.

1.13.5 Зв'язки

1.13.5.1 У кожному температурному блоці будівлі слід передбачати самостійну систему зв'язків.

1.13.5.2 Нижні пояси балок і ферм кранових колій прогоном понад 12 м слід укріплювати горизонтальними зв'язками.

1.13.5.3 Вертикальні зв'язки між основними колонами нижче рівня балок кранових колій при двогілкових колонах слід розташовувати у площині кожної з гілок колони.
Гілки двогілкових зв'язків, як правило, слід з'єднувати між собою з'єднувальними ґратками.

1.13.5.4 Поперечні горизонтальні зв'язки слід передбачати у рівні верхнього або нижнього поясів стропильних ферм у кожному прогоні будівлі по торцях температурних блоків. При довжині температурного блока понад 144 м слід передбачати проміжні поперечні горизонтальні зв'язки.
Стропильні ферми, що не прилягають безпосередньо до поперечних зв'язків, слід розкріплювати у площині розташування цих зв'язків розп'ірками і розтяжками.
У місцях розташування поперечних зв'язків, слід передбачити вертикальні зв'язки між фермами.
За наявності жорсткого диска покрівлі у рівні верхніх поясів слід передбачити інвентарні знімні зв'язки для вивіряння конструкцій і забезпечення їхньої стійкості в процесі монтажу.

1.13.5.5 Поздовжні горизонтальні зв'язки у площині нижніх поясів стропильних ферм слід передбачати:

– вздовж крайніх рядів колон у будівлях з кранами груп режимів роботи **6К – 8К** за ГОСТ 25546;

– у покриттях з підстропильними фермами;

– в одно – і двопролітних будівлях з мостовими кранами вантажопідйомністю 10 т і більше, а при позначці низу стропильних конструкцій понад 18 м – незалежно від вантажопідйомності кранів.

У будівлях з кількістю прогонів більш як три горизонтальні поздовжні зв'язки слід розміщувати також вздовж середніх рядів колон не рідше, як через прогон у будівлях з кранами груп режимів роботи **6К – 8К** за ГОСТ 25546 і через два прогони – в інших будівлях.

1.13.5.6 Горизонтальні зв'язки по верхніх і нижніх поясах розрізних ферм прогоних будівель транспортних галерей слід конструювати роздільно для кожного прогону.

1.13.5.7 При застосуванні хрестової ґратки зв'язків покриттів, за винятком будівель і споруд 1-го класу відповідальності за ДБН В.1.2-*:200*, допускається виконувати розрахунок за умовною схемою у припущенні, що розкоси сприймають тільки розтягувальні зусилля.
При визначенні зусиль в елементах зв'язків 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 з площинними системами (двопоясними, згинно-жорсткими вантами тощо) слід передбачити вертикальні і горизонтальні зв'язки між несучими системами.

1.13.6 Балки

1.13.6.1 Поясні шви зварних балок, а також шви, що приєднують до основного перерізу балки 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 поясних кутиків слід приймати такою, що становить не менш як 30% всієї площі 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;
- повинна бути забезпечена стійкість стиснутого пояса балки згідно з 1.5.4.4,а;

– у місцях прикладання до пояса балки зосереджених навантажень, включно навантаженням 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 перерізом 2 і 3 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 менш як 10 товщин стінки. У місцях перетину стикових швів стінки балки з поздовжнім ребром жорсткості шви, які прикріплюють поздовжнє ребро жорсткості до стінки у місцях їхнього перетину на $(6t - 20)$ мм, але не менш як на 30 мм (t – товщина стінки в мм).

1.13.6.5 У зварних двотаврових балках конструкцій груп 2-4 рекомендується застосовувати односторонні ребра жорсткості з розміщенням їх з одного боку балки і приварюванням їх до поясів балки.

У балках з односторонніми поясними швами ребра жорсткості слід розташовувати з боку стінки, протилежної розташуванню односторонніх поясних швів.

1.13.7 Балки кранових колій

1.13.7.1 Верхні поясні шви у балках кранових колій для кранів режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К за 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, що безпосередньо сприймають навантаження від рухомого складу, повинні бути прокатними, струганими або обрізаними машинним кисневим або плазмено-дуговим різанням.

1.13.7.3 Розміри ребер жорсткості балок кранових колій повинні задовольняти вимоги 1.5.5.5, 1.5.5.7 і 1.5.5.10, при цьому ширина виступаючої частини двостороннього проміжного ребра повинна бути не менш як 90 мм; Двосторонні поперечні ребра жорсткості, як правило, не повинні приварюватись до поясів балки; при цьому торці ребер жорсткості повинні бути щільно пригнані до верхнього пояса. У балках під крани груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К за ГОСТ 25546 необхідно стругати торці, що прилягають до верхнього пояса.

1.13.7.4 У балках під крани груп режимів роботи 1К–5К за ГОСТ 25546 допускається застосовувати односторонні поперечні ребра жорсткості з смугової сталі або одиничних кутиків з приварюванням їх до стінки і до верхнього пояса і розташуванням згідно з 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 шкаралуп тощо;
- розкрою, що забезпечує найменшу кількість 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 слід 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 Слід, 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 передбачати двостороннім зварюванням або одностороннім зварюванням з підставкою кореня шва, або на підкладках. У проекті слід указувати на необхідність забезпечення щільності з'єднань, для яких ця щільність потрібна.

1.13.9 Висячі покриття

1.13.9.1 Для конструкцій з ниток слід, як правило, застосовувати канати, пасма і високоміцний дріт. Дopusкається застосування прокату.

1.13.9.2 Покрівля висячого покриття, як правило, повинна бути розташована безпосередньо на несущих 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 відрізнятись 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 от'ємного тиску. При цьому слід перевіряти зміну кривизни покриття у двох напрямках — уздовж і поперек ниток.

Необхідна стабілізація досягається за допомогою конструктивних заходів:

- збільшенням натягу нитки за рахунок ваги покриття чи попередньої напруги;
- 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 по найбільшому зусиллю, що виникає при розрахунковому навантаженні, з урахуванням зміни заданої геометрії покриття. У сітчастих системах, крім цього, переріз нитки повинен бути перевірений на зусилля від дії змінного навантаження, розташованого тільки уздовж даної нитки.

1.13.9.6 Вертикальні і горизонтальні переміщення ниток і зусилля в них слід визначати з урахуванням нелінійної роботи конструкцій покриття.

1.13.9.7 При розрахунку ниток з канатів і їхніх закріплень слід приймати коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 0,8$; для стабілізуючих канатів, що не є затяжками для опорного контуру, коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1$.

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 засобів:

- збільшенням власної ваги покриття;
- введенням у конструкцію елементів, що мають жорсткість на згин (лінійних стабілізуючих елементів);
- попередньою напругою системи покриття;
- формою поверхні.

1.13.10.2 Мінімальна товщина листового прокату для прогінної частини мембрани повинна бути менш, ніж 2 мм. Мембранні полотна повинні мати максимальні розміри в плані з урахуванням їхніх умов виготовлення, транспортування і монтажу, і поставлятися на монтажну площадку в рулонах. Як правило, максимальна ширина полотна не повинна перевищувати 12 м, а довжина рулону має бути рівної прогону (радіусу) покриття.

Мембранні полотна рекомендується з'єднувати між собою і з опорним контуром внапуск на зварюванні (безупинним кутовим швом, крапковим проплавленням) або на високоміцних болтах.

1.13.10.3 Лінійні стабілізуючі елементи становлять основою, на яку укладаються полотна мембрани в період монтажу і можуть служити системою стабілізації для періоду експлуатації покриття.

Лінійні стабілізуючі елементи складаються з направляючих і поперечних зв'язків.

Направляючі стабілізуючі елементи розташовуються уздовж мембранних полотен із кроком, рівним їхній ширині. При ширині полотен більш 6 м направляючі рекомендується встановлювати із кроком, рівним половині ширині полотна 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 їх із кроком 3...6 м. Кріплення поперечних стабілізуючих елементів до направляючих повинно забезпечувати роботу направляючих стабілізуючих елементів за нерозрізною схемою.

Виконувати стабілізуючі елементи слід зі сталевієї смуги довжиною, що дорівнює прогону мембрани і завширшки 300-500 мм.

1.13.10.4 Для покриттів великих прольотів опорний контур рекомендується виконувати сталевобетонним 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 зварених 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 в кутах опорного контура слід застосовувати, як правило, плавне сполучення елементів контура.

Сполучення 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.

Приєднання мембрани до опорного контуру рекомендується виконувати через опорний столик, нахил якого дорівнює нахилу дотичної до поверхні мембранної оболонки в місці приєднання.

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, що забезпечують 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 при необхідності суворо рівномірного розподілення тиску під опорою.

1.13.11.2 Площинні або каткові рухомі опори слід застосовувати у тих випадках, коли нижчерозташована (підпорна) конструкція повинна бути розвантажена від горизонтальних зусиль, які виникають при нерухомому опиранні балки або ферми.

1.13.11.3 Коефіцієнт тертя в площинних рухомих опорах приймається таким, що дорівнює 0,3, в каткових опорах — 0,03.

1.13.12 Фланцеві з'єднання

1.13.12.1 При проектуванні фланцевих з'єднань слід:

– вибирати сталь для фланців з урахуванням гарантії властивостей у напрямку товщини прокату;

– використовувати високоміцні болти, що забезпечують зниження трудомісткості монтажних робіт, а також можливість сприймати поперечні зусилля за рахунок сил тертя між фланцями.

1.13.12.2 При розрахунку фланцевих з'єднань у залежності від конструктивного рішення, характеру передаваних 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 (у стиках і базах колон і т.п.) стискаючу силу слід вважати такою, що цілком передається через торці.

1.13.13.2 В позацентрово-стиснутих елементах зварні шви і болти, включаючи високоміцні, при дії в зазначених з'єднаннях подовжньої сили і згину слід розраховувати на максимальне розтягувальне зусилля від дії моменту і подовжньої сили при найбільш несприятливому їхньому сполученні, а також на зсуваючі зусилля від дії поперечної сили.

1.13.14 Монтажні кріплення

1.13.14.1 Монтажні кріплення конструкцій будівель і споруд з балками кранових колій, що розташовуються на витривалість, а також конструкцій під залізничні состави слід приймати зварними або фрикційними.

Болти класі точності В і С у монтажних з'єднаннях цих конструкцій допускається застосовувати:

- для кріплення прогонів, елементів ліхтарної конструкції, зв'язків по верхніх поясах ферм (при наявності зв'язків по нижніх поясах або жорсткій покрівлі), вертикальних зв'язків по фермам і ліхтарям, а також елементів фахверку;
- для кріплення зв'язків по нижніх поясах ферм при наявності жорсткої покрівлі (залізобетонних чи армованих плит з нідруюватих бетонів, сталевих профільованих настилу тощо);
- для кріплення стропильних і підстропильних ферм до колон і стропильних ферм до підстропильних за умови передачі вертикального опорного тиску через столики;
- для кріплення розрізних балок кранових колій між собою, а також для кріплення їхнього нижнього пояса до колон, до яких не кріпляться вертикальні зв'язки;
- для кріплення балок робочих площадок, які не піддаються дії динамічних навантажень;
- для кріплення другорядних конструкцій.

1.13.14.2 Для перерозподілу згинальних моментів у елементах рамних систем допускається застосування у вузлах з'єднання ригелів з колонами сталевих накладок, що працюють у пластичній стадії.

Накладки слід виготовляти із сталей з межею текучості до 345Н/мм².

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 монтажні пристрої (ловителі, фіксатори тощо), необхідно для полегшення наведення монтажних блоків на розташовані нижче конструкції, а також допоміжні 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, що додають 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, що 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 Конструкції запроектовані за раніше чинними нормами і технічними умовами, допускається не піддавати перевірконому розрахунку у випадках, якщо за період експлуатації не менш як 15 років у них немає фізичного зносу, дефектів і пошкоджень, не змінюються умови подальшої експлуатації, не змінюються навантаження і виливи, а при їхній зміні не збільшуються 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. В 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 Оцінка 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 не вищих 165 Н/мм^2 за умови, що розрахункова температура і показник групи S обчислений згідно з додатком B , 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 1.12.1.7, 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. При відсутності встановлених нормами необхідних даних допускається приймати:

– для кутових швів — $R_{wf} = R_{wz} = 0,44 R_{um}$; $\beta_f = 0,7$ 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, взятих із конструкції згідно з вказівками ДБН 362-92.

1.14.2.4 Розрахункові опори зрізу і розтягуванню болтів, а також зминанню елементів, що з'єднуються болтами, слід визначати згідно з вказівками 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 матеріалі заклепок і встановити їх за наявними даними неможливо, розрахункові опори слід приймати за табл. 41, як для з'єднань на заклепках групи C із сталі марки Ст2.

Розрахунки заклепкових з'єднань слід виконувати згідно з 1.12.2.9, приймаючи $R_{bs} = R_{rs}$; $R_{bp} = R_{rp}$; $R_{bt} = R_{rt}$; $A_b = A_{bn} = A_r = 0,785d_r^2$; $\gamma_b = 1$; $d_b = d_r$.

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 нижчі за регламентовані таблицею Д1 додатка Д, можуть не піддаватися підсиленою 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 відрізнятись 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 сполучення елементів.

Перевіркові розрахунки елементів конструкцій та їх з'єднань слід виконувати з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень, встановлених кількісних показників корозійного зносу, фактичних умов сполучення і опирання. Розрахунок елементів допускається виконувати за деформованою схемою, приймаючи при цьому коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1,0$ 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, що забезпечують нормальну експлуатацію технологічного і підйомно-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 правилами 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 і вертикальні прогини і відхилення 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 встановлені в 1.9, але мають викривлення що не перевищують значень, установлених правилами виконання і приймання робіт, і зусилля в елементах не будуть зростати 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, у тому числі за рахунок зварювання, змін конструктивної і розрахункової схеми, а також пружно-пластичної роботи сталі, закритичної роботи тонкостінних елементів і обшивок конструкцій згідно з чинними нормами.

1.14.3.6 Конструкції заходи по підсиленню 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 забезпечуватися з урахуванням впливу ослаблення перерізів додатковими отворами під болти і впливу зварювання.

У разі потреби в період підсилення конструкція повинна бути повністю або частково розвантажена.

1.14.3.7 У конструкціях груп Б, В згідно з додатком 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 проєктувати з катетом більшим, ніж катет проміжних ділянок, і встановлювати їхні розміри згідно з розрахунком.

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 розтягуванню 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	120	150	–
зминачня	R_{cp}	С	–	–	$R_{rp} = 2 R_y$ $R_{rp} = 1,7 R_y$

Примітки:
1. До групи В належать з'єднання, у яких заклепки поставлені в отвори, свердлені у зібраних складаних елементах або в деталях по кондукторах. До групи С належать з'єднання, у яких заклепки поставлені в отвори, свердлені без кондуктора в окремих деталях.
2. При застосуванні заклепок з потайними чи напівпотайними головками розрахункові опори заклепкових з'єднань зрізу і зминачню знижуються множенням на коефіцієнт 0,8. Робота зазначених заклепок на розтяг не допускається.

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 піддаються 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 (ослаблення 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 конструкцій та підсилення. Допускається приймати один розрахунковий опір, що дорівнює меншому з них, якщо вони відрізняються не більш, як 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 1.14.2.2;

K – коефіцієнт, що 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, підсиленних 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, ваги підсиленого перерізу і викривлення, викликаного 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 1.14.3.10 допускається приймати один розрахунковий опір, крім 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 позацентрово 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; $\gamma_m = 1$ 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).

Згинальні моменти M_x і M_y слід визначати відносно головних осей підсиленого перерізу.

1.14.3.14 Допускається не підсилювати існуючі сталеві конструкції, виконані з відступом від вимог пп. 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 викликані цими відступами пошкодженнями елементів конструкцій;
- виключені зміни у несприятливу сторону умов експлуатації конструкцій;
- несівна здатність і жорсткість обумовлені розрахунком с урахуванням вимог пп. 1.14.3.2, 1.14.3.4, 1.14.3.8;
- виконуються заходи щодо запобігання руйнуванню від втоми конструкцій, на які поширюються вказівки розділу 11.

При виконанні цих умов для перевірок стійкості центрально-стиснутих елементів допускається приймати криву стійкості типу "e" замість кривої типу "c".

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 наглядовим органам 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 класів С440–С590, що піддаються безпосередньому впливу вібраційних або динамічних навантажень.

2.1.4 Сталеві конструкції зі сталі до С390 включно, що зводяться або експлуатуються в районах з розрахунковою температурою до мінус 40° С, слід виготовляти при плюсовій температурі.

2.1.5 Для сталі до С390 включно при температурі нижче мінус 25° С, а для сталі С440 — при температурі нижче 0°С забороняються ударні впливи при виготовленні, а також різання на ножицях і продавлювання отворів.

2.1.6 При виготовленні і прийманні сталевих конструкцій, крім 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 повинні проводитися за правилами, регламентованими Держпромтехнаглядом України.

2.2 Вимоги до конструкторської документації, контроль якості

2.2.1 Вся конструкторська документація, яка надходить до підприємства, має бути розглянута і проаналізована з метою:

- виявлення помилок;
- перевірки технологічності складання.

2.2.2 Сталеві конструкції повинні виготовлятися відповідно до креслень КМД (конструкції металеві деталювальні), розробленими за робочими кресленнями КМ (конструкції металеві).

2.2.3 При розробці креслень 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 монтажні та ін.), і технологічні можливості підприємства-виробника.

2.2.4 Організація, що розробляє креслення КМД, несе відповідальність за відповідність їх кресленням 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. Відступи від креслень КМ, як правило, не допускаються. У разі потреби вони повинні бути погоджені з розробниками креслень 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;
- попередній напрузі конструкцій;
- підготовці поверхонь під ґрунтування;
- підготовці поверхонь під фарбування;
- ґрунтуванні і фарбуванні;
- нанесенні захисних покриттів;
- випробуванні конструкцій.

2.2.6 Якість і марки матеріалів, що застосовують відповідно до проекту 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 Весь сталевий прокат і гнуті профілі (далі за текстом «сталь») повинен бути перевірений на відповідність його діючим стандартам або технічним умовам, розсортований, замаркований, розкладений по профілях, марках та плавках і перед подачею у виробництво виправлений, очищений від окалини, іржі, масел, вологи, снігу, льоду та інших забруднень і захищений від корозії ґрунтовкою, що дозволяє виконувати зварювання.

2.3.2 Всі матеріали слід зберігати відповідно до вимог ДБН Г.1-4-95.

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 приведені в таблиці 2.4.1.

2.4.2. Припустимо виправлення сталі місцевим нагріванням полум'ям газових пальників, при цьому температура зони нагрівання не повинне перевищувати 800 °С для гарячекатаних і нормалізованих сталей, а для термічно поліпшених сталей –700 °С.

2.4.3. Після виправлення прокат повинний відповідати наступним вимогам:

– не мати тріщин і розшарувань. Допускається наявність місцевих вм'ятин по товщині та ширині прокату на глибину, що не перевищує подвоєної величини мінусового допуску для даного виду прокату, передбаченого відповідним ГОСТ чи ТУ, але у всіх випадках не більш 1 мм по товщині та 3 мм по габаритах перерізу.

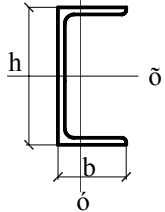
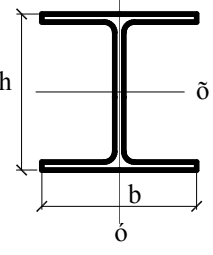
– розбіжність площини перерізів профільного прокату не повинна перевищувати відповідних допусків, установлених ДСТ чи ТУ для даного виду прокату.

– граничні прогини профільного прокату по всій довжині елемента не повинні перевищувати $0,001l < 10$ мм, а прогини місцевого скривлення – 1 мм на довжині 1,0 м..

– площинність листового прокату повинна відповідати ГОСТ 19903.

Таблиця 2.4.1.

профіль	ескіз	щодо нейтральної осі	граничний прогин, що допускається, мм
Сталь листовая, універсальна, смугова, квадратна		x-x y-y	$l^2/400 h$ $l^2/800 b$
Сталь кутникова		x-x y-y	$l^2/720 b_1$ $l^2/720 b_2$
Гнutoзварні профілі		x-x y-y	$l^2/400 h$ $l^2/400 b$
Труби, круг		x-x y-y	$l^2/400 d$ $l^2/400 d$

Швелери		x-x y-y	$l^2/400 h$ $l^2/720 b$
Двотаври		x-x y-y	$l^2/400 h$ $l^2/400 b$
Примітка: l- довжина відрізка елемента з прогином одного знака			

2.4.4. Перед застосуванням лакофарбові матеріали повинні бути доведені до параметрів, установлених технологічним регламентом і НТД 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
на ширину різання	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
	більше 40	3,0–4,0
	профільний прокат: кутники, швелери, труби, балки з висотою стінки, мм:	
	400 і менш	1,0
	більше 400	1,5
	подовжні 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.

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 повинний бути менше, а стріла прогину f не повинна бути більше величин, наведених у табл. 5.2.3.

Таблиця 2.5.2

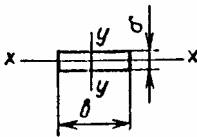
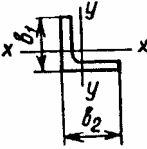
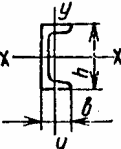
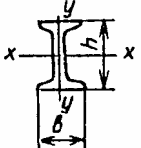
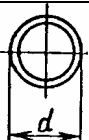
найменування параметра	граничне відхилення, мм
внутрішній діаметр втулок	+ 0,15
відстань між центрами двох сусідніх втулок, у тому числі по діагоналі	± 0,25
відстань між будь-якими втулками в групі, у тому числі по діагоналі	± 0,35
відстань між групами отворів	± 1,0

2.5.4 Обробка деталей зі сталі до С345 включно в гарячому стані (тиском) повинна виконуватися після нагрівання до температури 900 - 1000° С, а зі сталі С390 і С440, що поставляються в нормалізованому стані, - до температури 900 - 950° С; обробка повинна припинятися при температурі не нижче 700°С. Швидкість охолодження деталей після закінчення обробки повинна виключати загартування, короблення, появу тріщин і надривів. Термічно поліпшену сталь нагрівати до температури вище 700°С забороняється. Забороняється виправлення сталі шляхом наплавлення валиків дуговим зварюванням.

2.5.5 При гнутті деталей з вуглецевої сталі на кромкозгинальних пресах внутрішні радіуси закруглення повинні бути не менше 1,2 товщини сталі для конструкцій, що сприймають статичне навантаження, і 2,5 товщини сталі для конструкцій, що сприймають динамічне навантаження, а з низьколегованої сталі - на 50% більше, ніж для вуглецевої. Внутрішні радіуси закруглень у сталі С440 повинні бути не менше трьох товщин сталі. У деталях з низьколегованої сталі до С440 включно до згинання слід простругати кромки, що перетинають лінії згину, і видалити задирки.

Таблиця 2.5.3

прокат	ескіз	віднос-	радіус кривизни ρ і стріла
--------	-------	---------	---------------------------------

		но вісі	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	$\frac{l^2}{400\delta}$
		$y-y$	—	—	—	$\frac{l^2}{800b}$
кутник		$x-x$	$45b_1$	$\frac{l^2}{360b_1}$	$90b_1$	$\frac{l^2}{720b_1}$
		$y-y$	$45b_2$	$\frac{l^2}{360b_2}$	$90b_2$	$\frac{l^2}{720b_2}$
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 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 $1,5 \rho$.

2.6 Різання і обробка крайок

2.6.1. Різання профільного прокату можна виконувати фрикційними й 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 штапах, 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:

– конструкцій I й II груп за п.1.3.5, що працюють на розтягнення, поздовжні кромки яких після складання і зварювання залишаються вільними, у тому числі стикових накладок;

– фасонки кроквяних і підкроквяних ферм, пролітних будівель транспортерних галерей, а також фасонки інших конструкцій групи I за п.1.3.5.

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 менш 0,2 товщини 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 з низьколегованої сталі до С390 включно і термічно поліпшеної вуглецевої сталі, що не підлягають зварюванню або не повністю проплаваються при зварюванні, після ручного кисневого різання підлягають механічній обробці (струганню, фрезеруванню, обробці абразивним кругом тощо). Кромки деталей зі сталі С440 підлягають струганню або фрезеруванню.

Кромки деталей, що приторцьовуються, незалежно від способів різання та сталі, підлягають струганню або фрезеруванню.

2.6.7 Механічна обробка виконується на глибину, що забезпечує видалення дефектів поверхні кромки, але не менш 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 з вуглецевої сталі С235 після ручного кисневого різання повинні бути очищені та не мати задирок, що перевищують 1 мм.

2.6.8. Кромки деталей після машинного кисневого і плазмено-дугового різання, що не підлягають зварюванню або неповністю проплаваються при зварюванні, по шорсткості поверхні різання повинні відповідати другому класу за ГОСТ 14792 - 69 й 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 більш 2 мм.

Кромки деталей 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 по шорсткості поверхні різання вищевказаним вимогам, підлягають механічній обробці відповідно до вказівок 2.6.3 і 1.12.4. Окремі місця з висотою нерівностей, що перевищує 0,3 мм, а також вириви, що не виводять розмір деталі за межі допусків, у кількості не більш одного 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 всіх товщин з низьколегованої сталі, що працюють на розтягнення, та з вуглецевої сталі товщиною понад 10 мм, кромки фасонки ферм з усіх сталей, а також кромки всіх розрахункових деталей у конструкціях, що сприймають динамічні навантаження, після різання на ножицях підлягають механічній обробці відповідно до вказівок 2.6.3 і 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 мінус 15°C кисневе різання кромки, що підлягають подальшій механічній обробці, деталей з низьколегованої сталі слід робити з підігрівом металу в зоні різання до 100° С.

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 кромок від проектного положення визначаються допусками на зазори за 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 поперечних відносно зусилля рисок. Рекомендується обробляти ці скоси фрезеруванням. Нерівності і риси в деталі, що утворилися після поперечного стругання, повинні бути зглажені абразивною обробкою повздовж зусилля.

2.6.12. На деталі основних елементів конструкцій, наведених у кресленнях, наносяться фарбою або тавруванням номери плавків.

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.

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 сталі до С390 включно, повинна бути не менш 50 мм і відстань між прихватками - не більш 500 мм, а в конструкціях зі сталі С440 — відповідно 100 і 400 мм при катеті шва прихватки не більш половини катета шва зварного з'єднання.

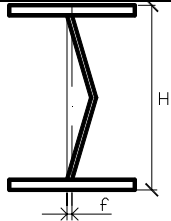
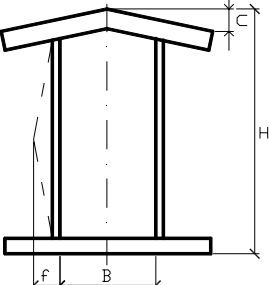
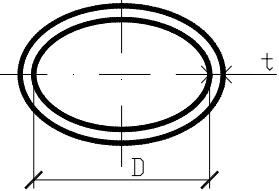
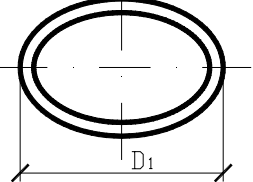
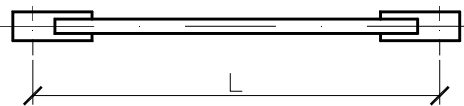
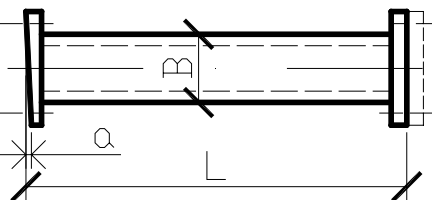
Прихватки для складання конструкцій повинні бути виконані із застосуванням тих же зварювальних матеріалів і такої ж якості, що й основні шви зварних з'єднань.

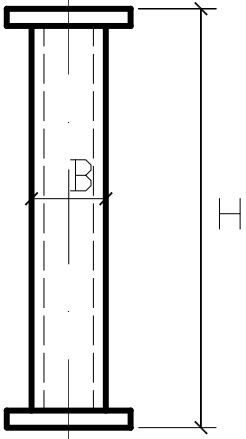
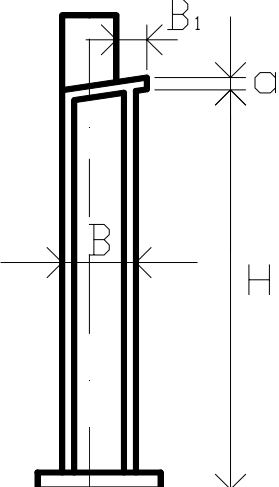

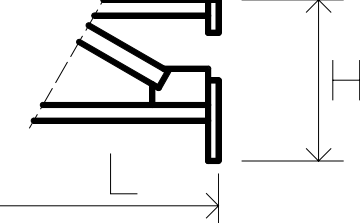
На деталях, виготовлених зі сталі до 390 включно, дозволяється виконання прихваток поза місцями розташування швів для тимчасового скріплення деталей у процесі їхньої обробки (пакетного свердління, гнуття тощо). Ці прихватки після виконання свого призначення повинні бути вилучені, а місця їхнього розміщення зачищені.

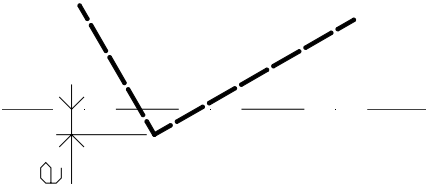
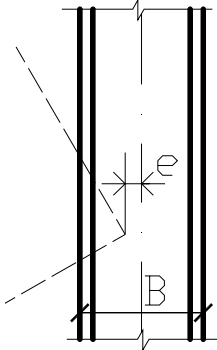
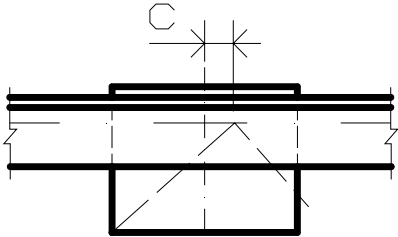
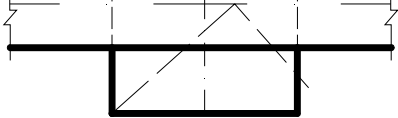
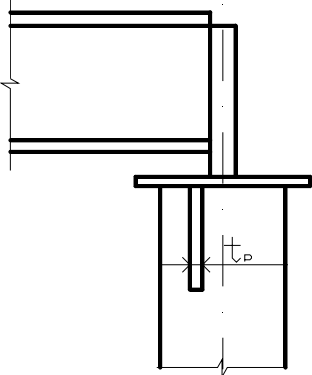
У зварних з'єднаннях, що виконуються автоматами і напівавтоматами, складальні прихватки виконуються електродами, що забезпечують задану міцність з дотриманням вимог, що висуваються до постійних зварних з'єднань.

Таблиця 2.7.1

вид граничного відхилення	ескіз	величина граничного відхилення, мм
1. Відхилення форми та лінійних розмірів перерізів елементів Двотавр і тавр по висоті Н		$\pm 3,0$
Зсув стінки щодо осі полиці		$\leq 0,5 t_{ст}$

Неперпендикулярність полиці a		$0,01 B$
Неперпендикулярність полиці c		
Стріла прогину стінки балки, не укріпленої ребрами жорсткості f		$0,01 H \leq t_{cr}$
Те ж, укріпленої ребрами жорсткості		$0,05 H \leq t_{cr}$
Двохстінчаті балки коробчатого перерізу: відхилення висоти H відхилення ширини B неперпендикулярність полиць c стріла прогину стінок f		$\pm 3,0$ $\pm 3,0$ $\pm 0,015B \leq t_{cr}$ $\pm 0,015H \leq t_{cr}$
2. Відхилення зовнішнього периметра труби від теоретичного розміру $P = \pi D$		$\pm 0,75t_{cr}$
Овальність перерізу труби в місцях ребер жорсткості D_1		$\pm 0,01D$
Те ж, у місцях не укріплених ребрами жорсткості		$\pm 0,02D$
3. Відхилення розмірів елементів з болтовими з'єднаннями Фрикційні, зрізні та фрикційно-зрізні при: $L \leq 6000$ мм $L \geq 6000$ мм		$\pm 3,0$ $\pm 5,0$
Фланцеві з'єднання: довжина елемента при наявності компенсаційних прокладок неперпендикулярність фланця щодо осі елемента a місцева нещільність робочої поверхні фланця		$0-5,0$ $0,0007 B$ $0,3$
4. Відхилення розмірів L елементів з монтажними стиковими зварними		$0-5,0$

<p>з'єднаннями</p> <p>те ж, що з'єднуються на накладках</p>		<p>0–10,0</p>
<p>5. Відхилення розмірів H елементів, що передають опорні зусилля через торці: відхилення по висоті стійок і колон, що монтуються в один і два яруси</p> <p>те ж, у три яруси і більше</p> <p>неперпендикулярність торців щодо розміру перерізу торця</p> <p>неплощинність опорної поверхні</p>		<p>$\pm 5,0$</p> <p>$\pm 3,0$</p> <p>$0,0007 B$</p> <p>0,3</p>
<p>Відстань H від опорної плити стійки, колони до опорної поверхні столиків, консолей, траверс і т.п.</p> <p>Неперпендикулярність a опорної поверхні столиків, консолей, траверс щодо осі колон (по ширині опорної поверхні B_1)</p>		<p>$\pm 3,0$</p> <p>$0,001 B_1$</p>
<p>Відхилення висоти балки H_B від верхнього пояса до опорної поверхні при передачі зусилля через торці опорних ребер</p> <p>те ж, через опорні плити</p>		<p>$\pm 2,0$</p> <p>$\pm 5,0$</p>
<p>6. Ферми з передачею зусиль через торцеві опорні ребра:</p> <p>відхилення H від опорної поверхні ребра до зовнішньої поверхні верхнього пояса</p>		<p>$\pm 5,0$</p>

<p>Відхилення лінійних розмірів елементів наскрізних конструкцій:</p> <p>відхилення довжини L складальних одиниць при наявності в монтажних з'єднаннях чи прокладок при зварному з'єднанні з накладками</p> <p>відхилення висоти на опорі</p> <p>те ж, у стиках</p> <p>те ж, в інших місцях</p>		<p>$\pm 10,0$</p> <p>$\pm 5,0$</p> <p>$\pm 3,0$</p>
<p>Розцентрування елементів решіток щодо осі пояса e:</p> <p>для конструкцій із труб, прямокутних профілів, двотаврів і швелерів, стійок і колон розцентрування відносно вертикальної осі</p> <p>те ж, для конструкцій з парних кутників і таврів</p>		<p>$\pm 10,0$</p> <p>$\pm 5,0$</p> <p>$0,04 B$</p>
<p>7. Гранично допустимі прогини елементів у площині та з площини по довжині L і висоті H</p>		<p>$0,03 B$</p> <p>$0,001 H$</p> <p>$0,001 L$</p>
<p>8. Відхилення вузлових фасонки наскрізних конструкцій і фасонки для приєднання зв'язків, балок і т.п. c</p>		<p>$\pm 5,0$</p>
<p>9. Зсув ребер і діафрагм жорсткості при передачі зосереджених навантажень у траверсах колон, опорних вузлах балок, рамних вузлах і т.п. (товщина ребра - t_p)</p> <p>Зсув і відхилення від проектної осі ребер жорсткості і діафрагм, що забезпечують стійкість стінки</p>		<p>$0,25 t_p$</p> <p>$\pm 10,0$</p>

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 С440 у відповідності зі спеціальними вказівками в кресленнях.

Всі 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 більш 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 більш 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 повинне виконуватися шляхом послідовного з'єднання всіх елементів конструкції або окремих її частин. При цьому повинне 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 повинне виконуватися на підприємстві - виробнику, якщо це обговорено 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 як вимога технологічної документації виготовлювача конструкцій при періодичному контролі й випробуванні.

2.7.8 Загальне складання конструкцій, у тому числі негабаритних просторових для монтажу 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 2.7.7 і 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 більш;

- веж (площинами);

- конічних частин труб;

- негабаритних бункерів;

- конструкцій транспортерних галерей — у межах одного конструктивного елемента (ферми, опори);

- листових конструкцій, при загальному складанні котрих одночасно повинне бути зібрано не менш 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.

В обсяг контрольного складання однотипних конструкцій повинні входити всі елементи і деталі, виготовлені з застосуванням усього комплексу кондукторів. Кількість поставлених повномірних складальних болтів і пробок повинна бути не більше 30% числа отворів у групі, у тому числі пробок - не більше 3 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 нормою — кожна п'ятидесята конструкція та не менш однієї від кожної виготовленої партії 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 типових чи спеціальних технологічних інструкцій, карт і т.п., у яких повинні враховуватися особливості і стан виробництва.

2.8.2 Устаткування для зварювання повинне 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: не вище ніж 350 HV для конструкцій групи 1 за 1.1.3.4 і не вище ніж 400 HV для конструкцій інших груп;
- ударна в'язкість $KCV^{-20} \leq 29$ Дж/см²;
- відносне подовження 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, з відхиленнями, що допускаються:

сили струму $\pm 5\%$;

напруги дуги $\pm 5\%$.

Режим зварювання слід підбирати таким чином, щоб коефіцієнт форми провару шва складав: для кутового $\frac{b}{h} \geq 1,3$ (рис. 2.8.1, а) і для стикового однопрохідного шва $\frac{b}{h} \geq 1,5$ (рис. 2.8.1, б).

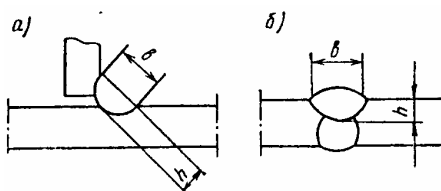


Рис. 2.8.1. Форма провару зварних з'єднань
а — кутового шва; б — стикового однопрохідного шва

2.8.6 При зварюванні особливо відповідальних і спеціальних конструкцій біля шва зварного з'єднання повинен бути проставлений номер або знак зварника, що виконав цей шов. Номер або знак проставляється на відстані не менше 4 см від межі шва, якщо немає інших вказівок технологічної документації.

2.8.7 При використанні металопрокату, не підданого консервації, поверхні, що проплавляються, і прилеглі до них зони металу шириною 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 багатошарових 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 добром режимів зварювання та відповідним розташуванням деталей, що зварюються. Механічна обробка швів виконується способами, що не залишають на їх поверхні зарубин, надрізів та інших дефектів.

2.8.11 Початок і кінець шва стикового зварного з'єднання, а також виконаного автоматом шва кутового і таврового зварного з'єднання повинні виводитися за межі деталей, що зварюються, на початковій і вивідній 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 С440 відповідно до вказівок у технічній документації.

Риски від абразивної обробки після видалення вивідних планок повинні бути спрямовані уздовж кромки зварених деталей. Всі опіки на поверхні основного металу від зварювання повинні бути зачищені абразивним кругом на глибину не менш 0,5 мм.

Ослаблення перерізу при обробці зварних з'єднань (заглиблення в основний метал) не повинне перевищувати 3% товщини металу.

Для видалення поверхневих дефектів з торця шва механічною обробкою дозволяється поглиблюватися з ухилом не більше 1:20 на вільній кромці в товщину металу на величину 0,02 ширини листа, що зварюється, але не більше ніж на 8 мм із кожної сторони, без підварки. Після обробки торців швів необхідно закруглювати гострі грані.

2.8.13 Ручне і напівавтоматичне дугове зварювання конструкцій зі сталі 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 більш 20 мм має виконуватися способами, що забезпечують зменшення швидкості охолодження: каскадом, гіркою, двостороннім зварюванням секціями.

Зварювання конструкцій зі сталі С590 слід виконувати при температурі не нижче мінус 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 слід виконувати з попереднім підігрівом до температури 120 - 160°C.

При товщині сталі більше 25 мм попередній підігрів слід виконувати у всіх випадках, незалежно від температури навколишнього середовища.

Таблиця 2.8.1

товщина сталі, мм	мінімально допустима температура сталі, °С			
	вуглецевої		низьколегованої до S390 включно	
	шви зварних з'єднань в конструкціях			
	наскрізних	листових об'ємних і сплошностінчатих	наскрізних	листових об'ємних і сплошностінчатих
до 16 (включно)	-30	-30	-20	-20
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 конструкцій дозволяється проводити без підігріву:

– з вуглецевої сталі товщиною до 30 мм, якщо температура сталі не нижче мінус 30° С, а при більших товщинах — не нижче мінус 20°С;

– з низьколегованої сталі товщиною до 30 мм, якщо температура сталі не нижче мінус 20°С, а при більших товщинах сталі — не нижче мінус 10°С.

2.8.15 Автоматичне зварювання при температурах нижчих за наведені у 2.8.14 може виконуватися тільки на підвищених режимах, які забезпечують збільшену подачу тепла і понижають швидкість охолодження.

2.8.16 Електрошлакове зварювання конструкцій з вуглецевої і низьколегованої сталей може виконуватися без обмеження температури сталі.

2.8.17 При температурі сталі нижче мінус 5°С 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 відповідно до технологічного процесу, розробленого для конструкцій, що зварюються.

2.8.18 Якість швів зварних з'єднань для кріплення складальних і монтажних пристроїв повинна бути не нижче якості основних швів.

2.8.19 Шви зварних з'єднань і конструкцій по закінченні 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 всіх 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	Всі типи конструкцій

зварювання.	
2. Зовнішній огляд 100% швів з перевіркою розмірів	Те ж саме
3. Вибірковий контроль ¹ швів ультразвуковою дефектоскопією або просвічуванням проникаючим випромінюванням ¹	Всі типи конструкцій, за винятком зазначених у п.6 цієї таблиці.
4. Випробування всіх швів на непроникненість одним з наступних методів: обприскуванням гасом; обприскуванням мильною емульсією (при надлишковому тиску чи вакуумі)	Листові конструкції при товщині металу до 16 мм включно, шви яких повинні бути герметичними
5. Випробування на непроникненість і міцність повітряним, гідравлічним чи газовим тиском	Резервуари, трубопроводи і судини. Випробувальне середовище і величина тиску приймаються відповідно за додатковими правилами або проектом
6. Контроль фізичними методами без руйнування з'єднань, що контролюють	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 за ДСТ 3242 — 69.	

2.8.21 За зовнішнім виглядом шви зварних з'єднань повинні задовольняти наступним вимогам:

–мати гладку чи рівномірно лускату поверхню (без напливів, пропалів, звужень і перерв) 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, що виходять за межі, зазначені в 2.8.25;

–підрізи основного металу допускаються глибиною не більш 0,5 мм при товщині сталі від 4 до 10 мм і не більш 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 швів зварних з'єднань згідно табл. 3 п.3 дійсної глави 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 зварюють 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, покритій водяною суспензією крейди або каоліну, протягом 4 год. при плюсовій і 8 год. при мінусовій температурі навколишнього повітря не повинні з'являтися плями.

2.8.24 При перевірці непроникненості швів зварних з'єднань надлишковим тиском повітря або вакуумом на поверхні шва, вкритого мильною емульсією, не повинні з'являтися пузири.

2.8.25 Допускаються наступні дефекти швів зварних з'єднань, що виявляються фізичними методами контролю (за винятком випадків, обговорених у додаткових правилах):

а) непровари по перерізу швів у з'єднаннях, доступних зварюванню з двох сторін, глибиною до 5% товщини металу, але не більше 2 мм при довжині непроварів не більше 50 мм, відстані між ними не менш 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 зварюванню тільки з одного боку, глибиною до 15% товщини металу, але не більше 3 мм;

в) окремі шлакові включення або пори, або скупчення їх (по групі А і В ГОСТ 7512 - 69) розміром за діаметром не більш 10% товщини металу, що зварюється, але не більше 3 мм;

г) шлакові включення або пори, розташовані ланцюжком уздовж шва (по групі Б ГОСТ 7512 - 69), при сумарній їхній довжині, що не перевищує 200 мм на 1 м шва;

д) скупчення газових пор і шлакових включень (по групі В ДСТ 7512 - 69) в окремих ділянках шва в кількості не більше 5 одиниць на 1 м² площі шва при діаметрі одного дефекту не більш 1,5 мм;

е) сумарна величина непровару, шлакових включень і пор, розташованих окремо чи ланцюжком (по групі А і Б ГОСТ 7512 - 69), що не перевищує в розглянутому перерізі при двостороннім зварюванні 10% товщини металу, що зварюється, але не більше 2 мм і при однобічному зварюванні без підкладок - 15%, але не більше 3 мм.

У конструкціях із сталі С440 не допускаються дефекти швів, зазначені в підпунктах "а" і "б".

Шлакові включення або пори, що утворюють суцільну лінію уздовж 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 не більш 1 мм для сталі товщиною до 25 мм і не більш 4% товщини для сталі товщиною більш 25 мм, у кількості не більше чотирьох дефектів на ділянці шва довжиною 400 мм. Відстань між дефектами повинна бути не менше 50 мм.

У стикових і кутових швах статично навантажених стиснених елементів допускаються одиничні пори і шлакові включення діаметром не більше 2 мм у кількості не більше шести дефектів на ділянці шва довжиною 400 мм або не більше однієї групи цих же дефектів на цій же довжині.

Відстань між дефектами повинна бути не менше 10 мм.

Характер роботи елементів приймається за технічною документацією.

2.8.27 Якщо при вибірковому контролі будуть виявлені неприпустимі дефекти, то необхідно виявити межі дефектної ділянки додатковим контролем поблизу місць з виявленими дефектами.

Якщо при додатковому контролі будуть також виявлені неприпустимі дефекти, контролю піддається весь шов.

2.8.28 Тріщини у швах зварних з'єднань не допускаються. Ділянка шва з тріщиною повинна бути засвердлена (діаметр отвору 5 - 8 мм) по межах тріщини плюс 15 мм з кожної її сторони, після чого виправлена відповідно до 2.8.31, з роззенковкою і заваркою отворів.

2.8.29 Пластини для механічних випробувань контрольних зразків повинні виготовлятися з тієї ж сталі, що й основний виріб. Пластини приєднуються до виробу таким чином, щоб шов пластин виконувався в тому ж просторовому положенні, що і шов виробу, що зварюється, і був його продовженням. Пластини зварюються тим же зварником, із застосуванням тих же режимів зварювання, матеріалів і устаткування, що і при зварюванні виробу.

2.8.30 Розміри пластин, а також форма і розміри зразків і спосіб вирізки зразків із заготовок повинні відповідати 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 по лінії сплавлення - по 3 зразки;

— на статичний вигин стикового з'єднання - 2 зразки;

– на твердість по алмазній піраміді всіх з'єднань 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 зварника додатково перевірені.

2.8.31 Дефекти зварних з'єднань повинні усуватися такими способами:

– виявлені перерви 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 величини, наведені, повинні бути виправлені. Виправлення повинне бути виконано способами термічного, механічного або термомеханічного впливу за вимог 2.5.3, 2.5.4.

2.9 Утворення отворів і контрольне складання

2.9.1 Усі монтажні отвори повинні бути утворені на проектний діаметр на підприємстві-виробнику, за винятком отворів, обумовлених у проекті відповідно до технології монтажних робіт.

Утворення отворів на менший діаметр із наступним розсвердлюванням на проектний виконується тільки у випадку, якщо це обговорено в технічній документації.

2.9.2 Утворення отворів продавлюванням забороняється застосовувати для сталей з нормативною межею текучості більш 350 МПа.

2.9.3 Співвідношення між товщиною металу і діаметром отвору при продавлюванні не повинно перевищувати наступних величин:

– для болтів класів міцності 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 8.8 - не більш $0,7 t / d_b$, где $t \leq 20$ мм;

– для болтів класів міцності 10.9 і вище - не більш $0,5 t / d_b$, где $t \leq 12$ мм;

2.9.4 Забороняється робити продавлювання отворів у конструкціях I групи за п.1.3.5 при співвідношенні товщини металу і діаметра отворів більш $0,5 t / d_b$

2.9.5 В випадках, не передбачених у пп.2.9.2.-2.9.4., утворення отворів продавлюванням можна допускати без обмежень.

2.9.6 Номінальні діаметри болтів грубої і нормальної точності, а також високоміцних і відповідні їм номінальні діаметри отворів наведені в табл. 2.9.1.

2.9.7 Номінальні діаметри отворів для болтів підвищеної точності, приймаються рівними номінальним діаметрам стрижнів болтів.

2.9.8 Граничні відхилення діаметрів отворів в залежності від способу їх утворення наведені в табл. 2.9.2

2.9.9 Свердління або розсвердлювання монтажних отворів повинне робитися після закінчення зварювання елементів.

Допускається свердління монтажних отворів у складальних деталях і гілках конструкцій за умови складання елементів у кондукторах.

Розсвердлювання отворів при загальному складанні слід робити 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 наступним вимогам:

– калібр діаметром на 1,5 мм менше номінального діаметра отвору до прочищення отворів повинний 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 менша 75 % числа отворів у групі, допускається робити розсвердлювання отворів на наступний більший діаметр з перевіркою міцності з'єднань розрахунком.

Таблиця 2.9.1

металовироби і отвори	номінальний діаметр*, мм										
	—	12	—	—	16	—	20	24	—	30	36
стержні болтів грубої і нормальної точності, а також високоміцних	—	12	—	—	16	—	20	24	—	30	36
отвори для болтів:											
невисокоміцних	—	15	—	—	19	—	23	28	—	33	—
	—		—	—		—			—		39
болтів високоміцних	—	—	—	—	—	—	21	25	—	31	—
	—	—	—	—	—	—	23	28	—	33	—
	—	—	—	—	—	—	25	30	—	35	—

* діаметр отвору приймається за проектом.

Таблиця 2.9.2

спосіб утворення отвору	діаметр отвору	граничне відхилення діаметра, мм
продавлювання	до 15	+ 0,6
	св. 15 до 23	+ 0,9
свердління	св. 23	+ 1,2
	до 27	+ 0,6
	св. 27	+ 0,9

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 діаметром на 1 мм менше проектного діаметра отвору. При цьому калібр повинний пройти не менш ніж у 85% отворів кожної групи.

У випадку, якщо калібр проходить менш ніж у 85% отворів кожної групи, а також у випадку недотримання вимог 2.9.10, виконується повторне контрольне складання з інших елементів даної конструкції. Якщо при повторному контрольному складанні якість отворів не буде задовольняти поставленим вище вимогам, кондуктори, за якими оброблялися ці монтажні отвори, підлягають виправленню, а всі конструкції, виготовлені з застосуванням цих кондукторів, піддаються загальному складанню для виправлення дефектних отворів способами, передбаченими для заводських отворів.

Конструкції, у яких монтажні отвори виправлені, повинні мати індивідуальне маркування відправних елементів;

б) перевіркою складальними кондукторами, пристроями (фіксаторами) або спеціальними контрольними шаблонами, що дозволяють контролювати взаємне положення отворів одночасно в декількох монтажних вузлах.

2.9.12 Приймання розсвердених 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 наступні 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, оговорені в кресленнях, і дотичні поверхні монтажних з'єднань на високоміцних болтах;
- г) грунтування і фарбування слід проводити при плюсовій температурі навколишнього повітря і конструкцій (не нижче плюс 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, що 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 повинне бути очищене від вологи, масел і пилу та відповідати вимогам ГОСТ 9.010 - 73.

2.10.3 Конструкції, виготовлені в польових майстернях при температурі нижче +5° С, 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

2.11.1 Поверхні конструкцій, що підлягають гарячому цинкуванню, повинні бути оброблені методом травлення або піддані дрібметній чи піскострумінній обробці колотим чавунним дробом.

2.11.2 З метою запобігання утворення тріщин у цинкових покриттях у процесі експлуатації його товщина не повинна перевищувати 250 мкм.

Товщина покриття, що рекомендується, у залежності від товщини металу для сталей зі змістом кремнію до 0,07% і в межах від 0,12 до 0,4% приведена в таблиці 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
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 на поверхні конструкцій допускають: дрібні крупинки гартцинка (діаметром не більш 2 мм), дрібні напливи цинку, що не перешкоджають з'єднанню елементів у місцях сполучень, а також матові плями, сірий тон, невеликі ділянки кольору мінливості при відсутності порушення цинкового покриття, нерівномірну поверхню, що виникла під час складування і збереження, пористість, невеликі білі (біла іржа) чи темні продукти корозії цинку.

2.11.5 При цинкуванні металовиробів і деталей з нарізними сполученнями зовнішнє різьблення слід нарізати з мінусовим допуском на величину цинкового шару, а внутрішнє різьблення - після цинкування.

2.11.6 Припустимо електрозварювання оцинкованих конструкцій за спеціальною технологією з наступним очищенням і фарбуванням зон зварювання цинконаповненими силікатними лакофарбовими матеріалами.

2.11.7 Оцинковані конструкції, призначені для експлуатації в ґрунті, повинні бути додатково покриті товстошаровими матеріалами на бітумній основі.

2.11.8 При необхідності тривалої експлуатації оцинкованих конструкцій в агресивних середовищах вони повинні бути додатково пофарбовані.

2.11.9 Розміри конструкцій, що підлягають гарячому цинкуванню, 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 ВТК підприємства-виробника до ґрунтування та підготовки для цинкування; приймання якості ґрунтування, фарбування чи цинкування слід проводити додатково після їхнього виконання.

2.12.3 Величини відхилень 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 грубіше 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 укріплені, 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. Крім того, отвори для шарнірів повинні бути захищені дерев'яними заглушками.

3 Вимоги монтажу

Вимоги даного розділу поширюються на виконання і приймання робіт, що виконуються по 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 Всі роботи по монтажу, демонтажу і реконструкції будівель та споруд з металевих конструкцій належить виконувати відповідно до проекту виконання робіт.

3.1.3 При виконанні монтажних та демонтажних робіт слід додержуватися відповідних стандартів, будівельних норм та правил з організації будівельного виробництва і техніки безпеки в будівництві, правил пожежної безпеки при виробництві будівельно-монтажних робіт, а також вимоги органів державного нагляду.

3.1.4 В проекті виконання робіт (ПВР), поряд з загальними вимогами ДБН А.3.1-5-96 мають бути передбачені:

- послідовність монтажу;
- заходи, що забезпечують необхідну точність монтажу;
- просторова незмінність конструкцій в процесі їх укрупнювального збирання та встановлення в проектне положення;
- стійкість конструкцій та частин будівлі (споруди) в процесі зведення;
- ступінь укрупнення конструкцій;
- 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 по мірі їх виконання заносити до журналів робіт з монтажу будівельних конструкцій, зварювальних робіт, антикорозійного захисту зварених з'єднань, замонолічування монтажних стиків і вузлів, виконання монтажних з'єднань на болтах з

контрольованим натягом, а також фіксувати по ходу монтажу конструкцій їх положення на геодезичних виконавчих схемах.

3.1.7 При монтажу повинен бути забезпечений контроль за виконанням правил цього розділу, робочих креслень 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 при:

- виготовленні деталей;
- збиранні елементів і конструкцій під зварювання або встановлення болтів;
- зварюванні і постановці болтів;
- загальному або контрольному збиранні;
- попередній напрузі конструкцій;
- укрупнювальному збиранні та встановленні;
- випробуванні конструкцій.

3.1.9 Контроль якості здійснюється лінійним інженерно-технічним персоналом.

Якість і марки матеріалів, використаних при монтажу конструкцій відповідно до проекту, повинні задовольняти вимогам 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 слід 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 повинне застосовуватися монтажне і слюсарне обладнання, придатне до експлуатації в цих умовах, у відповідності з діючими нормативно-технічними вимогами.

3.1.12 При виконанні монтажних робіт забороняються ударні дії на зварені конструкції зі сталей:

- з межею текучості до 390 МПа (40 кгс/мм²) включно— при температурі нижче мінус 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).

3.2.2 Для не стандартизованих конструкцій (виробів) слід дотримуватися таких вимог:

- конструкції повинні знаходитися, як правило, в положенні, відповідному проектному, а при неможливості виконання цієї умови — в положенні, зручному для транспортування і передачі до монтажу за умови забезпечення їх міцності і стійкості;
- конструкції повинні спиратися на інвентарні підкладки і прокладки прямокутного перерізу, що розташовуються в місцях, вказаних в проекті виконання робіт;
- конструкції повинні бути надійно закріплені від перекидання, поздовжнього та поперечного зсуву, взаємних ударів одна об одну або об конструкцію транспортних засобів;
- заводська маркіровка повинна бути доступною для огляду;

–дрібні деталі для монтажних з'єднань слід прикріплювати до відправних елементів або відправляти одночасно з конструкціями в тарі, забезпеченій бирками з вказівкою марок деталей та їх числа, ці деталі слід оберігати від прямої дії атмосферних опадів.

3.2.3 Всі конструкції на складі повинні бути:

- розсортовані по об'єктах, марках і черговості монтажу;
- оглянуті (при цьому виявлені пошкодження повинні бути усунені);
- підготовлені до монтажу (очищені від бруду та іржі, при цьому опорні частини змащені;
- оббудовані монтажними пристосуваннями; на елементи конструкцій нанесені різки осей, центрів ваги, позначені місця стропування).

3.2.4 Розвантаження і зберігання конструкцій, а також транспортування їх повинні проводитися без пошкодження конструкції і фарбування. Скидання конструкцій з транспортних засобів забороняється.

3.2.5 При укладанні 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 звальцовані 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 збираємість конструкцій мають бути наведені в технічній документації.

3.3.2 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхилення розмірів, що визначають збираємість 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 (метод, обсяг, вигляд реєстрації)
	лінійних розмірів	рівність діагоналей	
Від 2500 до 4000	5	12	Вимірювальний, кожний конструктивний елемент і блок журнал робіт
Св. 4000 „ 8000	6	15	
„ 8000 „ 16 000	8	20	
„ 16 000 „ 25 000	10	25	
„ 25 000 „ 40 000	12	30	

3.4 Стропування, підйом, встановлення конструкцій в проектне положення

3.4.1 Підйом гнучких конструкцій слід проводити 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 стінними (металевими) панелями, що забезпечує стійкість і відповідну міцність монтажного блоку.

3.4.3 При кріпленні конструкцій шляхом безпосередньої ув'язки стропів, точки стропування вибирають так, щоб в цих місцях були ребра жорсткості, діафрагми і інші елементи, що оберігають конструкцію від пошкодження в місцях стропування. Якщо ця умова не може бути дотримана, елементи підсилення в розрахункових точках стропування слід передбачати в додаткових технічних вимогах до заводу-виготовлювача.

3.4.4 Підняту конструкцію слід 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 конструкції в проектне положення для його фіксації достатньо сумістити хоча б один отвір в деталях, що сполучаються. 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 поєднання отворів конусними штирями, ударами кувалди і іншими силовими впливами.

3.4.6 Стропування елементів під час монтажу слід проводити в місцях, вказаних в робочих кресленнях, і забезпечувати їх підйом і подачу до місця встановлення в положенні, близькому до проектного.

3.4.7 Забороняється стропування конструкцій в довільних місцях. Схеми стропування укрупнених плоских та просторових блоків повинні забезпечувати при підйомі їх міцність, стійкість і незмінність геометричних розмірів і форм.

3.4.8 Піднімати конструкції слід в два прийоми: спочатку на висоту 20—30 см, потім, після перевірки надійності стропування, проводити подальший підйом. Конструкції слід встановлювати в проектне положення по прийнятих орієнтирах (ризикам, штирям, упорам, граням і т. п.). Конструкції, що мають спеціальні закладні або інші фіксуючі пристрої, належить встановлювати по цих пристроях.

3.4.9 Отвори в монтажних з'єднаннях, виконаних на болтах підвищеної точності, при установці конструкцій повинні бути заповнені тимчасовими болтами і пробками. Діаметр пробок повинен відповідати діаметру отворів.

3.4.10 Число пробок встановлюється розрахунком, при цьому зусилля на пробку допускається приймати таке ж, як на болт. Болтами заповнюється не менше 1/3 і пробками не менше 1/10 загального числа отворів. При 5 і менш отворах у вузлі повинно бути встановлено не менше одного болта і однієї пробки.

3.4.11 Отвори в з'єднаннях на болтах грубої і нормальної точності при установці конструкцій заповнюються постійними болтами і пробками в таких же кількостях, які наведені у 3.4.10.

3.4.12 Балки шляхів підвісного транспорту і інші елементи, що спираються на конструкції покриття (містки для обслуговування світильників, балки і монорельси для експлуатаційних ремонтів кранів з майданчиками обслуговування), доцільно встановлювати при збиранні блоків.

3.5 Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів

3.5.1 На всіх стадіях виконання робіт необхідно забезпечувати стійкість і незмінність зведеної (демонтованої) частини споруди, що досягається дотриманням певної послідовності монтажу (демонтажу) вертикальних і горизонтальних елементів конструкцій, а також встановленням постійних або тимчасових в'язів.

3.5.2 При монтажу (демонтажу) конструкцій слід забезпечити:

- стійкість і незмінність положення частини конструкцій споруди на всіх стадіях;
- безпеку ведення монтажних робіт на об'єкті;
- 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 незмінність положення конструкцій будівель і споруд, які монтуються (демонтуються), слід забезпечувати дотриманням послідовності встановлення і монтажу конструктивних елементів і блоків. Це повинне досягатися розділенням будівель в плані і по висоті на окремі стійкі секції (прольоти, поверхи, яруси, частини каркаса між температурними швами тощо), послідовність монтажу (демонтажу) яких забезпечує стійкість і незмінність 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 починати з в'язевої панелі. Якщо за яких-небудь 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'язів між ними, встановлюваних нижче за рівень підкранової балки (розпірки). Далі слід встановити наступну колону і розкріплювати її до тимчасової в'язевої панелі підкрановою балкою або розпіркою;

– демонтаж колон в секції слід виконувати в зворотній послідовності, тобто спочатку слід знімати підкранову балку або розпірку рядової панелі і колону, що розкріплена даною балкою (розпіркою), з таким розрахунком, що решта колон залишається розкріпленими підкрановими балками (розпірками) з в'язевою панеллю. Останніми слід знімати колони в'язевої панелі;

– монтаж конструкцій покриттів слід починати з в'язевої панелі (а якщо це неможливо, то з будь-якої, встановивши між сусідніми фермами горизонтальні і вертикальні в'язі). Наступну встановлену ферму необхідно розкріплювати до в'язевої панелі розпіркою;

– демонтаж конструкцій покриттів слід виконувати в зворотній послідовності, тобто спочатку слід знімати елементи рядових панелей з таким розрахунком, щоб ферми, що залишилися, були розв'язані розпірками з в'язевою панеллю. Останніми слід знімати ферми в'язевої панелі.

3.5.6 При монтажі конструкцій багатоповерхових будівель після встановлення колон по осі в секції необхідно змонтувати ригелі, що забезпечують стійкість створеної рами в поперечному напрямі. В поздовжньому напрямі стійкість слід забезпечувати за допомогою вертикальних в'язів по колонах і елементів розпірок. Якщо стійкість споруди в поздовжньому напрямі забезпечується стінними конструкціями (про що повинно бути вказано в робочій документації), то їх слід зводити одночасно з каркасом і перекриттями.

3.5.7 При підйомі будь-якої конструкції слід вживати заходів, перешкоджаючих виникненню залишкових деформацій.

3.5.8 Необхідність встановлення елементів монтажного підсилення визначається розрахунковим шляхом.

3.5.9 Гратчасті конструкції слід підсилювати за допомогою дерев'яних брусів або металевих прокатних профілів, які кріпляться до елементу, що може втратити стійкість. При монтажному підсиленні великого числа ферм, раціональна розробка ПВР, який передбачає монтаж ферм просторовими жорсткими блоками із застосуванням інвентарних в'язів, що забезпечують просторову жорсткість і незмінність блоку, і монтажних механізмів підвищеної вантажопідйомності.

3.5.10 Для тимчасового закріплення конструкцій в проектному положенні, що виконується до монтажу постійних в'язів, слід використовувати елементи тимчасового закріплення. Переріз елементів тимчасового закріплення підбирається за результатами розрахунку відповідно до величини монтажних навантажень, що сприймаються.

3.5.11 Конструкція тимчасових кріплень і в'язів повинна забезпечувати стійкість елемента, що монтується, і дозволяти проводити вивірку його просторового положення.

3.5.12 Встановлювані елементи конструкцій до їх звільнення від монтажного механізму повинні бути надійно закріплені болтами, пробками, прихватками, з встановленням постійних або тимчасових в'язів, розпірок, розчалок і т. і., передбачених проектом виконання робіт.

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 в сусідніх секціях.

3.5.14 Демонтаж конструкцій в 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 слід проводити за вимогами нормативних документів щодо проектування металевих конструкцій та навантажень і впливів з урахуванням додаткових станів, які визначаються умовами монтажу.

3.5.16 Конструкції з монтажними зварними з'єднаннями слід закріплювати за два етапи — спочатку тимчасово, потім за проектом. Спосіб тимчасового закріплення повинен бути вказаний в проекті.

3.5.17 Інструментальна перевірка правильності встановлення конструкцій, а також їх остаточна вивірка і закріплення повинні проводитися по ходу монтажу кожної просторової жорсткої секції споруди.

3.5.18 Зварювання і остаточне закріплення постійних болтів можуть проводитися 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 виробництва робіт при узгодженні 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 вищерозташованого ярусу висотних споруд повинен проводитися після надійного закріплення елементів конструкцій нижчерозташованого ярусу постійними або тимчасовими кріпленнями, передбаченими проектом виконання робіт. До закінчення перевірки проектної положення і надійного (тимчасового або проектної) закріплення встановленого елемента не допускається спирати на нього вищерозташовані конструкції, якщо таке спирання, не передбачене ПВР.

3.5.22 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхилення поєднання орієнтирів (граней або рисок) при встановленні збірних елементів, а також відхилення від проектного положення закінчених монтажем (зведенням) 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 0,4 граничних відхилень, наведених у табл. 3.5,1.

Таблиця 3.5.1

найменування відхилення	відхилення, що допускається
Колони і опори	
1. Відхилення відмітки опорної поверхні колон і опор, що встановлюються у відповідності:	
з п.1.103“а”	±1,5 мм
з п.1.103 “б” і 1.103 “в”	±5 ”
2. Зсув осей колон і опор щодо разбивочних осей (в нижньому перетині)	±5 ”
3 Відхилення осі колони і опори від вертикалі у верхньому перетині 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	$\frac{1}{750}$ висоти колони, але не більше 15 мм
Опори	$\frac{1}{750}$ довжини елемента між точками закріплення, але не більше 15 мм
5. Найбільший односторонній зазор між поверхнями, що фрезеруються, в стиках колон	$\frac{1}{1500}$ поперечного розміру галузь колони в стику
Ферми, ригелі, прольотні будови прогони	
6. Відхилення відміток опорних вузлів; ферм і ригелів	± 20 мм
прольотних будов	± 15 мм
7. Стріла прогинання (кривизна) між точками закріплення ділянок стислого пояса з площини ферми, ригеля або балки	$\frac{1}{750}$ 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
Підкранові шляхи	
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 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 (відстань між колонами L):	
При L менше 10 м	10 мм
при L більше 10 м	$\frac{1}{750} L$, але не більше 15 мм
15. Взаємний зсув торців суміжних підкранових рейок по висоті і в плані	2 мм
16. Зазор в стиках рейок (при температурі 0° З і довжині рейки 12,5 м)	4 мм
Сталевий оцинкований профільований настил	
17. Відхилення довжини спирається настилу на прогони в місцях поперечних стиків	0; — 5 мм
Відхилення в положенні центрів отворі:	
18. для самонарізуючих болтів	± 5 мм
19. для комбінованих заклепок:	
уздовж настилу	± 20 мм
упоперек ”	± 5 мм
Башти і труби	
20. Відхилення осі стовбура і поясів башти або труби від проектного положення	0,003 висоти крапки, що вивіряється, над фундаментом
Примітки:	
1. Перелом осей підкранових рейок не допускається.	
2. При зміні температури на 10°С допуск по п. 16 змінюється на ± 1,5 мм.	
3. Різниця в довжині майданчиків спирається (при їх довжині 50 мм і більш) 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 наступних вимог:

– гнучкі елементи із сталевих канатів повинні бути витягнуті на стенді зусиллям, що перевищує проектне на 20%, і витримані під натягненням протягом 1 години;

– попереднє напруження конструкцій повинне бути виконане наступними етапами:

– напруження до 50% проектного, з витримкою під цим напруженням протягом 10 хвилин для огляду і вимірів;

– напруження до 100% проектного;

– відхилення, що допускаються, на обох етапах ±5%; в передбачених проектом випадках проводиться напруження у декілька етапів, з поступовим доведенням його до проектного величини.

3.6.3 Величина зусиль і деформацій, а також граничні відхилення конструкцій, напружуваних гнучкими елементами, повинні бути наведені в проекті.

3.6.4 Контроль попереднього напруження конструкцій, виконаного методом штучного вигину (піддомкрачуванням, зміною положення опор і ін.), здійснюється нівеляцією положення опор в

заданих точках, а також геометричної форми конструкції. Відхилення, що допускаються, приймаються відповідно до проекту.

3.6.5 У попередньо напружених конструкціях забороняється приварювання елементів в місцях, не вказаних в проекті, особливо поблизу місць примикання канатів і пучків дроту.

3.6.6 Не дозволяється застосовувати натяжні пристрої для гнучких елементів без паспорта заводу-виготовлювача, в якому наведені дані про тарирування 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 грубої, нормальної і підвищеної точності;
- з'єднання на високоміцних болтах з контрольованим натягом;
- фланцеві з'єднання;
- спеціальні монтажні з'єднання.

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 в 100 % отворів. Допускається прочищення 20% отворів свердлом, діаметр якого дорівнює діаметру отвору, вказаному в технічній документації. При цьому в з'єднаннях з роботою болтів на зріз і з'мяття допускається неспівпадіння отворів в суміжних деталях зібраного пакету до 1 мм в 50 % отворів, і до 1,5 мм у 10 % отворів. 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 в з'єднаннях, де болти встановлені конструктивно, чорнота не повинна перевищувати різниці діаметрів отвору і болта.

3.7.1.4 Забороняється вживання болтів і гайок, що не мають клейма підприємства-виготівника і маркіровки, що позначає клас міцності.

3.7.2 Монтажні з'єднання на болтах грубої, нормальної і підвищеної точності

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 ставитися круглі шайби, не більше двох під гайку і однієї під голівку. В місцях примикання голівки або гайки до похилих площин ставляться косі шайби. При цьому різьба болта повинна знаходитися зовні отвору елементів, що з'єднуються, а гладка частина стрижня не повинна виступати з шайби.

3.7.2.2 У кожному болті з боку гайки повинне залишатися 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 3.7.3.19.

3.7.3 Монтажні з'єднання на високоміцних болтах з контрольованим натягом

3.7.3.1 До монтажних з'єднань на високоміцних 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 елементів, що сполучаються, від попереднього натягу болтів;

–фрикційно-зрізні з'єднання, в яких зовнішні зусилля сприймаються, головним чином, за рахунок подолання опору стисненню фланців від попереднього натягу високоміцних болтів.

3.7.3.2 У фрикційних і фрикційно-зрізних з'єднаннях дотичні поверхні 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 менше 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 високоміцними болтами їх слід оберігати від попадання масла і, як правило, вологи. З поверхонь, що підлягають обробці, а також тих, що не підлягають обробці, необхідно заздалегідь видалити масляні забруднення. Стан поверхонь після обробки і перед збиранням слідує контролювати і фіксувати в журналі виробництва робіт.

3.7.3.5 До збирання з'єднань оброблені поверхні необхідно охороняти від попадання на них бруду, масла, фарби і утворення льоду. При недотриманні цієї вимоги або початку збирання з'єднання після більше трьох діб після підготовки поверхонь їх обробку слід повторити.

3.7.3.6 Перепад поверхонь (депланация) деталей, що з'єднуються, не повинен перевищувати 0,5 мм. Величина перепаду визначається до постановки болтів, що перекривають з'єднання, за допомогою лінійки і щупа в зоні першого від стику ряду отворів. У разі перепаду площин деталей, що з'єднуються, від 0,5 до 3 мм на виступаючій деталі повинен бути зроблений скіс з ухилом 1:10. Утворення скосу кисневим і повітряно-дуговим різанням забороняється. При перепаді понад 3 мм необхідно встановлювати прокладки, оброблені тим же способом, що і деталі з'єднання.

3.7.3.7 Збирання з'єднань на високоміцних болтах повинне виконуватися відразу на постійних болтах з установкою пробок в кількості 10% від числа отворів. Постановка тимчасових болтів забороняється.

3.7.3.8 Отвори в деталях при збиранні мають бути суміщені і зафіксовані від зсуву пробками. Число пробок визначають розрахунком на дію монтажних навантажень, але їх повинно бути не менше 10 % при числі отворів 20 і більше, і не менше двох при меншому числі отворів.

3.7.3.9 У зібраному пакеті, зафіксованому пробками, допускається неспівпадання отворів, яке не перешкоджає постановці болтів без перекосу. Калібр діаметром на 0,5 мм більше номінального діаметру болта повинен пройти в 100 % отворів кожного з'єднання.

3.7.3.10 Допускається прочищення отворів щільно стягнутих пакетів свердлом, діаметр якого дорівнює номінальному діаметру отвору, за умови, що чорнота не перевищує різниці номінальних діаметрів отвору і болта. Вживання води, емульсій і масла при прочищенні отворів забороняється.

3.7.3.11 Максимальна різниця номінальних діаметрів отворів і болтів допускається: 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 голівці заводської маркіровки тимчасового опору, клейма підприємства-виробника, умовного позначення номера плавки.

3.7.3.13 Високоміцні болти, гайки і шайби перед постановкою в конструкцію мають бути обчищені від бруду, консервуючого мастила і підготовлені так, щоб при натягненні забезпечувалися значення коефіцієнтів закручування і виключалося забруднення контактних поверхонь.

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 засіб допускається тільки для болтів діаметром до 24 мм з тимчасовим опором розриву не менше

1100 МПа при товщині стягуваних деталей до 140 мм і числі деталей у пакеті до 7. Допускається вживання інших засобів натягу високоміцних болтів, що гарантують отримання заданого зусилля їх натягу. Кожний з цих засобів повинен бути наведений в технічній документації. Порядок натягу високоміцних болтів в з'єднаннях повинен виключати утворення нещільності в стягуваних пакетах.

3.7.3.16 Дінамометричні ключі для натягу і контролю натягу високоміцних болтів необхідно тарувати не менш одного разу в зміну за відсутності механічних пошкоджень ключів, а також після кожної заміни контрольного приладу або ремонту ключів.

3.7.3.17 Розрахунковий момент закручування M (Н·м), необхідний для натягу болта, слід визначати за формулою

$$M=KPd, \quad (3.7.3.1)$$

де K - середнє значення коефіцієнта закручування, встановлене для кожної партії болтів в сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P (кН) - розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d - номінальний діаметр болта, мм.

3.7.3.18 Після натягу всіх болтів в з'єднанні слід в передбаченому для цього місці поставити клеймо.

3.7.3.19 Натяг болтів повинен контролюватися вибірковою перевіркою:

–при кількості болтів в з'єднанні до 5 контролюється 100% болтів, при кількості болтів від 6 до 20— не менше 5, і при більшій кількості — не менше 25% болтів в з'єднанні;

–якщо при контролі виявиться хоча б один болт, натяг якого не задовольняє вимогам 3.7.3.17, то контролю підлягають 100% болтів в з'єднанні. При цьому натяг болтів має бути доведений до необхідної величини;

–фактичний момент закручування повинен бути не менше розрахункового, визначеного за формулою 3.7.3.1, і не перевищувати його більш ніж на +15 %. Відхилення кута повороту гайки допускається в межах $\pm 30^\circ$;

–при виявленні хоча б одного болта, що не задовольняє цим вимогам, контролю підлягає подвоєне число болтів. У разі виявлення при повторній перевірці 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 виключати утворення нещільності в стягуваних пакетах. Щуп завтовшки 0,3 мм не повинен входити в зазори між деталями з'єднання.

3.7.3.20 Після контролю натягу і приймання з'єднання всі зовнішні поверхні стиків, включаючи голівки болтів, гайки і виступаючі з них частини різьблення болтів повинні бути обчищені, огрунтовані, пофарбовані, а щілини в місцях перепаду товщини і зазори в стиках зашпатльовані.

3.7.3.21 Всі 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, наведені в технічній документації, обертанням гайки до розрахункового моменту закручування. Контролю натягу підлягають 100 % болтів. Натяг болтів слід починати від зони найбільшої жорсткості з'єднання.

3.7.4.3 Натяг болтів слід здійснювати тільки по моменту закручування, величина якого (в Н·м) визначається за формулою

$$M=0,9KPd, \quad (3.7.4.1)$$

де K - середнє значення коефіцієнта закручування, встановлене для кожної партії болтів в сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P (кН) - розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d - номінальний діаметр болта, мм.

Відхилення фактичного моменту закручування від моменту, що визначається за формулою (3.7.4.1), можливо на 10 % в більшу сторону.

3.7.4.4 Зазор між площинами фланців, що стикаються, в 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, виступаючої над гайкою;
- наявність клейма монтажника, що здійснив збирання з'єднання.

3.7.4.6 Контроль зусилля натягу слід виконувати для всіх болтах тарованими динамометричними ключами. Контроль зусилля натягу слід проводити не раніше ніж через 8 годин після виконання натягу всіх болтів з, при цьому зусилля в болтах повинні відповідати значенням, вказаним в табл. 3.7.4.1

Таблиця 3.7.4.1

зусилля натягнення 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 з елементами, приєднуються до них елементами, відомості про контроль за виконанням монтажних з'єднань.

3.7.4.8 Забороняється використовувати болти, які не мають на голівці заводської маркіровки тимчасового опору, клейма підприємства-виробника, умовного позначення номера плавлення.

3.7.4.9 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.

3.7.4.10 Підготовлені металеві вироби до постановки у з'єднання слід зберігати в закритих ящиках не більше 10 діб. При перевищенні цього терміну металеві вироби повинні бути оброблені повторно.

3.7.4.11 Під головку болта і гайку повинно бути встановлено по одній шайбі.

3.7.4.12 Допускається при різниці діаметрів отвору і болта не більше 4 мм установка однієї шайби тільки під елемент (гайку або головку болта), обертання якого забезпечує натяг болта. Виступаюча за межі гайки частина стрижня болта повинна мати не менше однієї нитки різьблення.

3.7.4.13 Забороняється закріплення гайок шляхом забивання різьблення болта або приварення їх до стрижня болта.

3.7.4.14 Після натягу всіх болтів в з'єднанні слід в передбаченому для цього місці поставити клеймо.

3.7.4.15 Після контролю натягу і приймання з'єднання всі зовнішні поверхні стиків, включаючи голівки болтів, гайки і виступаючі з них частини різьблення болтів повинні бути очищені, огрунтовані, пофарбовані, а щілини в місцях перепаду товщини і зазори в стиках зашпатльовані.

3.7.4.16 Всі роботи по постановці болтів повинні реєструватися в журналах контролю підготовки стиків і постановки високоміцних болтів.

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, що суміщають огорожуючі і несучі функції (діафрагми жорсткості, мембранно-каркасні конструкції тощо).

3.7.5.2 До спеціальних монтажних з'єднань (СМЗ) належать:

- пристрілка високоміцними дюбелями;
- постановка самонарізних і самосвердлярних гвинтів;
- сумісна пластична деформація кромок;
- контактне точкове зварення;
- електрозаклепки;
- фальцювання поздовжніх кромок.

3.7.5.3 Типи СМЗ наведені в таблиці 3.7.5.1.

Основні конструктивні форми СМЗ наведені на рис. 3.7.5.1.

Таблиця 3.7.5.1

технологічний процес	смз на опоре		смз з поздовжнім з'єднанням кромок	
	безметизні	на метизах	безметизные	на метизах
Автономний (ручний)	-	Високоміцні дюбеля	Контактна точкова зварка Фальцовка ручна	Комбіновані заклепки
з енергетичними комунікаціями	Точкова зварка, електрозаклепки	Само нарізні гвинти	Фальцовка механічна	-

3.7.5.4 Для застосування СМЗ при з'єднанні деталей (елементів) в пакет необхідно, щоб товщина принаймні однієї деталі (елемента) була приблизно 1 мм.

3.7.5.5 Для самонарізуючих і самосвердлярних гвинтів тимчасовий опір сталі опорного елемента, що допускається, не повинен перевищувати 450 Н/мм².

Товщина елементів, що приєднуються визначається довжиною стрижня гвинта і може досягати 230 мм, наприклад для тришарових стінових панелей.

Товщина опорного сталевих елементу для самонарізних гвинтів $d=5-6$ мм обмежується $2-3 d$ гвинти.

3.7.5.6 Комбіновані заклепки застосовують переважно для з'єднання поздовжніх полиць тонкостінних елементів. Сумарна товщина t елементів, що сполучаються, для з'єднань на комбінованих заклепках з довжиною корпусу 8-10 мм обмежується значенням 5 мм. При значних монтажних зазорах, наявності прокладок і більшому значенні t слід застосовувати заклепки з довжиною корпусу 12-16 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 марки завдовжки 8,10 і 12 мм;
- машини свердлувальні;
- шуруповерти електричні для загвинчування металевих виробів з різьбленням до 6 мм;

–свердла для утворення отворів згідно табл. 3.7.5.2.

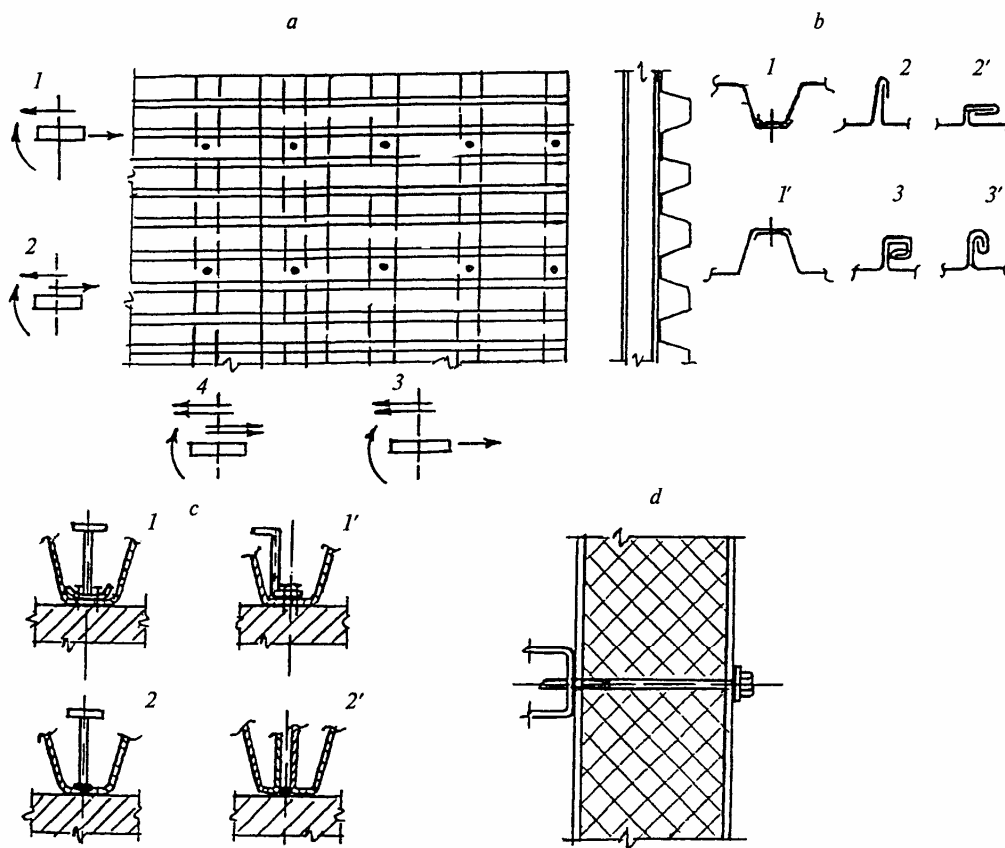


Рисунок 3.7.5.1 Конструктивні форми СМЗ

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 по подовжніх і поперечних полицях; 4 - з'єднання в місці припинення подовжніх і поперечних полиць); b - схема з'єднань по подовжніх полицях (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, стійки до зсуву (1 і 1' - на високоміцних дюбелях; 2 - на контактній зварці; 2' - на дуговій зварці); d - фрагмент тришарової стінної панелі на гвинтах, що засвердлююся самі

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 самонарізуючий метчиківий типа ВСМ 6xL	5,3	Даних немає
Гвинт самонарізуючий типа ВС6xL при товщині t0+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 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 вісі дюбеля до краю опорного елемента повинна бути не менше 10 мм в будь-якому напрямі.

3.7.5.13 При необхідності встановленні 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 (100%) і приймальному контролі (вибірково не менше 5 %) дюбелів.

3.7.5.15 Фальцеві з'єднання, які досягаються сумісною пластичною деформацією тонкостінних елементів по поздовжніх полицях, застосовуються при виробництві захисних конструкцій як на фасадах будівель, так і на покрівлі. Основна перевага фальцевих з'єднань - герметичність, що досягається за рахунок безперервності поздовжнього шва і використання кляммерів —своєрідних закладних елементів.

3.7.5.16 Для виконання фальцевого з'єднання використовують профілі, що формуються плющенням з рулонної оцинкованої сталі (товщина сталі 0,5-1,0 мм), як на місці монтажу (в цьому випадку довжина профілю дорівнює довжині скату покрівлі або висоті фасаду), так і із заводських заготовок мірної довжини із спеціально підготовленими подовжніми кромками.

3.7.5.17 Кляммери, закріплені на елементах каркаса або прогонах з кроком від 0,7 до 1,5 м, фальцюються одночасно з виконанням шва. Конструкції кляммерів мають як жорстке, так і рухоме у напрямі 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 ряду. Після укладання наступного ряду необхідно добитися повного поєднання кромки суміжних профілів і встановити прихватки з використанням ручних фальцовочних кліщів до виконання машинного загортання фальца.

3.7.5.19 Збирання і зварювання при монтажі сталевих будівельних конструкцій необхідно виконувати за спеціально розробленим і затвердженим проектом виробництва зварювальних робіт (ПВЗР) або іншої технологічної документації у вигляді технологічних карт, інструкцій тощо, в яких повинні враховуватися особливості конструкцій об'єкту, що споруджується і технології будівельно-монтажних робіт.

3.8 Випробування конструкцій

3.8.1 Номенклатура конструкцій будівель і споруд, що 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.

3.8.10 Конструкції, що знаходяться при випробуванні під навантаженням, забороняється обстукувати, а також проводити їх ремонт і виправлення дефектів.

3.8.11 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 повинне проводитися із здійсненням післяопераційного контролю монтажних робіт на стадіях, наведених в 3.1.8:

- проміжний — приховані роботи;
- змонтовані конструкції всієї споруди або її частини — під виконання подальших будівельно-монтажних робіт;
- остаточний — змонтованих конструкцій при здачі об'єкту в експлуатацію.

3.9.2 Проміжному прийманню прихованих робіт підлягають:

- фундаменти і місця спирання сталевих конструкцій і різні деталі, що бетонуються і закладаються;
- інші конструкції, обумовлені в технічній документації.

3.9.3 Приймання прихованих робіт, а також змонтованих конструкцій під виконання подальших будівельно-монтажних робіт проводяться по актах, що складаються відповідальними представниками замовника, будівельної і монтажної організацій.

3.9.4 Приймання монтажною організацією фундаментів і місць спирання сталевих конструкцій під виробництво монтажних робіт повинно проводитися 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, а також відхиленням, наведеним 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 здійснюватися після остаточного закріплення конструкцій відповідно до проекту. Приймання конструкцій проводиться до фарбування, що виконується під час монтажу. Фарбування оформляється окремим актом.

3.9.6 Документація, що пред'являється при прийманні змонтованих сталевих конструкцій, повинна містити:

- а) креслення сталевих конструкцій, (при наявності робочі і детальовані);
 - б) заводські сертифікати на поставлені сталеві конструкції;
 - в) документи про узгодження відступів, допущених від технічної документації при виготовленні і монтажі;
- узгодженні відступи від технічної документації повинні бути нанесені монтажною організацією на кресленнях, що пред'являються при здачі робіт;

- г) акти приймання прихованих робіт;
- д) документи (сертифікати, паспорти тощо), що засвідчують якість матеріалів (сталі, сталевих канатів, металевих виробів, електродів, електродного дроту і 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 розбивочних вісей і установці конструкцій;
- ж) журнали робіт;
- з) акти випробування сталевих конструкцій;
- и) документи про контроль якості зварних з'єднань;
- к) описи посвідчень (дипломів) про кваліфікацію зварювальників, котрі проводили зварювання конструкцій під час монтажу;
- л) описи посвідчень про кваліфікацію робітників, котрі проводили постановку високоміцних болтів;
- м) додаткова документація, передбачена для попередньо-напружених конструкцій;
- н) акти на фарбування, яке виконано під час монтажу.

Таблиця 3.9.1

найменування відхилення	відхилення, що допускається
Верхня площина опорної плити (згідно п.1.103 "а"):	
по висоті	± 1.5 мм
по ухилу	$\frac{1}{1500}$
Поверхня фундаменту (виконана згідно п.1.103 "б") і відмітки опорних деталей (згідно п.1.103 "в"):	
по висоті	± 5 мм
по ухилу	$\frac{1}{1000}$
Зсуви анкерних болтів в плані:	
розташованих усередині контура опори конструкції	5 мм
розташованих зовні контура опори конструкції	10 мм
Відхилення відмітки верхнього торця анкерного болта від проектної	+20; — 0 мм
Відхилення довжини нарізки анкерного болта	+30; — 0 мм

Нормативні посилання

позначення	номер пункту чи буквений індекс додатка
ДБН 362	
ДБН А.3.1-5-96	
ДБН В.1.2-2:2006	
ДБН Г.1-4-95	
ДСТУ 2651	
ГОСТ 380	
ГОСТ 535	
ГОСТ 839	
ГОСТ 977	
ГОСТ 1412	
ГОСТ 1759.0	
ГОСТ-1759.4	
ГОСТ 1759.5	
ГОСТ 2246	
ГОСТ 3062	
ГОСТ 3063	
ГОСТ 3064	
ГОСТ 3066	
ГОСТ 3067	
ГОСТ 3068	
ГОСТ 3081	
ГОСТ 3090	
ГОСТ 3822	
ГОСТ 5264	
ГОСТ 5521	
ГОСТ 5915	
ГОСТ 6402	
ГОСТ 6713	
ГОСТ 7372	
ГОСТ 7512	
ГОСТ 7669	
ГОСТ 7675	
ГОСТ 7676	
ГОСТ 7795	
ГОСТ 7796	
ГОСТ 7798	
ГОСТ 7805	
ГОСТ 8050	
ГОСТ 8713	
ГОСТ 8731	
ГОСТ 9087	
ГОСТ 9454	
ГОСТ 9467	
ГОСТ 10157	
ГОСТ І0605	

ГОСТ 10705	
ГОСТ 10706	
ГОСТ 10906	
ГОСТ 1137I	
ГОСТ 11533	
ГОСТ 11534	
ГОСТ 14637	
ГОСТ 1477I	
ГОСТ 14776	
ГОСТ 14782	
ГОСТ 14954	
ГОСТ 15589	
ГОСТ 15590	
ГОСТ 15591	
ГОСТ 16037	
ГОСТ 16350	
ГОСТ 18123	
ГОСТ 18126	
ГОСТ 18442	
ГОСТ 18900	
ГОСТ 18901	
ГОСТ 18902	
ГОСТ 1928I	
ГОСТ 19282	
ГОСТ 21105	
ГОСТ 21513	
ГОСТ 21780	
ГОСТ 22353	
ГОСТ 22354	
ГОСТ 22355	
ГОСТ 22356	
ГОСТ 23118	
ГОСТ 22356	
ГОСТ 23518	
ГОСТ 23683	
ГОСТ 24045	
ГОСТ 24379.0	
ГОСТ 24379.1	
ГОСТ 25225	
ГОСТ 25546	
ГОСТ 26271	
ГОСТ 27751	
ГОСТ 27772	
ТУ 14-1-1148	
ТУ 14-1-1217	
ТУ 14-1-1308	
ТУ 14-1-1772	
ТУ 14-1-3023	
ТУ 14-1-3665	
ТУ 14-1-4323	

ТУ 14-1-4431	
ТУ 14-1-5311	
ТУ 14-3-567	
ТУ 14-3-1128	
ТУ 14-4-1345	
ТУ 14-4-1386	
ТУ 14-4-1493	
ТУ 14-15-146	
ТУ 14-227-237	
ТУ У 05416923.049	
ТУ У 14-16-150	
ТУ У 322-16-127	
СНП 2.01.02	
СНП 2.01.07	
СНП 2.03.11	
СНП 2.09.03	
СНП 3.03.01	
<u>СНП II-23-81*</u>	
СНП III-4-80*	
СНП III-18	
СТ СЭВ 3972	

Терміни і визначення понять

Б.1 Термін та їхні визначення

термін	визначення	посилальний документ
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 пластичною деформацією 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 (стінки, пояса)	Відношення довжини пластинки (висоти стінки, ширини пояса, звису пояса) до товщини	
Деформована схема	Розрахункова схема, в рівняннях рівноваги яких враховуються переміщення від початкового ненавантаженого стану та зміна розташування 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 несуча здатність конструкцій	
Несуча здатність	Здатність елементів і конструкцій протистояти певному виду і рівню навантажень і впливів	
Загальне складання	Складання відправних марок споруди чи її частини з метою контролю складаності і потрібних 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, критична сила якого така сама, як і для заданого наскрізного стрижня з податливими 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 опиранні кінців критична сила така сама, як у заданого стрижня	СТ СЭВ 3972
Вільне кручення	Кручення, при якому всі поперечні перерізи тонкостінного стрижня мають однакову депланацію і в перерізі виникають лише дотичні напруження	
Складний напружений стан	Напружений стан, при якому в точках тіла діють не менш як дві компоненти напруження	СТ СЭВ 3972
Втомлене руйнування	Руйнування, яке супроводжується утворенням і розвитком тріщини внаслідок багатократно повторюваних 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 малою деформацією, яке виникає звичайно 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 їх 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 від максимуму до мінімуму, зміна напружень від дії навантаження.	

Б.2 Індeksi у буквених позначеннях і пояснювальні слова

(дво- і трибуквені індeksi відділяються від інших індексів комою).

c – стиск, стискання (<i>compression</i>);	r – ребро (<i>rib</i>);
c – колона, стійка (<i>column</i>);	s – зсув, зріз (<i>shear</i>);
c – пояс колони (<i>chord of column</i>);	s – верхній (<i>super</i>);
c – умова (<i>condition</i>);	h – високоміцний, найвищий (<i>hignstrength</i>);
d – розрахунковий (<i>design</i>);	t – розтяг, розтягування (<i>tension</i>);
d – розкіс (<i>diagonal</i>);	u – граничний (<i>ultimat</i>);
e – ексцентриситет (<i>eccentricity</i>);	u – тимчасовий опір (<i>ultimate strength</i>);
a – анкерний (<i>anchoz</i>);	V – вібрація (<i>vibration</i>);
a – осьовий, центральний (<i>axial</i>);	W – стінка балки (<i>web</i>);
b – балка (<i>beam</i>);	W – зварювання (<i>welding</i>);
b – болт (<i>bolt</i>); пояс, полиця балки (<i>flang</i>);	y – границя текучості (<i>yield point</i>);
f – сила (<i>force</i>);	Z – зона (<i>zone</i>);
f – тертя (<i>friction</i>);	abs – абсолютний (<i>absolute</i>);
f – шов зварний кутовий (<i>fillet weld</i>);	ad – додатковий (<i>additional</i>);
i – нижній (<i>inferiol</i>);	cr – критичний (<i>critical</i>);
l – поздовжній (<i>longitudinal</i>);	ef – ефектний (<i>effective</i>);
m – середній (<i>middle</i>);	fic – фіктивний (<i>fictitions</i>);
m – момент (<i>moment</i>);	loc – місцевий (<i>local</i>);
m – матеріал (<i>material</i>);	max – максимальний (<i>maximum</i>);
n – нормативний (<i>normative</i>);	min – мінімальний (<i>minimum</i>);
n – нетто (<i>net</i>);	rel – відносний (<i>relative</i>);
ρ – змінання, тиск (<i>pressure</i>);	tot – загальний, сумарний (<i>total</i>).
r – заклепка (<i>rivet</i>);	

Б.3 Основні буквених позначення

A	– площа перерізу брутто;
A_{α}	— розрахунковий переріз з урахуванням сил тертя.
A_{bn}	– площа перерізу болта нетто;
A_d	– площа перерізу розкосу;
A_f	– площа перерізу полиці (пояса);
A_n	– площа перерізу нетто;
A_w	– площа перерізу стінки;
A_{wf}	– площа перерізу по металу кутового шва;
A_{wz}	– площа перерізу по металу межі сплавлення;
E	– модуль пружності;
F	– сила;
G	– модуль зсуву;
I	– момент інерції перерізу брутто;
I_b	– момент інерції перерізу гілки;
$I_m; I_d$	– момент інерції перерізів полиці і розкосів ферми;
I_r	– момент інерції перерізу ребра, планки;
I_{rl}	– момент інерції перерізу подовжнього ребра;
I_t	– момент інерції при вільному крученні;
$I_x; I_y$	– момент інерції перерізу брутто відносно осей x - x і y - y відповідно;
$I_{xn}; I_{yn}$	– те саме, перерізу нетто;
I_{ω}	– секторіальний момент інерції перерізу;

M	– момент, згинальний момент;
$M_x; M_y$	– момент відносно осей $x-x$ і $y-y$ відповідно;
N	– поздовжня сила;
n_{ad}	– додаткове зусилля;
N_{bm}	– поздовжня сила від 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	– межа вогнестійкості;
R_{ba}	– розрахунковий опір розтягуванню фундаментних болтів;
R_{bh}	– розрахунковий опір розтягуванню високоміцних болтів;
R_{bp}	– розрахунковий опір зминанню одноболтового з'єднання;
R_{bs}	– розрахунковий опір зрізу одноболтового з'єднання;
R_{bt}	– розрахунковий опір розтягуванню 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 розтягуванню U – подібних болтів;
R_{byn}	– нормальний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює границі 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 розтягуванню високоміцного дроту
R_{ip}	– 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 розтягуванню у напрямку товщини прокату
R_u	– розрахунковий опір сталі розтягуванню, згинанню 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 втомі
R_{wf}	– розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва
R_{wu}	– розрахунковий опір стикових зварних з'єднань стисканню, розтягуванню, згинанню за тимчасовим опором
R_{wun}	– нормативний опір металу шва за тимчасовим опором
R_{ws}	– розрахунковий опір стикових зварних з'єднань зсуву
R_{wy}	– розрахунковий опір стикових зварних з'єднань стисканню, розтягуванню і зсуву за границею текучості
R_{wz}	– розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу межі сплавлення
R_y	– розрахунковий опір сталі розтягуванню, стисканню згинанню за границею текучості
R_{yf}	– те саме, для полиці (пояса)
R_{yw}	– те саме, для стінки
R_{yn}	– границя текучості сталі, який приймається таким, що дорівнює значенню границі 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 $y-y$;

$W_c; W_t$	– моменти опору перерізу для стиснутої і розтягнутої полиці відповідно;
$W_{xn}; W_{yn}$	– 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, звису
$c_x; c_y$	– коефіцієнти для розрахунку з урахуванням розвитку пластичних деформацій при згинанні 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, проліт
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	– 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 ($\alpha_f = A_f/A_w$);
$\beta_f; \beta_z$	– коефіцієнти для розрахунку кутового шва по металу шва і по металу межі сплавлення відповідно
γ_b	– коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання
γ_c	– коефіцієнт умов роботи
γ_f	– коефіцієнт надійності за навантаженням
γ_n	– коефіцієнт надійності за призначенням
γ_m	– коефіцієнт надійності за матеріалом
γ_u	– коефіцієнт надійності в розрахунках за тимчасовим опором
η	– коефіцієнт впливу фори перерізу
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 поясної стінки ($\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{R_y / E}$);
- $\bar{\lambda}_{uf}$ – гранична умовна гнучкість звису пояса (поясного листа);
- $\bar{\lambda}_{uw}$ – гранична умовна гнучкість стінки;
- $\lambda_x; \lambda_y$ – розрахункові гнучкості елемента у площинах перпендикулярних до осей $x-x$ і $y-y$ відповідно;
- ν – коефіцієнт поперечної деформації сталі (Пуассона)
- σ_{loc} – місцеве напруження
- $\sigma_x; \sigma_y$ – нормальні напруження, паралельні до осей $x-x$ і $y-y$ відповідно;
- τ – дотичне напруження;
- $\varphi, \varphi_x, \varphi_y$ – коефіцієнт стійкості при центральному стисканні;
- φ_b – коефіцієнт стійкості при згинанні;
- φ_e – коефіцієнт стійкості при стисканні зі згинанням;
- φ_{exy} – коефіцієнт стійкості при стисканні зі згинанням у двох площинах

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)	А	І
б) гальмові балки і ферми, деталі кріплення до колон, ребра жорсткості	А	ІІ
в) балки колій підвісного транспорту: зварні	А	І
прокатні під технологічні електричні талі і кран-балки або ручні талі і кран-балки	Б	І
Прокатні під ремонтні або ручні талі і кран-балки	Б	ІІ
г) допоміжні горизонтальні ферми, вертикальні ферми, тупикові упори	Б	ІІ
д) деталі кріплення рейок	В	ІІІ
2. Робочі площадки при наявності рухомого транспорту:		
а) балки при залізничному рухомому складі	А	І
б) балки при автотранспортувачах та іншому транспорті	А	ІІ
в) металевий настил, включений в роботу балок, ребра жорсткості балок	Б	І
г) металевий настил, не включений в роботу балок, ребра жорсткості настилу	Б	ІІ
3. Конструкції технологічних площадок і покриттів:		
а) головні балки і ригелі рам при динамічному навантаженні	А	І
б) головні балки при статичному навантаженні	А	ІІІ
в) другорядні балки при динамічному навантаженні	А	ІІ
г) другорядні балки при статичному навантаженні	А	ІІІ
д) металевий настил, включений в роботу балок при динамічному навантаженні	Б	І
е) металевий настил, крім зазначеного в поз. 3д	Б	ІІ
ж) ребра жорсткості балок	В	ІІІ
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	А	ІІІ
б) вертикальні зв'язки по колонах	А	ІІІ
в) ребра жорсткості і діафрагми колон, елементи ґраток двоплощинних зв'язків, зв'язки з напруженням менш як $0,4 R_y$	В	ІІІ

Продовження таблиці В.1

конструкція і елемент	категорія	
	за призна- ченням	за напруженим станом
5. Конструкції покриття: а) ферми, ригелі та інші елементи, що піддаються безпосередній дії динамічних навантажень від технологічного чи транспортного устаткування б) те саме при статичному навантаженні в) вузлові фасонки г) ліхтарні панелі, щити покрівлі, прогони, горизонтальні торцеві зв'язки в рівні покрівлі, поздовжні зв'язки при кроці колон більшому від кроку стропильних ферм д) інші зв'язки	А А А Б В	ІІ ІІІ ІІ ІІ ІІІ
6. Конструкції фахверка а) ригелі під цегляні стіни і над воротами б) стійки, торцеві і вітрові ферми в) ригелі, крім зазначених у поз.6а та інші елементи	А Б В	ІІІ ІІ ІІІ
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	А В	ІІІ ІІІ
8. Транспортні галереї: а) прогінні будівлі галереї, несучі балки під конвеєри, фасонки ферм б) опори, зв'язки по колонах, опорні ребра балок в) елементи фахверка, зв'язки, прогони і балки покриттів прольотних будівель, ребра жорсткості балок	А А Б	І ІІ ІІ
9. Опори повітряних ліній (ПЛ) електропередачі, конструкцій відкритих розподільних пристроїв (ВРП): а) зварні спеціальні опори великих переходів заввишки понад 60 м б) опори ПЛ, крім зазначених у поз. 9а, опори під вимикачі ВРП в) опори під устаткування ВРП тощо, крім зазначених у поз. 9а і 9б	А А В	І ІІІ ІІ
10. Антенні споруди зв'язку заввишки до 500 м а) стовбури щогл і башт, ґратки, елементи опираючі 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	А Ф Б	ІІ І ІІІ

Закінчення таблиці В.1

конструкція і елемент	категорія	
	за призна- ченням	за напруженим станом
11. Витяжні башти:		
а) пояси башт, вузлові фасонки	А	II
б) газовідвідний стовбур, елементи ґратки, балки і площадки діафрагм, що безпосередньо сприймають вагу стовбура	Б	II
в) опорні плити, хідники, огороження, настил площадок, балок і площадки діафрагм, що не сприймають вагу стовбура	В	III
12. Димові труби:		
а) сталева оболонка і ребра жорсткості труби	А	II
б) площадки, опорні кільця, хідники та огороження	Б	III
13. Градирні баштові і вентиляторні, водонапірні башти		
а) пояси ґратчастих башт, кільця жорсткості, ґратки	А	III
б) вузлові фасонки	А	II
в) фахверк, допоміжні площадки, обшивки градирень	В	III
14. Бункери:		
а) бункерні балки, оболонки параболічних бункерів	А	II
б) стінки інших бункерів, ребра жорсткості бункерів	А	III
15. Резервуари і газгольдери:		
а) стінки та крайки днищ резервуарів місткістю 10 тис. м ³ і більше, фасонки покриттів	А	I
б) стінки та крайки днищ резервуарів місткістю менш як 10 тис. м ³	А	III
в) центральні частини днищ, опірні кільця покриття, кільця жорсткості, плавучі покрівлі і понтони покриття	А	III
д) внутрішні корпуси ізотермічних резервуарів при температурі зберігання не вище мінус 50 °С	А	I
16. Конструкції контактової мережі транспорту:		
а) конструкції та елементи, пов'язані з натягом проводів (тяги, штанги, хомути)	А	II
б) конструкції та елементи несучих, підтримувальних і фіксувальних пристроїв (опори, ригелі жорсткості поперечин, прожекторні щогли, фіксатори)	Б	II
в) допоміжні конструкції	В	III
17. Силоси (оболонка, ребра жорсткості)	А	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	А	II
б) колони	А	II
Примітки:		
1. Вимоги цієї таблиці не поширюються на сталеві конструкції спеціальних споруд: магістральні і технологічні трубопроводи, резервуари спеціального призначення, кожухи доменних печей і повітрянагрівачів 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		

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 згідно з 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.

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
		B	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 ($\sigma > 0,3R_y$; $\sigma > 0,3R_{mz}$ або в місцях, де міцність зварного з'єднання визначає придатність до експлуатації конструкції в цілому.			

В.2 Після підбору перерізів слід уточнити групу конструкцій коректуванням показника групи S , визначеного згідно з В.1 цього додатка, не більше як на ± 4 бали. При цьому рекомендується прийняти категорію за напруженим станом:

–I при $\alpha \geq 0,5$; II при $0,2 < \alpha < 0,5$; III при $\alpha \leq 0,2$ (тут α – відношення абсолютного найбільшого значення нормального розтягувального напруження, викликаного динамічним навантаженням, до найбільшого значення сумарного розтягувального напруження від усіх навантажень у тому самому перерізі);

–при товщині прокату понад 20 до 40 мм, при наявності кромки після гільйотинного різання, наклепування від деформування в холодному стані, що не враховуються в розрахунку високих початкових напружень (у тому числі зварювальних), додати 1 бал;

–при товщині прокату понад 40 мм – додати 2 бали;

–при дії статичного навантаження і значенні нормального напруження стискування, що обчислене з урахуванням коефіцієнтів φ , φ_e , φ_b і не перевищує $\gamma_c \cdot 0,4R_y$ (наприклад, при обмеженні гнучкості, конструктивних вимогах тощо), – відняти 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	0,12·10 ⁻⁴
Модуль пружності E , Н/мм ² :	
прокатної сталі, сталевих виливків	2,06·10 ⁵
виливків з чавуну марок:	
СЧ15	0,83·10 ⁵
СЧ20,СЧ25,СЧ30	0,98·10 ⁵
пучків і пасм паралельних дротів	1,96·10 ⁵
канатів сталевих:	
спіральних і закритих	1,67·10 ⁵
несучих	
подвійного звивання	1,47·10 ⁵
подвійного звивання з неметалевим сердечником	1,27·10 ⁵
Модуль зсуву прокатної сталі і сталевих виливків G , Н/мм ²	0,79·10 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 · 10 ⁵	0,23 · 10 ⁻⁴
Мідні проводи за ГОСТ 839	М; 4-800	1,300 · 10 ⁵	0,17 · 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 · 10 ⁵	0,192 · 10 ⁻⁴
0,65	95	1,460 · 10 ⁵	0,139 · 10 ⁻⁴
4,29-4,39	120 і більше	0,890 · 10 ⁵	0,183 · 10 ⁻⁴
7,71-8,04	150 і більше	0,770 · 10 ⁵	0,198 · 10 ⁻⁴
1,46	185 і більше	1,140 · 10 ⁵	0,155 · 10 ⁻⁴
12,22	330	0,665 · 10 ⁵	0,212 · 10 ⁻⁴
18,2-18,5	400 і 500	0,665 · 10 ⁵	0,212 · 10 ⁻⁴
Бісталевий сталемідний дріт за ГОСТ 3822 діаметром, мм:	БСМ І		
1,6-4	2,0-12,5	1,870 · 10 ⁵	0,127 · 10 ⁻⁴
6	28,2	1,900 · 10 ⁵	0,124 · 10 ⁻⁴
Примітка.			
Значення маси проводів і дроту слід приймати за ГОСТ 839 і ГОСТ 3822.			

Вимоги до сталей для сталевих конструкцій

Таблиця Д.1 Нормовані показники ударної в'язкості прокату при розрахунковій температурі $t \geq -40$ °С

група констру-кцій	нормовані показники ударної в'язкості для прокату з межою текучості, н/мм ²		
	$R_{yn} < 290$	$290 \leq R_{yn} < 390$	$390 \leq R_{yn}$
1	КСА+КCV	КCV ⁻²⁰	КCV ⁻⁴⁰
2	тоже	то же	то же
3	то же	то же	то же

Примітки:
1. КCV - ударна в'язкість на зразках з V- подібним надрізом (тип 11 за ГОСТ 9454), індекс t (КCV^t) — регламентована температура випробувань на ударний згин, відсутність індексу означає температуру + 20 °С, КСА - ударна в'язкість при температурі + 20 °С при випробуванні зразків типу 1 за ГОСТ 9454 з V- подібним надрізом після деформаційного старіння.
2. Норми ударної в'язкості:
1) для сталей з $R_{yn} < 290$ Н/мм² — КCV = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках; КСА = 29 Дж/см²;
2) для сталей з $290 \leq R_{yn} < 390$ Н/мм² — КCV⁻²⁰ = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках; КCV⁰ = КCV⁻²⁰ = КCV⁻⁴⁰ = 34 Дж/см² на поздовжніх зразках і 25 Дж/см² на поперечних зразках;
3) для сталей з $390 \leq R_{yn}$ — КCV⁻⁴⁰ = 25 Дж/см².

Таблиця Д.2 Вимоги до 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_s , не більше
	вуглець	фосфор	сірка	
до 290	0,22	0,040	0,050 ²⁾	
понад 290 до 390	0,15	0,035	0,040 ²⁾	0,45
понад 390 до 490	0,15	0,020	0,020 ³⁾	0,46
понад 490 до 590	0,15	0,015	0,015	0,47
понад 590	0,15	0,010	0,010	!!!!!!

¹⁾ Граничні відхилення за хімічним складом у готовому прокаті – за ГОСТ 27772.
²⁾ У разі термічного оброблення, спрямованого на подрібнення зерна, вміст сірки не більш як 0,025%.
³⁾ Сумарний вміст сірки і фосфору не більш як 0,030%.

Примітка:
Значення вуглецевого еквівалента обчислюється за формулою

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V + Nb}{14} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{Si}{24} + \frac{P}{2},$$

де С, Мп, Сг, V, Nb, Ni, Cu, Si, P— масові частки вуглецю, марганцю, хрому, ванадію, ніобію, нікелю, міді, кремнію і фосфору, %.

Таблиця Д.3 Вимоги до застосування сталевого прокату

характеристика сталі	група конструкцій	ступінь розкислення	вимоги щодо ударної в'язкості
сталь звичайної міцності	1	сп	kca+kcv
	2	пс, сп	
	3	кп, пс, сп	
	4	кп, пс, сп	
сталь підвищеної міцності	1		kcv ⁻²⁰
	2		
	3		
сталь високої міцності	1		kcv ⁻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.			

Рекомендації щодо вибору сталей для конструкцій будівель і споруд

Таблиця Е.1 Сталі для сталевих конструкцій будівель і споруд

сталь (товщина, мм)	умови застосування сталі для груп конструкцій			
	1	2	3	4
Конструкції з фасонного, сортового, листового, широкополочного і універсального прокату і холодногнутих профілів				
С235 ГОСТ 27772	-	-	+ ^{а)}	+
С245 ГОСТ 27772	-	+ ^{б)}	+	-
С255 ГОСТ 27772	+	+	+	-
С275 ГОСТ 27772	-	+ ^{б)}	+	-
С285 ГОСТ 27772	+	+	+	-
С345 ГОСТ 27772	+3	+1	+1	-
С345К ГОСТ 27772	-	+	+	-
С375 ГОСТ 27772	+3	+1	+1	-
С390 ГОСТ 27772	+	+	+	-
С440 ГОСТ 27772	+	+	+	-
С590 ГОСТ 27772	-	+	+	-
С590К ГОСТ 27772	-	-	-	-
Конструкції з труб				
ВСтЗкп (до 4) ГОСТ 10705 ^{а)}	+2 ^{л)}	+2 ^{л)}	+2 ^{л)}	
ВСтЗкп (от 4,5 до 10) ГОСТ 10705 ^{б)}	-	+2 ^{л)}	+2 ^{л)}	
ВСтЗпс (до 5,5) ГОСТ 10705 ^{б)}	+2 ^{л)}	+2 ^{л)}	+2 ^{л)}	
ВСтЗпс (от 6 до 10) ГОСТ 10705 ^{б)}	+6	+6	+6	
ВСтЗсп (от 6 до 10) ГОСТ 10705 ^{б)}	-	-	-	
ВСтЗпс (от 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{г)}	-	+4	+4	
ВСтЗсп (от 5 до 15) ГОСТ 10706 ^{г)}	-	-	-	
20 ГОСТ 8731 ^{е)}	+	+	-	
09Г2С ГОСТ 8731 ^{е)}	+	+	-	

сталі (товщина, мм)	умови застосування сталі для груп конструкцій			
	1	2	3	4
<p>Позначення, прийняті в табл. Е.1: Знаки «+» «-» означають, що дану сталь застосовувати відповідно слід чи не слід. Цифра за знаком «+» означає категорію сталі. а) крім неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, а також крім опор ПЛ, ВРП і КМ; б) для неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, застосовувати прокат завтовшки до 10 мм; в) група В, табл. 1 ГОСТ 10705; г) група В з додатковими вимогами за п.1.6 ГОСТ 10706; д) крім опор ПЛ, ВРП і КМ; е) безшовні гарячедеформовані труби з зазначених марок сталей допускається застосовувати для елементів спеціальних опор великих переходів ПЛ висотою понад 60 м (група конструкцій 1).</p> <p>Примітки: 1. За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці. 2. Вимоги цієї таблиці поширюються на листовий прокат – від 4 мм. При товщині менш як 5 мм наведені в таблиці сталі застосовуються без вимог до ударної в'язкості (без зазначення категорії). 3. Прокат завтовшки менш як 5 мм із сталі С235 допускається застосовувати для конструкцій усіх груп, крім опор ПЛ, ВРП і КМ. 4. Застосування термозміцненого з прокатного нагріву фасонного прокату із сталі С345Т і С375Т, який постачається як сталь С345 і С375, не допускається в конструкціях, які при виготовленні піддаються металізації або пластичним деформаціям при температурі понад 700 °С. 5. До сортового прокату (круг, смуга, квадрат) за 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 за ГОСТ 27772. Відповідність марок сталі сортового прокату сталям за ГОСТ 27772 слід визначити за табл. Е.5 цього додатка.</p>				

Таблиця Е.2 Нормативні і розрахункові опори при розтягуванні, стисканні та згинанні для листового, ширококуткового універсального і фасонного прокату за ГОСТ 27772

сталь	товщина прокату ¹⁾ , мм	нормативний опір ²⁾ , Н/мм ² , прокату				розрахунковий опір ³⁾ , Н/мм ² , прокату			
		листового, ширококуткового, універсального		фасонного		листового, ширококуткового, 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
	більше 20 до 40	225	360	225	360	220	350	220	350
	більше 40 до 100	215	360	-	-	210	350	-	-
	більше 100	195	360	-	-	190	350	-	-
С245	від 2 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	більше 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
	більше 10 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	більше 20 до 40	235	370	235	370	230	360	230	360
С275	від 2 до 10	275	380	275	390	270	370	270	380
	більше 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
	більше 10 до 20	265	380	275	390	260	370	270	380
С345	від 2 до 10	345	490	345	490	335	480	335	480
	більше 10 до 20	325	470	325	470	315	460	315	460
	більше 20 до 40	305	460	305	460	300	450	300	450
	більше 40 до 60	285	450	-	-	280	440	-	-
	більше 60 до 80	275	440	-	-	270	430	-	-
	більше 80 до 100	265	430	-	-	260	420	-	-
С345К	від 4 до 10	345	470	345	470	335	460	335	460
С375	від 2 до 10	375	510	375	510	365	500	365	500
	більше 10 до 20	355	490	355	490	345	480	345	480
	більше 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	-	-
	більше 30 до 50	410	570	-	-	400	555	-	-
С590	від 10 до 36	540	635	-	-	515	605	-	-
С590К	від 16 до 40	540	635	-	-	515	605	-	-

1) За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці.

2) За нормативний опір 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, і округленням до 5 Н/мм².

Примітка.

Розрахункові опори R_{yn} стінок гарячекатаних двотаврів і швелерів допускається збільшувати на 10 % порівняно з 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 опір ¹⁾ , н/мм ²		розрахунковий опір ²⁾ , н/мм ²	
			R_{ym}	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/мм², на коефіцієнти надійності за матеріалом, які визначаються згідно з п. 1.3.2 і округленням до 5 Н/мм².

Примітка.
Нормативні опори для труб із сталі марки 09Г2С за ГОСТ 8731 встановлюються за погодженням сторін згідно з вимогами цього стандарту; розрахункові опори – з 6.1 цих норм.

Таблиця Е.4 Розрахункові опори прокату зминанню торцевої поверхні, місцевому зминанню у циліндричних шарнірах, діаметральному стисканню котків

тимчасовий опір, Н/мм ²	розрахунковий опір, н/мм ²		
	зминанню		
	торцевої поверхні (за наявності пригонки)	місцевому в циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	діаметральному стисканню котків (при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю)
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.
В таблиці наведено значення розрахункових опорів, обчислені за формулами в розд. 1.3 цих норм при $\gamma_m = 1,1$.

Таблиця Е.5 Марки сталі, змінювані сталями за ГОСТ 27772

сталі за гост 27772	змінювана сталь	
	марки сталі, товщина прокату, мм	ГОСТ або ТУ
C235	ВСтЗкп2 ВСтЗкп2-1	ГОСТ 380 ТУ І4-І-3023
C245	ВСтЗпсб (листовий – до 20, фасонний – до 30) ВСтЗпсб-1	ГОСТ 380 ТУ І4-І-3023
C255	ВСтЗсп5, ВСтЗГпсб, ВСтЗпсб (листовий – св.20 до 40, фасонний – більше 30) ВСтЗсп5-1, ВСтЗГпс5-1	ГОСТ 380 ТУ І4-І-3023
C275	ВСтЗпсб-2	ТУ І4-І-3023
C285	ВСтЗсп5-2, ВСтЗГпс5-2	ТУ І4-І-3023
C345, C345Т	09Г2	ГОСТ 19281 ГОСТ 19282
	09Г2С 15ХСНД (листовий до 10, фасонний до 20) 14Г2 (листовий, фасонний до 20)	ГОСТ 19282
	12Г2С гр.1	ТУ І4-І-4323
	09Г2 гр.1, 09Г2 гр.2, 09Г2С гр.1, 14Г2 гр.1 (фасонний – до 20)	ТУ І4-І-3023
	390	ТУ І4-І5-І46
	ВСтТпс	ГОСТ 14637
C345К	10ХНДП	ГОСТ 1928І, ГОСТ 19282 ТУ І4-І-І2І7
C375	12Г2С гр.2	ТУ І4-І-4323
	09Г2С гр.2, 14Г2 гр.1 (фасонний – св.20), 14Г2 гр.2 (фасонний – до 20)	ТУ І4-І-3023
	14Г2 (листовий, фасонний – св.20) 10Г2С1, 15ХСНД (листовий – св.10, фасонний – св.20), 10ХСНД (листовий – до 10, фасонний – без обмежень)	ГОСТ 1928І, ГОСТ 19282
C390	14Г2АФ, 10Г2С1 термозміцнена, 10ХСНД (листовий – св.10)	ГОСТ 19282
C390К	15Г2АФДпс	ГОСТ 19282
C440	16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термозміцнена	ГОСТ 19282
C590	12Г2СМФ	ТУ І4-І-І308
C590К	12ГН2МФАЮ	ТУ І4-І-І772
Примітки:		
1. Сталі 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 С345К, С390, С390К, С340, С590, С590К за ГОСТ 27772 замінюють відповідні марки сталі категорій 1–15 за ГОСТ 19281 і ГОСТ 19282, вказані у цій таблиці.		

Таблиця Е.6 Розрахункові опори відливків 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_{ip}	110	130	160	180
Діаметральне стискання котків при вільному дотиканні (в конструкціях з обмеженою рухомістю)	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	СЧ25	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

Матеріали для з'єднання сталевих конструкцій

Таблиця Ж.1 Матеріали для зварних з'єднань

Група конст рукції	Клас міцності проката (найменуван- ня, марка сталі)	Державни й стандарт, технічні умови	Матеріали для зварювання					самозахисни м порошковим дротом за ГОСТ 26271- 84	покритими електрода ми типу за ГОСТ 9467-75*. марок
			під флюсом		у вуглекислому газі за ГОСТ 8050-85 або в суміші його з аргоном за ГОСТ 10157-79				
			флюс за ГОСТ 9087-81* ТУ У 05416923.049-99	зварювал ьний дріт за ГОСТ 224 6-70*	дротом суцільно го перерізу за ГОСТ 2246- 70*	порошковим дротом за ГОСТ 26271- 84			
марка									
1,2	від 235 до 285 вкл. (типу СтЗсп)	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. (типу 10ХСН Д)	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	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	08Г2С	ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45		

		ТУ У 14-16-150- 99		Св- 08ХГСМА Св- 10ХГ2СМ А				
	345 (С345К,10Х НДП)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89	АН-348А АН-348АД	Св- 08Х1ДЮ	Св- 08ХГ2С ДЮ	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- 08ХН2ГМ Ю Св- 10НМА	Св- 08ХГС МА Св- 10ХГ2С МА Св- 08Г2С			Э60 УОНИ 13/65 АНО-33 АНО- ТМ60 Э70 АНП-2 АНП-11 АНО- ТМ70
3, 4	від 235 до 285 вкл. (типу Ст3сп)	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-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45	Э50А УОНИ 13/55 УОНИ 13/55СМ УОНИ 13/55ФК ДСК- 55ФК
	від 325 до 390 вкл. (типу10ХСН Д)	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-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	АН-47 АН-47Д АН-17М АН-348А ¹⁾	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8	ПП-АНІ9 ³⁾ ПП-АНІ9Н ³⁾ ПП-АН45	

		5521-93 ТУ У 14-16-150- 99	АН-348АД ¹⁾					
345 (С345К,10Х НДП)	ГОСТ 27772-88 ГОСТ 19281-89	АН-348А АН-348АД	Св- 08Х1ДЮ	Св- 08ХГ2С ДЮ	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 службові 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		Металл углового шва	
Тип електрода (ГОСТ 9467-75)	Порошковая проволока (ГОСТ 26271-84), марка	Нормативний опір R_{wun} Н/мм ²	Розрахунков 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			
не розраховувемих на витривалість		розраховувемих на витривалість	
при роботі болтів на			
розтяг або зріз	зріз	розтяг або зріз	зріз
5.6	5.6	5.6	5.6
8.8	8.8	8.8	8.8
10.9	10.9	10.9	10.9
-	12.9	-	12.9

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.

Примітка:
В нерозраховувемих з'єднаннях 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
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 розд. 1.3 цих норм з округленням до 5 Н/мм².

Таблиця Ж.5 Розрахункові опори одноболтових з'єднань змінанню R_{bp} елементів, що з'єднуються болтами

Тимчасовий опір сталі з'єднувальних 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 вказано значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розд. 1.3 цих норм з 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 1928І ^{*)}	
	Ст3кп2-1	Ст3пс4-1, Ст3пс2-1, Ст3сп4-1, Ст3сп2-1	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 розд. 6.

Примітки:
1. Сталь за ГОСТ 535 повинна постачатися за 1 групою за назначенням.
2. У таблиці вказано 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 зрізу і розтягуванню, 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, взяті в дужки, застосовувати не рекомендується.

Таблиця Ж.8. Площі перерізу болтів, см², по 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, узяті в дужки, не рекомендується застосовувати, в конструкціях, крім опор ПЛІ, ВРП.

Коефіцієнти умов работ для розтягнутого поодинокого кутика, який прикріплюється однією полицею болтами

Коефіцієнти умов роботи γ_{c1} , при розрахунку за формулою (1.4.2) перерізів розтягнутого поодинокого кутика із сталі з межею текучесті до 380 Н/мм², який прикріплюється однією полицею болтами, поставленими в один ряд по осі, розташованій на відстані не менш як 0,5 b від обушка кутика і не менш як 1,2 d від пера кутика, слід визначити за формулою:

$$\gamma_{c1} = (\alpha_1 \frac{A_{n1}}{A_n} + \alpha_2) \alpha_3 \quad (I.1)$$

де A_{n1} – площа частини перерізу прикріплюваної полиці кутика між краєм отвору і пером;

A_n – площа перерізу кутика нетто;

α_1 , α_2 , α_3 – коефіцієнти, що визначаються за табл.І.1.

Таблиця І.1 Коефіцієнти α_1 , α_2 і α_3

Коефіцієнти	Значення коефіцієнтів α_1 , α_2 , α_3					
	при одному болті та відстані e_1 , що дорівнює			при $e_1 \geq 1,5d$ и $P_1 \geq 2d$ при кількості болтів у ряду		
	1,35 d ¹⁾	1,5 d	2 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 розпорок), крім тих, що постійнопрацюють на розтяг при товщині полиці до 6 мм.

При розрахунку тяг і поясів траверс, елементів опор ПЛ, ВРП, і 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 зусилля від краю елемента до центра найближчого отвору;

b – ширина полиці кутика;

P_1 – відстань вздовж зусилля між центрами отворів;

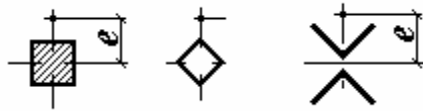
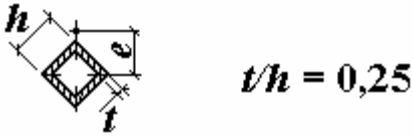
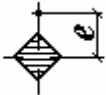
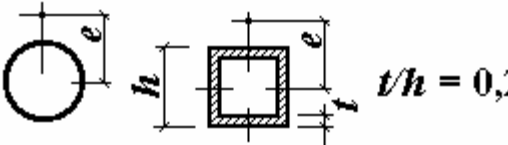
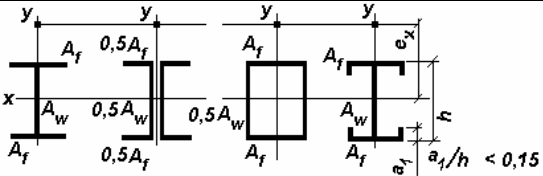
d – діаметр отвору для болта з урахуванням додатного допуску.

Коефіцієнти для розрахунку на стійкість центрально і позацентрово-стиснутих елементів

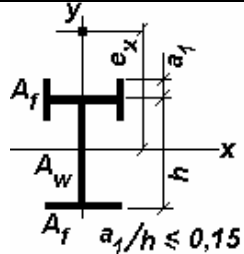
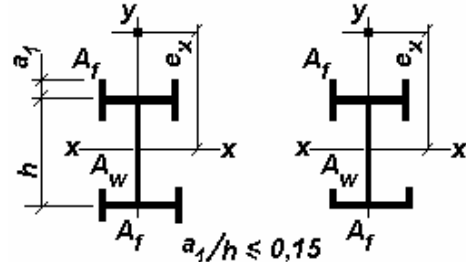
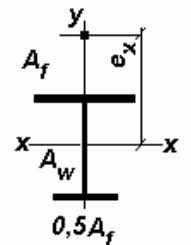
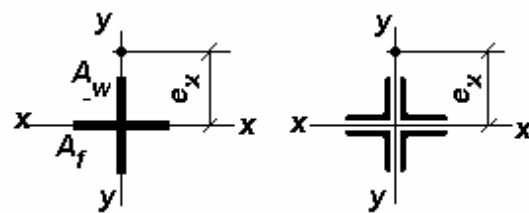
Таблиця К.1 Коефіцієнти стійкості при центральному стисненні

Умовна гнучкості $\bar{\lambda}$	Коефіцієнти φ для типів кривих стійкості			Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Коефіцієнти φ для типів кривих стійкості		
	<i>a.</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a.</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
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. Значення коефіцієнтів φ в таблиці збільшені в 1000 разів.							

Таблиця К.2 Коефіцієнти впливу форми перерізу η

Тип перерізу	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		-	0,85	0,85	0,85	
3		-	$0,75 + 0,02\lambda_x$	$0,75 + 0,02\lambda_x$	0,85	
4		-	$(1,35 - 0,05m_x) - 0,01(5 - m_x) \lambda_x$	1,10	1,10	
5		0,25 0,5 $\geq 1,0$	$(1,45 - 0,05m_x) - 0,1(5 - m_x) \lambda_x$ $(1,75 - 0,1m_x) - 0,02(5 - m_x) \lambda_x$ $(1,90 - 0,1m_x) - 0,02(6 - m_x) \lambda_x$	1,20 1,25 $1,4 - 0,02\lambda_x$	1,20 1,25 1,30	

Продовження таблиці К.2

Тип пере-різу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \leq \bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) \leq 5$		$\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0,1 \leq m_x(m_y) \leq 5$	$5 < m_x(m_y) \leq 20$	$0,1 \leq m_x(m_y) \leq 5$	$5 < m_x(m_y) \leq 20$
6		-	$\eta_5 [1 - 0,3(5 - m_x) \frac{a_1}{h}]$	η_5	η_5	
7			$\eta_5 (1 - 0,8 \frac{a_1}{h})$	$\eta_5 (1 - 0,8 \frac{a_1}{h})$	$\eta_5 (1 - 0,8 \frac{a_1}{h})$	
8		0,5	1,4	1,4	1,4	1,4
		1,0	$1,60 - 0,01(5 - m_x) \lambda_x$	1,6	$1,35 + 0,05m_x$	1,6
		2,0	$1,8 - 0,02(5 - m_x) \lambda_x$	1,8	$1,3 + 0,1m_x$	1,8
9		0,25	$(0,75 + 0,05m_x) + 0,01(5 - m_x) \lambda_x$	1,0		1,0
		0,5	$(0,5 + 0,1m_x) + 0,02(5 - m_x) \lambda_x$	1,0		1,0
		≥ 1,0	$(0,25 + 0,15m_x) + 0,03(5 - m_x) \lambda_x$	1,0		1,0

Закінчення таблиці К.2

Тип пере-різу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \leq \bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) \leq 5$		$\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0,1 \leq m_x(m_y) \leq 5$	$5 < m_x(m_y) \leq 20$	$0,1 \leq m_x(m_y) \leq 5$	$5 < m_x(m_y) \leq 20$
10		0,5	$1,45 + 0,04m_x$	1,65	$1,45 + 0,04m_x$	1,65
		1,0	$1,8 + 0,12m_x$	2,4	$1,8 + 0,12m_x$	2,4
		1,5	$2,0 + 0,25m_x + 0,1\lambda_x$	-	-	-
		2,0	$3,0 + 0,25m_x + 0,1\lambda_x$	-	-	-
		0,5	$(1,25 + 0,05m_x) - 0,01(5-m_x) \lambda_x$	1,0		1,0
		$\geq 1,0$	$(1,5 - 0,1m_x) - 0,02(5-m_x) \lambda_x$	1,0		1,0
11		$\leq 0,5$	$(0,25 + 0,15m_y) + 0,03(5-m_y) \lambda_y$	1,0		1,0
		1,0	$(0,5 + 0,1m_y) + 0,02(5-m_y) \lambda_y$	1,0		1,0
		2,0	$(0,75 + 0,05m_y) + 0,01(5-m_y) \lambda_y$	1,0		1,0
12		0,25	$3,0 + 0,25m_y + 0,1\lambda_y$	-		-
		0,333	$2,0 + 0,25m_y + 0,1\lambda_y$	-		-
		0,50	$1,8 + 0,12m_y$	2,4	$1,8 + 0,12m_y$	2,4
		1,00	$1,45 + 0,04m_y$	1,65	$1,45 + 0,04m_y$	1,65
		$\leq 0,5$	$(1,5 - 0,1m_y) - 0,02(5-m_y) \lambda_y$	1,0		1,0
		1,0	$(1,25 - 0,05m_y) - 0,01(5-m_y) \lambda_y$	1,0		1,0
13		1,25	$1,8 - 0,02(5-m_y) \lambda_y$	1,8	$1,3 + 0,1m_y$	1,8
		0,5	$1,6 - 0,01(5-m_y) \lambda_y$	1,6	$1,35 + 0,05m_y$	1,6
		1,0	1,4	1,4	1,4	1,4

Примітки:

- Для типів перерізів 5 – 7 при розрахунку значень A_f/A_w площу вертикальних елементів полиць не слід враховувати.
- Для типів перерізів 6 – 7 значення η_5 слід приймати таким, що дорівнює значенням η для типу 5 при тих самих значеннях A_f/A_w .

Таблиця К.3 Коефіцієнти стійкості φ_e при позакентровому стисненні суцільностінчатих стрижнів в площині дії моменту, що співпадає з площиною симетрії

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при приведеному відносному ексцентриситеті 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 приведеному відносному ексцентриситеті 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 приведеному відносному ексцентриситеті 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 φ_e приймати не більше значень φ .

Таблиця К.4 Коефіцієнти стійкості φ_e при позацентровому стисненні скрізних стрижнів в площині дії момента, що співпадає з площиною симетрії

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при відносному ексцентриситеті 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 відносному ексцентриситеті 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

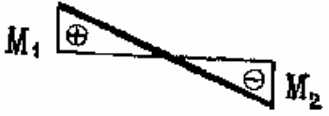
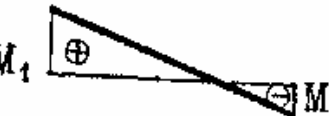
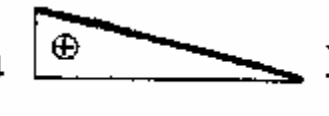
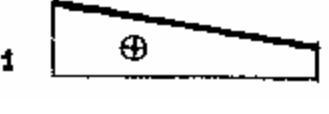
Закінчення таблиці К.4

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при відносному ексцентриситеті 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 φ_e приймати не вище значень φ .

Таблиця К.5. Приведені відносні ексцентриситети m_{ef} для позacentрово стиснутих стрижнів з шарнірно спертими 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:

$$m_{ef,1} = \eta \frac{M_1}{N} \cdot \frac{A}{W_c}; \quad \delta = \frac{M_2}{M_1}$$

**Коефіцієнт C_{max} для розрахунку на стійкість стиснутих стрижнів
тонкостінного відкритого перерізу**

Л.1 Коефіцієнт C_{max} слід розраховувати за формулою

$$C_{max} = \frac{2}{1 + \delta B + \sqrt{(1 - \delta B)^2 + \frac{16}{\mu} \left(\alpha - \frac{e_x}{h}\right)^2}} \quad (\text{Л.1})$$

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 зтискаючої 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;

$I_t = \varepsilon \sum b_i t_i^3$ – 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, що створюють 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 в формулі (Л.1) слід приймати $B = 1$, $e_x = 0$.

Л.3 При розрахунку стиснутих стрижнів за 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

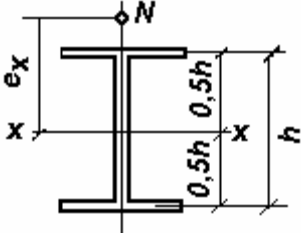
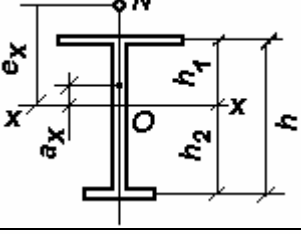
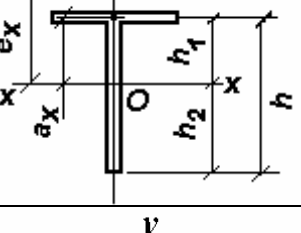
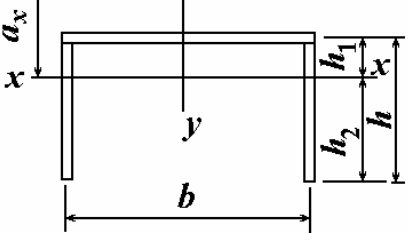
$$\begin{aligned} \rho &= \frac{I_x + I_y}{Ab^2} + \alpha^2 \\ I_t &= 0,37(ht_w^3 + 2bt_f^3) \end{aligned} \quad (\text{Л.5})$$

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 Y-Y; $\eta = b/h$.				

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:

$$\nu = \frac{4(3 + \eta\psi)}{\eta(2 + \eta\psi)(6 + \eta\psi)};$$

$$I_\omega = \frac{t_f b^3 h^2}{12} \cdot \frac{3 + 2\eta\psi}{6 + \eta\psi},$$

де $\eta = \frac{h}{b}$; $\psi = \frac{t_w}{t_f}$.

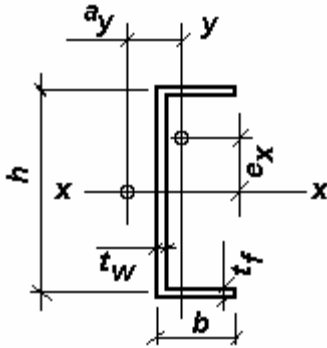


Рисунок Л.1 Схема швеллерного перерізу

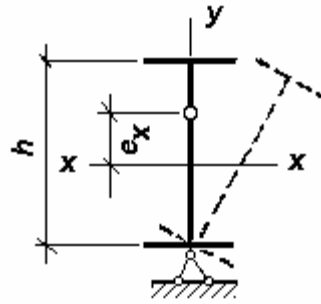


Рисунок Л.2 Схема перерізу елемента, підкріпленого вздовж полки

Величину e_x слід приймати згідно Л.2, а I_t – визначати за формулою Л.5.

Л.8. Розрахунок на стійкість позacentровано стиснутих елементів двутаврового перерізу з двома осями симетрії, неперервно підкріплених вздовж однієї з полк (рис. Л.2), необхідно виконувати за 1.4.1.5, при цьому в формулах 1.4.6, 1.4.7 замість $\bar{\lambda}_x$ слід приймати $\bar{\lambda}_y$, а коефіцієнт C_{max} – розраховувати за формулою

$$C_{max} = \frac{2 + 0,1\alpha}{1 + 4(\rho + \frac{e_x}{h})} \quad (Л.7)$$

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 рівним відстані між перерізами елемента, що закріплені від повороту відносно повздовжньої вісі (відстань між вузлами кріплення в'язів, розпірок та ін.).

Ексцентриситет $e_x = M_x / N$, прийнятий у формулі (Л.6) зі своїм знаком, вважається позитивним, якщо місце прикладання сили зміщено у бік вільної полиці (мал. Л.2); для центрально стиснутих елементів $e_x = 0$.

При визначенні e_x за розрахунковий 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 перетину 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 більш ніж у 2 рази) значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, отримане відповідно до вимог 1.4.3.2, слід у формулі (1.4.3) при $\alpha \leq 0,5$ приймати розрахункову зменшену площу 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 (M.1) – (M.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 перетину, розташованого перпендикулярно площини, у якій перевіряється стійкість.

Значення h_d у центрально стиснутих елементах варто 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 (M.4) – (M.6) слід приймати відповідно до вимог 1.4.3.2. При обчисленні значення h_d для коробчатого перерізу за формулою (M.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 1.4.3.8.

В позацентрово стиснутих елементах двотаврового і коробчатого перерізу значення h_d слід обчислювати за формулами відповідно (M.4) і (M.5). При цьому в цих формулах значення $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_x$ і

$\bar{\lambda}_{uw}$ слід приймати відповідно до вимог 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	
		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	1,47	1,04	3,0
		0,50		1,07	
		1,00		1,12	
		2,00		1,19	
7		—	1,26	1,26	1,5
8		—	1,60	1,47	а) 3,0 б) 1,0
		—			
9		0,5	1,6	1,07	а) 3,0 б) 1,0
		1,0		1,12	
		2,0		1,19	

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 $n=3$

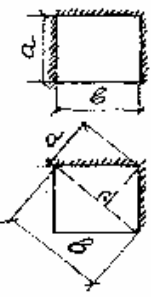
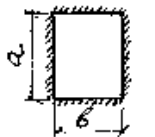
Примітки:

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 більш $1,15 \gamma_f$, де γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, обумовлений як відношення розрахункового значення еквівалентного (за значенням згинаючого моменту) навантаження до нормативного.

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, що спирається 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 лінійну інтерполяцією.										

Згинаючі 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 – виліт консольної ділянки; α – коефіцієнт, що залежить від умов опирання і співвідношення розмірів сторін ділянки і прийнятий згідно табл. Н.2; q – реактивний тиск ґрунту на одиницю площі під розглянутою ділянкою плити, що прийнят рівномірним і рівним середньому значенню тиску; b – розмір ділянки плити, прийнятий згідно 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'язів, що розкріплюють стиснутий пояс, виду навантаження і місця його прикладання. При цьому передбачається, що навантаження діє в площині найбільшої жорсткості ($J_x > J_y$), а опорні перерізи закріплені від бічних зсувів і повороту.

П.2 Для балки і консолі двотаврового перерізу з двома осями симетрії коефіцієнт φ_b слід приймати рівним:

при $\varphi_1 = 0,85$

$$\varphi_b = \varphi_1 \quad (\text{П.1})$$

при $\varphi_1 > 0,85$

$$\varphi_b = 0,68 + 0,21 \varphi_1 \leq 1, \quad (\text{П.2})$$

де значення φ_1 слід розраховувати за формулою

$$\varphi_1 = \psi \frac{I_y}{I_x} \left(\frac{h}{l_{ef}} \right)^2 \cdot \frac{E}{R_y}. \quad (\text{П.3})$$

У формулі (П.3) позначено:

ψ – коефіцієнт, що обчислюється відповідно до вимог П.3;

h – повна висота перерізу прокатного двотавра або відстань між осями поясів (пакетів поясних аркушів) складеного двотавра;

l_{ef} – розрахункова довжина балки або консолі, обумовлена відповідно до вимог 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 в залежності від кількості закріплень стиснутого пояса, виду навантаження і місця його прикладання, а також від коефіцієнта α , що дорівнює:

а) для прокатних і складених зварних двотаврів

$$\alpha = 1,54 J_t / J_y (l_{ef} / h)^2, \quad (\text{П.4})$$

де J_t – момент інерції при вільному крутінні, визначаємий за додатком Л;

h – повна висота перерізу для прокатних двотаврів або відстань між вісями поясів для складених двотаврів.

б) для складених двотаврів із фрикційними поясними з'єднаннями

$$\alpha = 8 \left(\frac{l_{ef} t_f}{h b_f} \right)^2 \left(1 + \frac{a t^3}{b_f t_f^3} \right), \quad (\text{П.5})$$

де t_f – сумарна товщина листів пояса і полки поясного кутика;

b – ширина листів пояса;

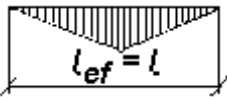
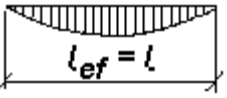
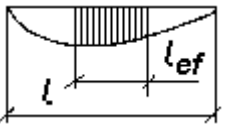
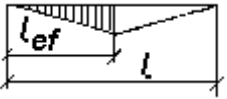
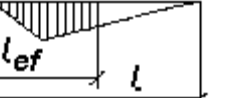
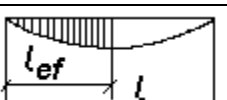
h – відстань між осями пакетів поясних листів;

a – ширина вертикальної полиці поясного кутика за винятком товщини його полки;

t – сумарна товщина стінки і вертикальних полиць поясних кутиків.

Якщо умови закріплення стиснутого пояса і вид навантаження не відповідає наведеним у табл. П.1, допускається значення ψ визначати по формулах для найбільш близької за обрисом епюри M_x на ділянці балки l_{ef} , у яку може бути вписана фактична епюра згинальних моментів.

Таблиця П.1 Коефіцієнти ψ для балок двотаврового перерізу з двома вісями симетрії

Кількість закріплень стиснутого пояса в прогоні	Вид навантаження в прогоні	Епюра M_y на ділянці 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	$\psi = 1,75 + 0,09 \alpha$ $\psi = 5,05 + 0,09 \alpha$	$\psi = 3,3 + 0,053 \alpha - 4,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2$ $\psi = 6,6 + 0,053 \alpha - 4,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
	рівномірно розподілена		стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,60 + 0,08 \alpha$ $\psi = 3,80 + 0,08 \alpha$	$\psi = 3,15 + 0,04 \alpha - 2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2$ $\psi = 5,35 + 0,04 \alpha - 2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
два і більше, що розділяють прогон на рівні частини	будь-яка		будь-який	$\psi = 2,25 + 0,07 \alpha$	$\psi = 3,6 + 0,04 \alpha - 2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2$
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.

Таблиця П.2

Коефіцієнти ψ для жорстко закріплених консолей двотаврового перерізу з двома вісями 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	стиснутий розтягнутий	$\psi = 1,0 + 0,16 \alpha$	$\psi = 4,0 + 0,05 \alpha$
		$\psi = 6,2 + 0,08 \alpha$	$\psi = 7,0 + 0,05 \alpha$
рівномірно розподілена	розтягнутий	$\psi = 1,42 \sqrt{\alpha}$	

У випадках, коли в консолі стиснутий пояс закріплений від бічного переміщення наприкінці чи по її довжині, значення ψ допускається приймати рівним:

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:

$$\varphi_1 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \cdot \frac{2hh_1}{l_{ef}^2} \cdot \frac{E}{R_y} \quad (\text{П.6})$$

$$\varphi_2 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \cdot \frac{2hh_1}{l_{ef}^2} \cdot \frac{E}{R_y} \quad (\text{П.7})$$

$$n = \frac{I_1}{I_1 + I_2} \quad (\text{П.8})$$

В формулах (П.6) – (П.8) позначено:

ψ – коефіцієнт, що обчислюється за формулою

$$\psi = (B + \sqrt{B^2 + C}) D \quad ; \quad (\text{П.9})$$

h – відстань між вісями поясів;

h_1 і h_2 – відстань від центра ваги перетину до осі відповідно більш розвиненого і менш розвиненого поясу;

l_{ef} – розрахункова довжина балки, обумовлена відповідно до вимог 1.5.4.2 цих норм;

J_1 і J_2 – моменти інерції перерізу відповідно більш розвиненого і менш розвиненого поясів відносно осі симетрії перетину балки.

Таблиця П.3 Коефіцієнт φ_b

Стиснутий пояс	Коефіцієнт φ_b при значенні	
	до 0,85	більше 0,85
більш розвинений	$\varphi_b = \varphi_1 \leq 1$	$\varphi_b = \varphi_1 [0,21 + 0,68(\frac{n}{\varphi_1} + \frac{1-n}{\varphi_2})] \leq 1$
менш розвинений	$\varphi_b = \varphi_1$	$\varphi_b = 0,68 + 0,21 \varphi_2 \leq 1$

П.5 Значення B , C і D у формулі (П.9) слід визначати за табл. П.4 і П.5 в залежності від коефіцієнтів:

$$\delta = n + 0,734\beta; \quad (\text{П.10})$$


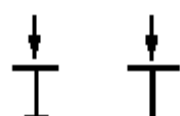
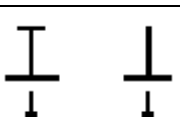
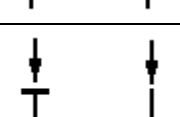
$$\mu = n + 1,145\beta; \quad (\text{П.11})$$

$$\beta = (2n - 1)(0,477 - 0,07 b_1 / h); \quad (\text{П.12})$$

$$\eta = (1 - n) \left(10n + \frac{\alpha}{4n} \cdot \frac{I_1}{I_2} \right) \quad , \quad (\text{П.13})$$

де значення n , b_1 , h , J_1 , J_2 слід приймати згідно П.4 і рис. П.1. цього додатка. Коефіцієнт α у формулі (П.13) і в табл. П.5 слід визначати за формулою (П.4).

Таблиця П.4 Коефіцієнт В

Схема перерізу і місце прикладення навантаження	Коефіцієнт В при навантаженні		
	зосередженому в середині прогону	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 С і Д

Вид навантаження	Коефіцієнт С при перерізі		Коефіцієнт Д
	двотавровом ($n \leq 0,9$)	тавровом ($n = 1,0$)	
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

П.6 Для двотаврового перерізу при $0,9 < n < 1,0$ коефіцієнт ψ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями, отриманими по формулі (П.9) для двотаврового перерізу при $n = 0,9$ і для таврового при $n = 1$.

Для таврового перерізу при зосередженому чи рівномірно розподіленому навантаженні і $\alpha < 40$ коефіцієнти ψ слід множити на $(0,8 + 0,004 \alpha)$.

У балках з менш розвиненим 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 більш 0,95. Значення $l_{ef} / b_2 > 25$ 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 двоякосиметричного двотаврового перетину, використовуючи формули (П.3), (П.4), де значення J_x , J_y , J_t слід приймати для швелера.

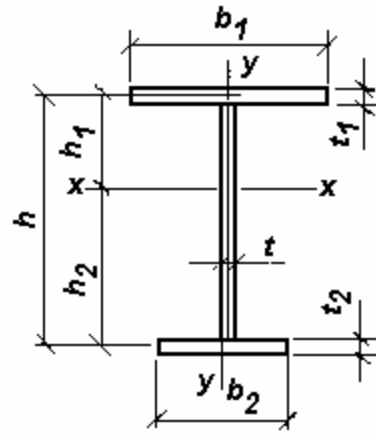


Рисунок. П.1. Схема двотаврового перерізу з однією віссю симетрії

**Стійкість стінок балок,
укріплених повздожніми і проміжними ребрами жорсткості**

Р.1 В стінці балки симетричного двотаврового перерізу 1-го класу, укріпленої крім поперечних ребер жорсткості одним повздожнім 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 повздожнім ребром, по формулі

$$\frac{0,5\sigma}{\sigma_{cr,1}\gamma_c} [1 + \alpha_1 + \sqrt{(1 + \alpha_1)^2 + 4\beta_1^2}] \leq 1, \quad (P.1)$$

$$\text{де } \alpha_1 = \frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma} \cdot \frac{\tau}{\tau_{cr}} \text{ і } \beta_1 = \frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma} \cdot \frac{\sigma_{loc,1}}{\sigma_{loc,cr,1}}.$$

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 $\sigma_{loc} = 0$

$$\sigma_{cr,1} = \frac{4,76}{2 - \frac{h_1}{h_{ef}}} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \quad (P.2)$$

$$\text{де } \bar{\lambda}_1 = \frac{h_1}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}};$$

при $\sigma_{loc} \neq 0$ і $\mu_1 = \frac{a}{h_1} \leq 2$ (при $\mu_1 > 2$ слід приймати $\mu_1 = 2$)

$$\sigma_{cr,1} = \frac{1,19\psi}{1 - h_1} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2} \quad (P.3)$$

$$\sigma_{loc,cr,1} = \psi(1,24 + 0,476\mu_1) \frac{R_y}{\bar{\lambda}_a^2},$$

$$\text{де } \psi = \left(\mu_1 + \frac{1}{\mu_1}\right)^2 \text{ і } \bar{\lambda}_a = \frac{a}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

Критичне напруження $\tau_{cr,1}$ слід визначати за формулою 1.5.42 з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється.

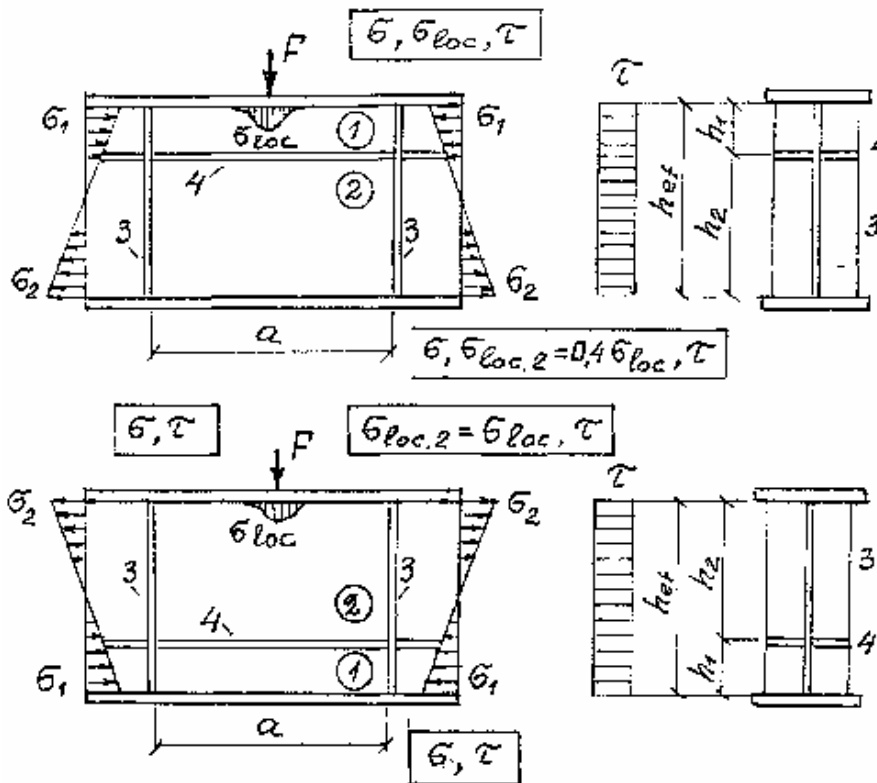


Рисунок Р.1. Схема балки, укріпленої поперечними (3) і повздовжніми ребрами жорсткості (4), з верхнім поясом стиснутим (а) і розтягнутим (б)

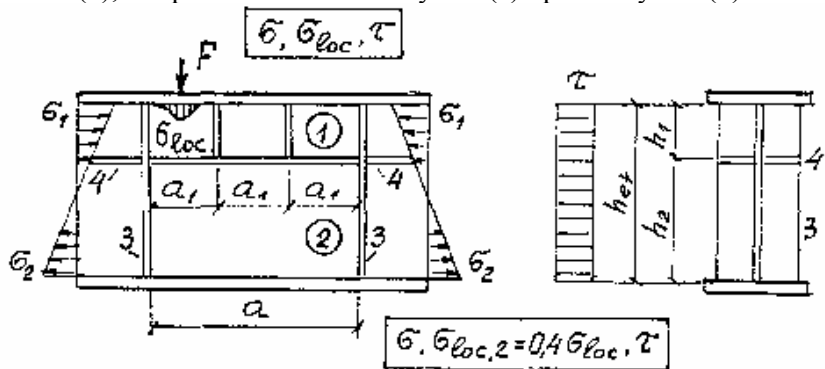


Рисунок Р.2. Схема балки, укріпленої поперечними (3), повздовжнім (4) і проміжними (5) ребрами жорсткості

б) пластинку 2, розташовану між повздовжнім ребром і розтягнутим поясом за формулою

$$\frac{1}{\gamma_c} \sqrt{\frac{\sigma \left(1 - \frac{2h_1}{h_{ef}}\right)}{\sigma_{cr,2}} + \frac{\sigma_{loc,2}}{\sigma_{loc,cr,2}}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr,2}}\right)^2 \leq 1, \quad (P.5)$$

де σ і τ – напруження, що визначаються згідно п. 1.5.5.2.

$$\sigma_{cr,1} = \frac{5,43}{\left(\frac{0,5 - h_1}{h_{ef}}\right)^2} \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_w^2}, \text{ тут } \bar{\lambda}_w = \frac{h^2}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}};$$

$\sigma_{loc,2}$ – напруження, прийнято рівним у залежності від того, до якого пояса прикладене навантаження:
 $\sigma_{loc,2} = \sigma_{loc}$ – до розтягнутого (рис.Р.1,б); $\sigma_{loc,2} = 0,4\sigma_{loc}$ – до стиснутого (рис. Р.1,а) (тут σ_{loc} слід визначати згідно п. 1.5.5.2);

$\sigma_{locbr,2}$ – 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} значенням $(h_{ef} - h_1)$;

$\tau_{cr,2}$ – напруження, що визначається за формулою (1.5.42) з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється.

Р.2 При зміцненні пластинки 1, розташованої між стиснутим поясом і повздовжнім ребром, проміжними ребрами їх слід доводити до подовжнього ребра (рис. Р.2).

У цьому випадку розрахунок пластинки 1 слід виконувати за формулами Р.1 - Р.4, у яких за величину a слід приймати a_1 – відстань між всіма сусідніх проміжних ребер (рис. Р.2). Розрахунок пластинки 2 слід виконувати відповідно до вимог Р1,б.

Р.3 Розрахунок на стійкість стінок балок асиметричного перетину (з більш розвиненим стиснутим поясом), укріплених поперечними ребрами й одним повздовжнім ребром, розташованим у стиснутій зоні, слід виконувати за Р.1 і Р.2 цього додатка; при цьому у формули 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 $(0,5 - \frac{h_1}{h_{ef}})$ слід підставляти

$(\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - \sigma_2} - \frac{h_1}{h_{ef}})$, де σ_2 – крайове напруження, що розтягує, (зі знаком "мінус") у розрахунковій межі

відсіку.

Р.4 При зміцненні стінки поперечними й одним повздовжнім ребрами жорсткості моменти інерції перерізу цих ребер відповідно I_r і I_{rl} повинні задовольняти вимогам 1.5.5.9, формулі

$$I_r \geq 3h_{ef} \cdot t_w^3, \quad (P.7)$$

а також табл. Р.1

Таблиця Р.1 Момент інерції поздовжнього ребра

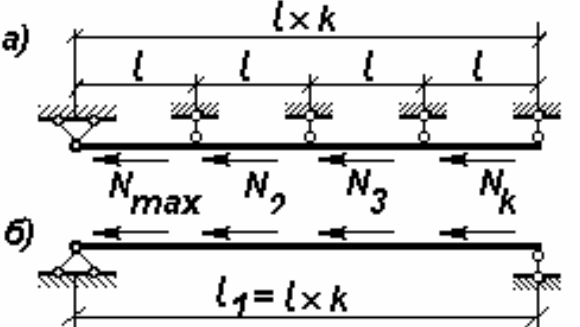
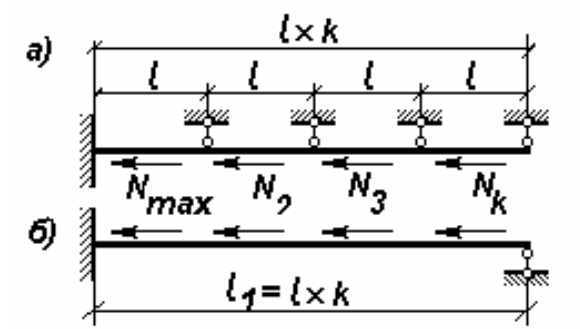
h_1/h_{ef}	Значення I_{rl} поздовжнього ребра		
	необхідне	граничне	
		мінімальне	максимальне
0,20	$(2,5 - 0,5 \frac{a}{h_{ef}}) \cdot \frac{a^2 t_w^2}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t_w^3$	$7h_{ef}t_w^3$
0,25	$(1,5 - 0,4 \frac{a}{h_{ef}}) \cdot \frac{a^2 t_w^2}{h_{ef}}$	$1,5h_{ef}t_w^3$	$8h_{ef}t_w^3$
0,30	$1,5h_{ef}t_w^3$	-	-

Примітка.
 При обчисленні I_{rl} для проміжних значень h_1/h_{ef} допускається лінійна інтерполяція.

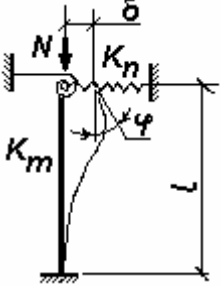
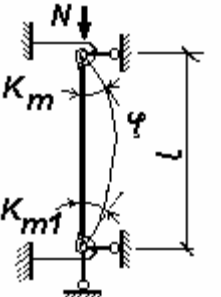
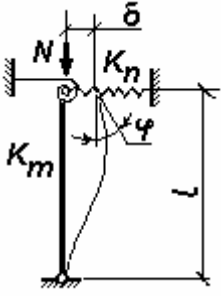
При розташуванні поперечних і повздовжніх ребер жорсткості з однієї сторони стінки моменти інерції перерізу кожного з них обчислюються відносно осі, що співпадає з найближчою до ребра гранню стінки.

Розрахункові довжини колон і стійок

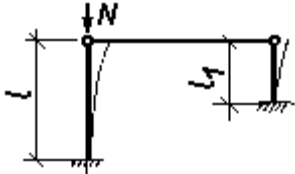
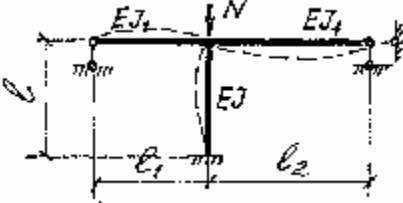
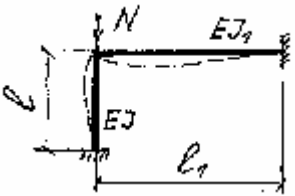
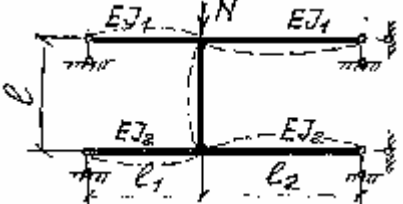
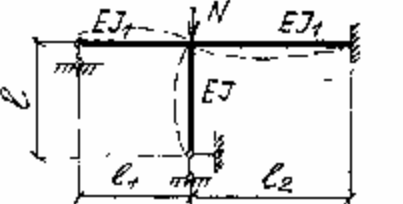

Таблиця С.1 Розрахункова довжина елемента, раскрепленного зв'язками в одній площині

Схема елемента в площині зв'язків (а) і з площини зв'язків (б)	Розрахункові довжини в площині зв'язків l_{ef} і з площини $l_{ef,l}$
	$l_{ef} = (0,83 + 0,17 \alpha^3) l \geq 0,8; \quad (C.1)$ $l_{ef,l} = [0,75 + 0,25 (\beta / (k-1))^{2k-3}] l_l \geq 0,5 l_l; \quad (C.2)$
	$l_{ef} = 0,36 + 0,59 \alpha^3 \geq 0,6l; \quad (C.3)$ $l_{ef,l} = (0,6 \sqrt{K} + 0,54\beta) l_l / K \geq 0,5 l_l; \quad (C.4)$
<p>Позначення, прийняті в табл. С.1:</p> <p>K - число ділянок рівної довжини; $\alpha = \frac{N_2}{N_{max}}$ і $\beta = \frac{\sum N_i}{N_{max}}$, при цьому $-0,5 \leq \alpha \leq 1$ і $-0,5 \leq \beta \leq (K-1)$,</p> <p>де N_{max} – найбільше зусилля стиску (діє на крайній ділянці); N_2 – зусилля на ділянці, що примикає до ділянки з N_{max}; $\sum N_i$ – сума зусиль на всіх ділянках, крім N_{max}.</p> <p>Примітки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Розтягуючі зусилля слід враховувати зі знаком "мінус". 2. Розрахунок на стійкість із площини зв'язків слід виконувати на зусилля N_{max}. 	

Таблиця С.2 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колони (стійки) із пружним закріпленням кінців

Схема колони (стійки)	μ
	$\mu = \sqrt{\frac{5,4(\alpha + 4) + \beta(0,25\alpha + 1,2)}{5,4(\alpha + 1) + \beta(\alpha + 2,4)}} \quad (C.5)$
	$\mu = 0,5 \sqrt{\frac{(\alpha + 4,8)(\psi\alpha + 4,8)}{(\alpha + 2,4)(\psi\alpha + 2,4)}} \quad (C.6)$
	<p>При $0 \leq \alpha \leq \infty$ і $\beta \leq 9,87$</p> $\mu = 3,14 \sqrt{\frac{3 + 1,3\alpha}{\alpha\beta + 3(\alpha + \beta)}} \quad (C.7)$ <p>При $\alpha = 0$ і $\beta > 9,87$ $\mu = 1$</p>
<p>Позначення, прийнят в табл. С.2: $\alpha = \frac{K_m l}{EI}$; $\beta = \frac{K_n l^3}{EI}$; $\psi = \frac{K_{m1}}{K_m}$ – 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 зсуві на $\delta = 1$.</p> <p>Примітка. Значення K_m і K_n для деяких рамних систем приведені в табл. С.3.</p>	

Таблиця С.3 Коефіцієнти твердості K_m і K_n для колон (стійок) рамних систем

Схема рами	Формула для 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 однопрогонових і багатопрогонових 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)
	більше 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)
	більше 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)
<p>Позначення, прийняте в табл. С.4 $n = \frac{I_s l_c}{I_c l}$.</p> <p>Примітка. Значення μ для колон багатоповерхових рам приведені для нижнього поверху.</p>		

Розрахункова довжина колон з урахуванням впливу характеру деформування системи під навантаженням

Коефіцієнти розрахункової довжини μ , визначені згідно 1.9.3.2 і 1.9.3.3 для колон вільних одноповерхових (при відсутності жорсткого диска покриття багатопверхових рам, допускається зменшувати множенням на коефіцієнт ψ , що визначається за формулою

$$\psi = 1 - \alpha \left[1 - \left(\frac{\omega}{5} \right)^2 \right]^{5/4}, \quad (C.14)$$

де $\alpha = 0,65 - 0,9\beta + 0,25\beta^2$;

$\omega = \bar{\lambda} / \sqrt{1 + m} \leq 5$.

Тут позначено:

$$\beta = 1 - M_i / M \leq 0,2; \quad m = \frac{M \cdot A}{N \cdot W_c};$$

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість колони.

Розрахункові значення подовжньої сили N і згинаючого моменту M в вільній рамі, що розраховується, слід визначати відповідно до вимог 1.9.3.2.

Значення згинаючого моменту M_i слід визначати для того ж сполучення навантажень і в тому же перерізі колони, де діє момент M , розглядаючи раму в даному розрахунковому випадку як невільну.

Коефіцієнти розрахункової довжини μ ділянок ступінчатих колон

Т.1 Коефіцієнт розрахункової довжини μ для затисненого в основі нижньої ділянки одноступінчатої колони слід приймати:

при верхньому кінці колон, вільному від закріплень – по табл. Т.1;

при закріпленні верхнього кінця від повороту, але можливості його вільного переміщення – по табл. Т.2;

при закріпленні верхнього кінця 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 спиранні верхнього кінця по табл. Т.3, а при закріпленні від повороту – по табл. Т.4.

В табл. Т.1 – Т.4 позначено:

$$\alpha_1 = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{J_1}{\beta J_2}} \quad \text{і} \quad n = \frac{I_2 l_1}{I_1 l_2},$$

де J_1, J_2, l_1, l_2 – моменти інерції перерізів і 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 одноступінчатої колони у всіх випадках слід визначати за формулою

$$\mu_2 = \mu_1 / \alpha_1 \leq 3. \quad (Т.2)$$

Т.3 Коефіцієнт розрахункової довжини μ_1 для затисненої в основі нижньої ділянки двоступінчатої колони (рис. Т.1,а) при умовах закріплення верхнього кінця, зазначених у табл. Т.5, слід визначати за формулою

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\beta_1 \mu_{m1}^2 + (\beta_2 \mu_{m2}^2 + \mu_{m3}^2)(1 + \delta_2) I_2 / I_{m1}}{1 + \beta_1 + \beta_2}}, \quad (Т.3)$$

де $\beta_1 = F_1 / F_3$; $\beta_2 = F_2 / F_3$; $\delta_2 = l_2 / l_1$;

$\mu_{m1}, \mu_{m2}, \mu_{m3}$ – коефіцієнти, що визначаються за табл. Т.5 як для одноступінчатих колон за умовними схемами (рис. Т.1,б,в,г);

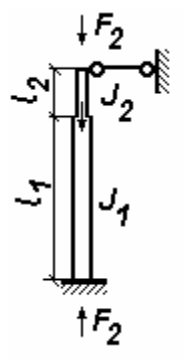
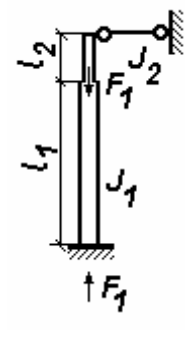
$I_{m1} = \frac{I_1 l_1 + I_2 l_2}{l_1 + l_2}$ – приведені значення моменту інерції перерізу ділянки довжиною $(l_1 + l_2)$;

F_1, F_2, F_3 – повздовжні сили прикладені до верха відповідно нижньої, середньої і верхньої ділянок колон з моментами інерції J_1, J_2, J_3 і довжинами l_1, l_2, l_3 .

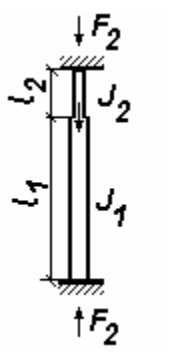
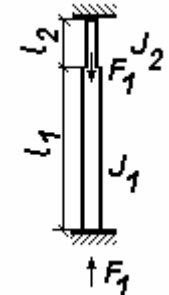
Приведені значення моменту інерції перерізу ділянки довжиною $(l_2 + l_3)$ на рис. Т.1,б слід визначати за формулою

$$I_{m2} = \frac{I_2 l_2 + I_3 l_3}{l_2 + l_3}.$$

Таблиця Т.3 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_{l2} і μ_{l1} для одноступінчатих колон с нерухомим шарнірно опертим верхнім кінцем

Розрахункова схема	$\frac{J_2}{J_1}$	Коефіцієнти μ_{l2} і μ_{l1} 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_{l2}														
	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_{l1}														
	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	$\frac{J_2}{J_1}$	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

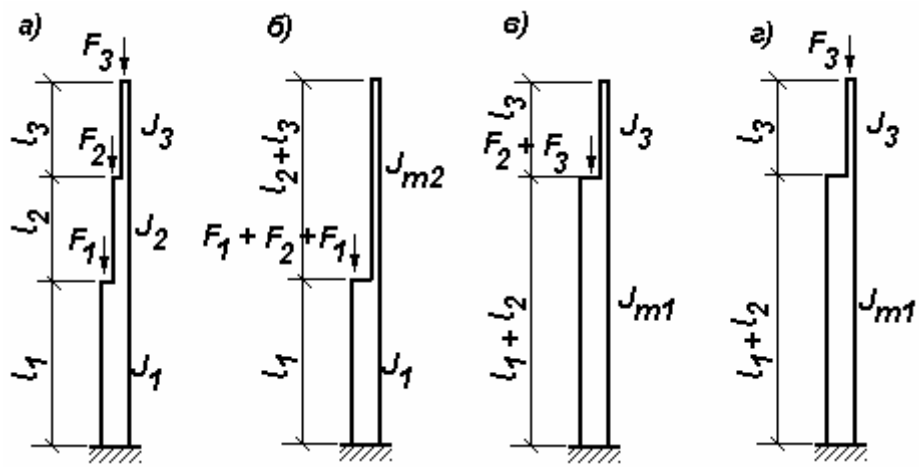


Рисунок Т.І. Схема двоступінчастої колони (а) і умовні схеми навантажень при прикладанні сил F_1 , F_2 і F_3 відповідно до верху нижньої (б), середньої (в), верхньої (г) ділянок.

Т.4 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_2 для середньої ділянки двоступінчастої колони довжиною l_2 і μ_3 для верхньої ділянки колони довжиною l_3 слід визначати відповідно за формулами:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_2}, \quad (\text{T.4})$$

$$\mu_3 = \frac{\mu_1}{\alpha_3} \leq 3, \quad (\text{T.5})$$

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	$\mu_{m1} = 2,0$	$\mu_{m2} = 2,0$	$\mu_{m3} = \mu_1$ μ_1 – 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	$\mu_{m1} = \mu_1$ μ_1 – за табл. Т.2 при $\alpha_1 = 0$	$\mu_{m2} = \mu_1$	$\mu_{m3} = \mu_1$ μ_1 – 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} μ_{11} – за табл. Т.3	μ_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$ μ_{12} – за табл. Т.3
закріплений від повороту і зсуву	μ_{m1} μ_1 – за табл. Т.4	μ_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$ μ_{12} – за табл. Т.4

Таблиці для розрахунку елементів на витривалість

Таблиця У.1 Параметри типових режимів навантаження

№	Тип конструкції та її елементи	Характер навантаження	Типові режими навантаження	ρ	К				
1	Балки і ферми підкранових колій:	стаціонарний	Прохід крана, включаючи підйом - опускання вантажу						
1.1	в цехах металургійних заводів: під чотирьохкаткові крани (опорні перерізи); під чотирьохкаткові крани (міжопорні перерізи); під багатокаткові крани								
1.2	В цехах машинобудівних та інших заводів: під чотирьохкаткові крани (опорні перерізи); під чотирьохкаткові крани (міжопорні перерізи); під багатокаткові крани								
1.3	Під крани, що працюють із пристосуванням на гаку, і спеціальні крани металургійних заводів								
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	нестационарний	Коливання під впливом вітрового потоку: 1. Уздовж вітрового потоку 2. Поперек вітрового потоку	0 -1	0.15 0.10				
7	Антенно-щоглові споруди	нестационарний	те ж						
7.1	Стовбури щогл: - трубчастої конструкції; - гратчастої конструкції	нестационарний	те ж	-1 -1	0.10 0.08				
7.2	Відтяжки мачт	нестационарний	те ж	0	0.15				

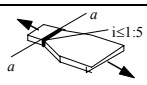
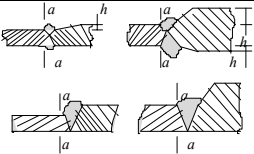
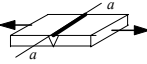
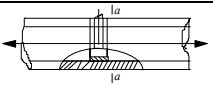
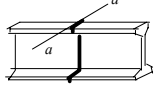
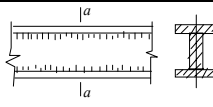
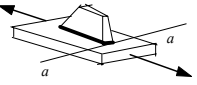
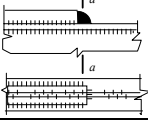
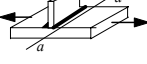
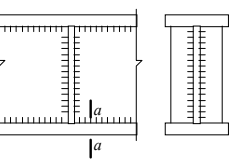
Таблиця У.2 Значення параметрів для визначення гранично допустимого числа циклів N при напругах σ_i

Група	Розрахунковий опір R_y , МПа	Значення параметрів для визначення числа циклів, що допускається гранично, при коефіцієнті асиметрії циклу:																	
		-1,0		-0,8		-0,6		-0,4		-0,2		0		0,2		0,4		0,6	
		A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	B_R	A_R	A_R	B_R	B_R
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	83		

																	5		
	600 - 680	1000	600	990	600	985	605	975	610	965	620	955	635	935	670	900	73 5	87 0	865
56	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	61 5	46 0	690
	600 - 680	640	500	635	500	630	500	625	500	620	500	615	500	610	510	590	53 5	53 5	570
6a	240 - 260	890	565	880	585	870	600	850	620	830	635	805	655	770	675	740	76 0		
	420 - 480	895	565	890	575	885	585	870	595	855	605	835	615	800	640	765	69 0	73 0	840
	600 - 680	900	560	900	565	895	570	890	575	875	575	855	580	830	585	790	61 0	74 5	675
66	240 - 260	480	435	465	450	450	460	435	475	420	485	410	495	395	560	375	71 5		
	420 - 480	525	435	510	445	495	450	480	455	465	465	450	475	440	515	430	58 5	39 5	725
	600 - 680	560	515	545	515	535	520	520	520	505	520	495	525	480	530	470	53 5	44 0	545
7a	240 - 260	1420	725	1400	745	1380	760	1365	770	1345	780		805	1325	870	128 0	98 0	12 20	
	420 - 480	1420	725	1405	735	1390	750	1380	760	1370	770	1360	785	1350	840	132 0	94 0	12 45	
	600 - 680	1425	720	1415	725	1405	735	1400	740	1390	750	1380	760	1365	780	133 5	84 0	12 95	955
76	240 - 260	590	440	580	450	575	460	565	470	560	480	555	490	545	530	525	57 5	48 0	675
	420 - 480	630	440	625	445	620	450	620	460	615	465	615	475	610	490	610	54 0	60 5	635
	600 - 680	665	410	665	415	665	420	665	425	665	430	670	435	670	455	670	48 5	67 0	555
Примітка: Всі 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 крайками	1
		Те ж, із крайками, обрізаними машиним газовим різанням	2
2		Основний метал з обробленими механічним шляхом крайками, при різній ширині і радіусі переходу r , мм: 200 10	1
			2
3		Основний метал у з'єднаннях на високоміцних болтах	1
4		Основний метал у болтовому (болти класу точності А) з'єднанні в перетинах по отворі: а) при парних накладках б) при однобічних накладках	4б
			5б
5		Перехід і заокруглення (клас чистоти газового різання 1 чи фрезерування) при $\alpha \geq 72^\circ$, $r \geq a/2$;	2
6		Фасонки прямокутної форми, приварені встик чи тавр до елементів конструкцій без механічної обробки переходу від фасонки до елемента	7а
			7б
7		Фасонки, приварені встик чи в тавр до стінок і поясів балок, а також до елементів ферм при $\alpha \leq 45^\circ$	4а
			4б
8		Фасонки прямокутної чи трапецієподібної форми, приварені до поясів балок внахліст з обваркой по контурі нахлесту без механічної обробки швів	7а
			7б
9		Стиковий необроблений шов; навантаження перпендикулярне зварному шву; елементи, що	2

		стикуються, однакової ширини і товщини	
10		Стиковий неопрацьований шов; елементи, що стикаються, різної ширини чи різної товщини	5а 5б
11		Основний метал у місці переходу до стикового шва зі знятим механічним способом посиленням шва: при стикуванні елементів однакової товщини і ширини те ж, різної товщини і ширини	2а 2б 3а 3б
12		Стиковий шов, виконаний на підкладному листі; навантаження перпендикулярне зварному шву	4а 4б
13		Стиковий шов труб, виконаний на підкладному кільці	4а 4б
14		З'єднання встик прокатних профілів	4а 4б
15		Зварні перерізи двотаврового, таврового й іншого типів, зварені безупинними повздовжніми швами при дії зусилля уздовж осі шва	3а 3б
16		Елемент із допоміжним елементом, прикріпленим повздовжніми швами, при α : до 45° 90°	4а 4б 7а 7б
17		Обрив поясного листа без механічної обробки поперечного (лобового) шва	7а 7б
18		Основний метал з поперечним швом; зварний шов двосторонній із плавним переходом до основного металу	4а 4б
19		Основний метал розтягнутих поясів балок і елементів ферм поблизу діафрагм і ребер, приварених кутовими швами	5а 5б

20		<p>Основний метал у місці переходу до поперечного (лобовому) кутовому шву</p>	<p>6а 6б</p>
21		<p>Основний метал у з'єднаннях із фланговими швами (у місцях переходу від елемента до кінців флангових швів):</p> <p>а) із подвійними фланговими швами б) із фланговими і лобовими швами в) при передачі зусилля через основний метал г) шокі анкерів для кріплення сталевих канатів</p>	<p>7а 7б</p>

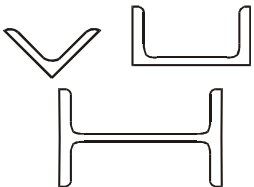
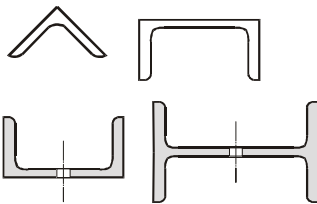

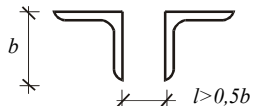
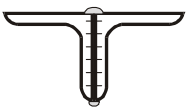
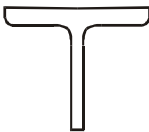
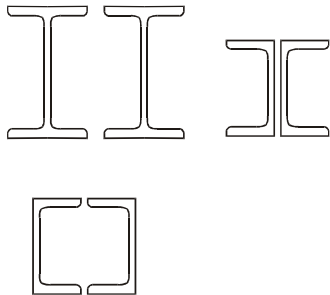
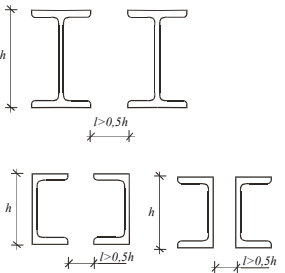
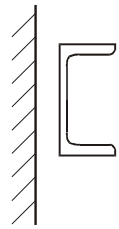
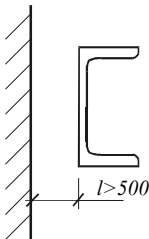
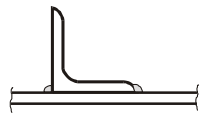
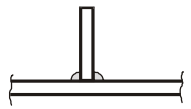
Таблиця У.4 Параметри граничних напружень циклу

Група	N	Значення σ_r для сталей з розрахунковим опором, МПа			Значення d_n для сталей з розрахунковим опором, МПа		
		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
3а	$\geq 10^7$	62	62	62	0.88	0.88	0.88
3б	$\geq 10^7$	95	95	95	0.83	0.85	0.82
4а	$\geq 10^7$	48	48	48	0.97	1.02	1.00
4б	$\geq 10^7$	80	80	80	0.90	0.90	0.90
5а	$\geq 10^7$	30	30	30	0.92	0.97	1.02
5б	$\geq 10^7$	62	62	62	0.92	0.92	0.88
6а	$\geq 10^7$	22	22	22	1.00	1.00	1.00
6б	$\geq 10^7$	58	58	58	0.89	0.87	0.80
7а	$\geq 10^7$	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 по групах.

Величина залишкових напруг	$S_{\sigma-1}$ по групах елементів						
	1	2	3а	4а	5а	6а	7а
$(\sigma_{ост} > 0,5 \sigma_T)$.	35	28	12	10	8	6	4
	1	2	3б	4б	5б	6б	7б
$(\sigma_{ост} \leq 0,5 \sigma_T)$.	35	28	20	15	12	9	7

Конструктивні заходи по первинному захисті металевих конструкцій від корозії при проектуванні

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що сприяють корозійному руйнуванню	Рациональне конструювання для підвищення корозійної стійкості	Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що сприяють корозійному руйнуванню	Рациональне конструювання для підвищення корозійної стійкості
			
			
			

<p>Technical drawing showing a double-flange connection. The distance between the centers of the flanges is labeled $l > 0,5b$, and the width of the flange is labeled b.</p>	<p>Technical drawing showing a double-flange connection. The distance between the centers of the flanges is labeled $l > 0,5b$.</p>	<p>Technical drawing showing a single-flange connection.</p>	<p>Technical drawing showing a double-flange connection.</p>
<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>
<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>
<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>
<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>	<p>Technical drawing showing a pipe connection to a wall with a gasket and a support.</p>		

Визначення властивостей сталей

1. При дослідженні і випробуванні металу необхідно визначити наступні показники:

–хімічний склад з виявленням складу елементів, передбачених державними стандартами або технічними умовами на сталь;

–межу текучості, тимчасовий опір і відносне подовження при випробуваннях на розтягування (рекомендується проводити їх з побудовою діаграми роботи сталі) по ГОСТ 1497–84*;

–ударну в'язкість за ГОСТ 9454–78* для температур, що відповідають групі конструкцій і кліматичному району по таблиці 50*, і після механічного старіння відповідно до державних стандартів або технічних умов на сталь.

Для конструкцій 1-й і 2-й груп табл. 50*, що виконані з киплячої сталі завтовшки більше 12 мм і експлуатуються при негативних температурах, додатково слід визначити:

–розподіл сірчастих включень способом відбитку за Бауманом за ГОСТ 10243–75*;

–мікроструктуру з виявленням розміру зерна за ГОСТ 5639–82*.

Механічні властивості сталі допускається визначити 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 (по номерах профілів, товщині і маркам сталі), що входять до складу однотипних елементів конструкцій (пояси ферм, грати ферм, пояси підкранових балок, тощо) однієї черги будівництва. Партія металу повинна відноситися не більше ніж до 50 однотипних відправних марок загальною масою не більше 60 т. Якщо відправними марками є прості елементи з прокатних профілів (прогони, балки, зв'язки, тощо), до партії може бути віднесено до 250 відправних марок.

Число проб і зразків від кожної партії металу повинне бути не менше ніж вказане в табл. 85, при відборі проб і зразків необхідно дотримувати вимоги ГОСТ 7564–73*.

Таблиця X1 Число елементів проб і зразків, що перевіряються,

Вид випробувань	Число елементів, що перевіряються в	Число проб і зразків	
		партії	від елемента
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} ппро результатам статистичної обробки даних випробувань зразків обчислюється за формулою

$$R_n = \sigma_n - \alpha S, \quad (180)$$

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 – число випробуваних зразків (не менше 10).

При значенні $S/\sigma_n > 0,1$ використання результатів, отриманих за наявними даними випробувань зразків, не допускається.