ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Конструкції будівель і споруд

СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Норми проектування, виготовлення і монтажу

ДБН В.2.6-163:2010

Мінрегіонбуд України

Київ 2011

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Товариство з обмеженою відповідальністю "Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського" (ТОВ Укрінсталькон ім. В. М. Шимановського)

РОЗРОБНИКИ: **В. Гейфман , інж.; В. Гордеєв,** д-р техн. наук; **С. Колесниченко,** канд. техн. наук; **М. Кондра,** канд. техн. наук; **В. Корольов,** д-р техн. наук; **М. Микитаренко,** канд. техн. наук; **В. Пасечнюк, інж.; А.Перельмутер,** д-р техн. наук (науковий керівник), **В. Шимановський,** чл.-кор. НАН України, **О. Шимановський,** д-р техн. наук

За участю: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України)
Е.Гарф, д-р техн. наук; **В.Дворецький,** д-р техн. наук; **В.Кір'ян,** чл.-кор. НАН України; **В. Книш,** канд. фіз.-мат. наук; **Л. Лобанов,** акад. НАН України
Донбаська національна академія будівництва і архітектури:
В. Василев, канд. техн. наук; **Є. Горохов,** д-р техн. наук; **Є. Зайцев,** інж., **В. Мущанов,** д-р техн. наук; **І. Роменський,** канд. техн. наук; **А. Югов,** д-р техн.наук
Київський національний університет будівництва і архітектури:
В. Пермяков, д-р техн. наук; **С. Білик,** д-р техн. наук; **О. Нілов,** канд. техн. наук; **В. Юрченко,** канд. техн. наук
Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка:
В. Пашинський, д-р техн. наук; **С. Пічугін,** д-р. техн. наук
ЦНДІБК ім. В. А. Кучеренка, Російська Федерація;
ЦНДІПСК ім. М. П. Мельнікова, Російська Федерація;
МДБУ, Російська Федерація.

2 ПОГОДЖЕНО: МНС України, лист від 20.04.2010 р. № 1/03-9-1313/2583
Мінпромполітики України, лист від 14.05.2010 р. № 13/5-1-1170
Держпожбезпеки МНС України, лист від 29.10.2010 р. № 1602/02

3 ВНЕСЕНО: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України
ЗАТВЕРДЖЕНО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Мінрегіонбуду України від 16.12. 2010 р. № 521; від 30.12.2010 р.№ 571, та від 22.08.2011 р. № 93; з 1 грудня 2011 р.

4 НА ЗАМІНУ: визнати такими, що не застосовуються на території України, СНиП II-23-81*, окрім розділів 15*-19, СНиП III-18-75, окрім розділів 3-8; СНиП 3.03.01 -87 у частині, що стосується сталевих конструкцій, окрім п.п. 4.78-4.134

ЗМІСТ

Сфера використання 1
Нормативні посилання 2
Терміни, визначення понять і познаки 2
1 Вимоги проектування 2
1.1 Основні принципи забезпечення надійності, безпеки, довговічності та економічності конструкцій 2
1.2 Матеріали для конструкцій і з'єднань 10
1.3 Розрахункові характеристики матеріалів і з'єднань 15
1.4 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску 18
1.5 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині 29
1.6 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на дію поздовжньої сили та згинального моменту 49
1.7 Розрахунок опорних плит 61
1.8 Розрахунок опорних частин 62
1.9 Розрахункові довжини і граничні гнучкості елементів сталевих конструкцій 62
1.10 Розрахунок листових конструкцій 74
1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість 81
1.12 Проектування з'єднань сталевих конструкцій 83
1.13 Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення 100
1.14 Додаткові вимоги до проектування конструкцій при ремонті, підсиленні і реконструкції 112
2 Вимоги виготовлення 118
2.1 Загальні положення 118
2.2 Вимоги до конструкторської документації, контроль якості 118
2.3 Вхідний контроль, зберігання металопрокату, зварювальних, лакофарбових матеріалів і металовиробів 119
2.4 Підготовка металопрокату, зварювальних і лакофарбових матеріалів 120
2.5 Розмічання, намічання, виготовлення шаблонів і кондукторів, виправлення і згинання 121
2.6 Різання і обробка кромок 124
2.7 Складання 126
2.8 Зварювання 132
2.9 Влаштування отворів і контрольне складання 139

2.10 Ґрунтування і фарбування 141
2.11 Покриття конструкцій гарячим цинкуванням і алюмінізація 142
2.12 Маркування, приймання і відвантаження 143
3 Вимоги монтажу 144
3.1 Загальні положення 144
3.2 Транспортування, зберігання і подавання до монтажу 146
3.3 Укрупнювальне складання 147
3.4 Стропування, підйом, встановлення конструкцій у проектне положення 147
3.5 Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів 148
3.6 Попереднє напруження конструкцій 153
3.7 Монтажні з'єднання 154
3.8 Випробування конструкцій 164
3.9 Контроль якості і приймання монтажних робіт 164
ДОДАТОК А
Нормативні посилання 167
ДОДАТОК Б
Терміни, визначення понять і познаки 175
ДОДАТОК В
Категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом та групи конструкцій 181
ДОДАТОК Г
Фізичні характеристики матеріалів 186
ДОДАТОК Д
Вимоги до сталей для сталевих конструкцій 187
ДОДАТОК Е
Вибір сталей для конструкцій будівель і споруд 189
ДОДАТОК Ж
Матеріали для з'єднання сталевих конструкцій 194
ДОДАТОК І
Коефіцієнти умов роботи для розтягнутого одиночного кутика, який прикріплюється однією полицею болтами 199
ДОДАТОК К
Коефіцієнти для розрахунку на стійкість центрально і позацентрово стиснутих елементів 200
ДОДАТОК Л
Коефіцієнт c_{max} для розрахунку на стійкість стиснутих стрижнів тонкостінного відкритого

перерізу 209
ДОДАТОК М
Стиснуті елементи з гнучкою стінкою 213
ДОДАТОК Н
Коефіцієнти для розрахунку на міцність елементів сталевих конструкцій 215
ДОДАТОК П
Коефіцієнт стійкості при згині φ_b 217
ДОДАТОК Р
Стійкість стінок балок, укріплених поздовжніми і проміжними ребрами жорсткості 222
ДОДАТОК С
Розрахункові довжини колон і стояків 226
ДОДАТОК Т
Коефіцієнти розрахункової довжини μ ділянок ступінчастих колон 231
ДОДАТОК У
Таблиці для розрахунку елементів на витривалість 238
ДОДАТОК Ф
Конструктивні заходи з первинного захисту металевих конструкцій від корозії при проектуванні 244
ДОДАТОК Х
Визначення властивостей сталей 246
Бібліографія 248

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

Конструкції будівель і споруд

СТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Норми проектування, виготовлення і монтажу

Конструкции зданий и сооружений

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Нормы проектирования, изготовления и монтажа

The constructions of buildings and structures

THE STEEL CONSTRUCTIONS

Norms for design, fabrication and erection

Чинні від 2011-12-01

СФЕРА ВИКОРИСТАННЯ

Вимоги цих Норм поширюються на проектування, виготовлення і монтаж будівельних сталевих конструкцій будівель і споруд різного призначення, що працюють за температури навколишнього середовища не вище 100 °С і можливим короткочасним підвищенням до 150 °С (без ознак надзвичайної ситуації).

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

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

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

НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

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

ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ І ПОЗНАКИ

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

Примітка. Обов'язкові вимоги цих Норм надруковані звичайним шрифтом, рекомендовані положення та пояснення - дрібним.

1 ВИМОГИ ПРОЕКТУВАННЯ

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

1.1.1 Загальні вимоги

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

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

Для цього необхідно:

- забезпечувати надійність конструкцій за рахунок виконання вимог до вибору матеріалів, конструювання та розрахунків;

- приймати конструктивні рішення, що забезпечують міцність, жорсткість, стійкість і просторову незмінюваність будівель і споруд у цілому та їх окремих елементів під час транспортування, монтажу та експлуатації, при цьому передбачаючи в'язі залежно від основних параметрів будівлі та режиму її експлуатації (конструктивної схеми, прольотів, типів кранів та режимів їх роботи, температурних впливів тощо);

- передбачувати заходи щодо забезпечення довговічності конструкцій та захисту їх від корозії, впливу вогню і тепла, зносу та стирання;

- враховувати вимоги ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7 та інших відповідних нормативних документів стосовно забезпечення міцності та стійкості несучих конструкцій в умовах пожежі;

- передбачувати технологічність виготовлення та монтажу конструкцій;

- забезпечувати складальність конструкцій розрахунком точності геометричних параметрів згідно з ДСТУ-Н Б.В.1.3 зі встановленням необхідності контрольного чи загального складання або використанням регулювальних пристроїв;

- враховувати відхилення від проектних розмірів і геометричної форми елементів конструкцій, які допускаються під час виготовлення та зведення;

- встановлювати методи та обсяги контролю під час виготовлення та зведення конструкцій, а також у процесі їх експлуатації, включаючи, за необхідності, виконання випробувань окремих елементів, вузлів, з'єднань і конструкцій у цілому, а також, за необхідності, встановлення контрольно-сигнальних систем чи інших засобів моніторингу;

- передбачати можливість огляду, обстеження і діагностики, а також проведення профілактичних і ремонтних робіт. За необхідності передбачати для цього ходові сходи та площадки, спеціальні пристосування (столики, провушини, фіксатори тощо) для забезпечення можливості кріплення постійних і тимчасових пристосувань, а також пристосувань для встановлення засобів діагностики технічного стану конструкцій у процесі експлуатації.

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

- категорію конструкції та її елементів за призначенням та напруженим станом відповідно до додатка В;

- сталі та додаткові вимоги до них, передбачені нормативними документами і цими Нормами;

- спосіб виконання зварних з'єднань, вид і режим зварювання, типи, марки, діаметри електродів для механізованого зварювання, положення шва при зварюванні, тип підкладки для стикових швів;

- клас міцності і точності болтів, спосіб підготовки (обробки) контактних поверхонь для фрикційних з'єднань, величину контрольованого натягу болтів;

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

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

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

З урахуванням особливостей конструкцій та їх вузлів рекомендується при замовленні сталі враховувати класифікацію листового прокату в залежності від значення відносного звуження згідно з ГОСТ 28870.

1.1.1.5 Робочі креслення сталевих конструкцій повинні розроблятись з урахуванням вимог щодо виготовлення і монтажу, а також виду (типу) вогнезахисного покриття

(облицювання) та способу його нанесення.

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

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

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

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

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

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

1.1.2 Рекомендації

1.1.2.1 Рекомендується:

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

- застосовувати економічні профілі прокату та ефективні сталі;

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

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

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

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

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

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

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

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

1.1.2.4Конструкції, що підлягають тривалому впливу променевої чи конвекційної теплоти або короткочасному впливу вогню під час аварій теплових агрегатів, рекомендується захищати металевими екранами чи футеруванням із 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. Розрахункові технологічні температури встановлюються завданням на розроблення

будівельної частини проекту.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Залежно від можливості та причин досягнення граничних станів, а також виходячи з умов руйнування від утомленості чи крихкого руйнування слід розрізняти три категорії

* Знаходиться на стадії розроблення

конструкцій та їх елементів за напруженим станом:

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

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

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

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

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

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

2-й клас - НДС, за якого нормальні напруження а на деяких ділянках розрахункового перерізу є меншими за розрахунковий опір сталі R_y, а на інших ділянках - дорівнюють йому (пружно-пластична робота перерізу - рисунок 1.1.1 б);

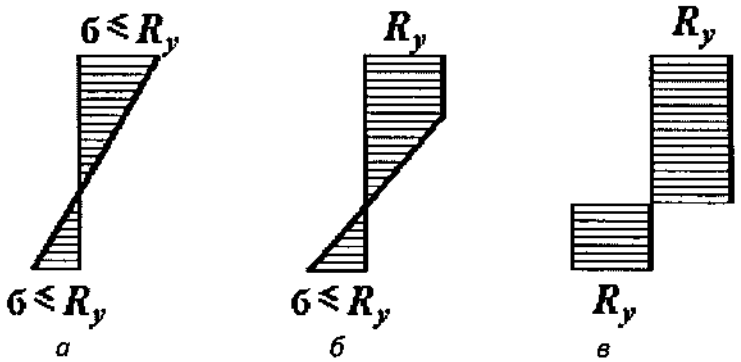


Рисунок 1.1.1 - Класифікація перерізів за видом НДС

3-й клас - НДС, за якого нормальні напруження а по всій площі розрахункового перерізу дорівнюють розрахунковому опору сталі R_y (пластифікація всього перерізу з утворенням пластичного шарніру - рисунок 1.1.1 в).

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

Сталеві конструкції необхідно, як правило, розраховувати як єдині просторові

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

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

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

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

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

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

1.1.3.8 Вимоги цих Норм передбачають такі розрахункові моделі несучих конструкцій:

- окремі конструктивні елементи (наприклад, розтягнуті і стиснуті стрижні, балки, стояки і колони суцільного перерізу тощо);

- плоскі або просторові системи, закріплені від перекосу (рисунок 1.1.2 а); розрахунок таких конструкцій може бути виконаний шляхом розрахунку окремих елементів з урахуванням їх взаємодії між собою і з основою;

- плоскі або просторові системи, не закріплені від перекосу (рисунок 1.1.2 б); при розрахунку таких конструкцій поряд із перевіркою окремих елементів слід враховувати можливість досягнення граничного стану системи в цілому;

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

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

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

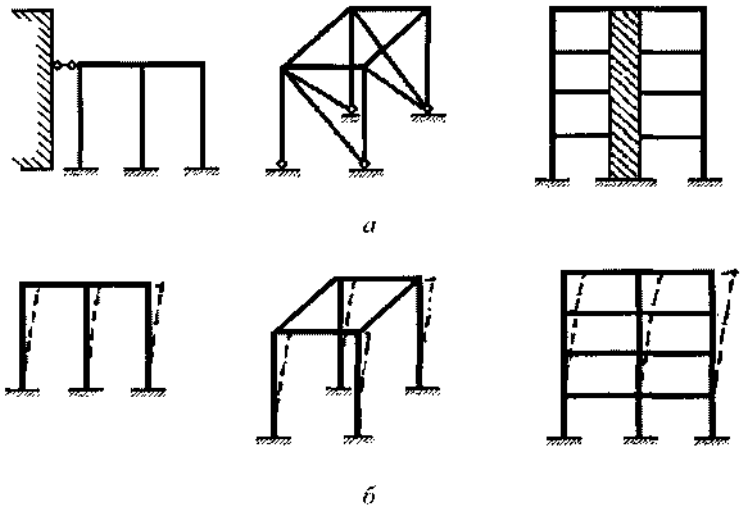


Рисунок 1.1.2 - Розрахункові моделі несучих конструкцій у вигляді стрижневих систем, закріплених (а) і не закріплених (б) від перекосу

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

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

1.1.4 Врахування призначення та умов роботи конструкцій

1.1.4.1 При розрахунку конструкцій і з'єднань слід враховувати:

- коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) γ_n відповідно до вимог ДБН В.1.2-14;

- додатковий коефіцієнт надійності за матеріалом γ_u = 1,3 для елементів конструкцій, які розраховуються на міцність із використанням розрахункових опорів R_u, що визначаються за тимчасовим опором при розтягу;

- коефіцієнти умов роботи елементів конструкцій γ_c, що приймаються за таблицею 1.1.1, та коефіцієнти умов роботи з'єднань γ_b за вимогами розділу 1.12 цих Норм.

Таблиця 1.1.1 - Коефіцієнт умов роботи

Елементи конструкцій	Коефіцієнт 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 ваги перекриття	0,90
2. Колони громадських будівель і опор водонапірних башт	0,95
3. Колони одноповерхових виробничих будівель із мостовими кранами	1,05
4. Стиснуті основні елементи (крім опорних), ґратки складеного таврового перерізу з двох кутиків у зварних фермах покриттів і перекриттів при розрахунку на стійкість зазначених елементів із гнучкістю $\lambda \geq 60$	0,80
5. Затяжки, тяги, відтяжки, підвіски при розрахунку на міцність у перерізі без послаблень	0,90
6. Елементи конструкцій зі сталі з границею текучості до 440 Н/мм^2, що несуть статичне навантаження, при розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів (окрім фрикційних з'єднань)	1,10
7. Стиснуті елементи ґратки просторових ґратчастих конструкцій, виконані з одиночних рівнополичкових кутиків за рис. 1.9.3, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополичкових кутиків - більшою полицею): а) безпосередньо до поясів за допомогою зварних швів або двох болтів і більше, які влаштовані вздовж кутика: - розкоси за рис. 1.9.3 а; - розпірки за рис. 1.9.3 б, в, е; - розкоси за рис. 1.9.3 в, г, д, е б) безпосередньо до поясів за допомогою одного болта або через фасонку незалежно від виду з'єднання	 0,90 0,90 0,80 0,75
8. Стиснуті елементи, виконані з одиночних кутиків, які прикріплюються однією полицею (для нерівнополичкових кутиків - меншою полицею), за винятком елементів, наведених у поз.7 цієї таблиці, а також елементів плоских ферм з одиночних кутиків	0,75
9. Опорні плити, виконані зі сталі з границею текучості до 390 Н/мм^2, що несуть статичне навантаження, товщиною, мм: а) до 40 включно; б) понад 40 до 60 включно; в) понад 60 до 80 включно;	 1,20 1,15 1,10

Примітка 1. Коефіцієнти $\gamma_c < 1,0$ при розрахунку не слід враховувати сумісно.

Примітка 2. При розрахунку на міцність у перерізі, послабленому отворами для болтів, коефіцієнти, наведені в поз. 6 і 1, 6 і 2, 6 і 5, слід враховувати сумісно.

Примітка 3. При розрахунку опорних плит коефіцієнти, наведені в поз. 9 і 2, 9 і 3, слід враховувати сумісно.

Примітка 4. При розрахунку з'єднань коефіцієнти γ_c для елементів, які наведені в поз. 1 і 2, слід враховувати разом із коефіцієнтом умов роботи з'єднання γ_b.

Примітка 5. У випадках, не обумовлених цими Нормами, у розрахункових формулах слід приймати $\gamma_c = 1,0$.

1.2 Матеріали для конструкцій і з'єднань

1.2.1 Загальні вимоги

1.2.1.1 Для сталевих будівельних конструкцій слід застосовувати сталевий прокат

(листовий, фасонний, широкосмуговий 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 застосувати арматурну гарячекатану сталь, що зварюється, пучки і пасма з дроту.

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

Виливки (опорні частини тощо) для сталевих конструкцій рекомендується проектувати з вуглецевої сталі марок 15Л, 25Л, 35Л і 45Л та інші, що задовольняють вимоги для груп виливків II або III згідно з ГОСТ 977, а також із сірого чавуну марок СЧІ5, СЧ20, СЧ25 і СЧ30, що задовольняє вимоги ГОСТ 1412.

1.2.1.3 За показниками корозійної стійкості сталі поділяються на три групи:

• I група - сталі звичайної корозійної стійкості, а саме низьковуглецеві сталі марки Ст3пс та низьколеговані сталі марок 09Г2С, 10Г2С, 15Г2СФ та інші;

• II група - сталі підвищеної корозійної стійкості марок 09Г2Д, 09Г2СД, 14Г2Д, 10ХСНД, 15ХСНД та інші для середньо-, високо- та сильноагресивного середовищ;

• III група - атмосферостійкі (економно леговані) сталі марок 10ХНДП, 14ХГНДЦ та інші.

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

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

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

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

- прокат підвищеної міцності, як правило, з низьколегованих сталей з границею текучості R_{yn} понад 290 Н/мм^2 до 390 Н/мм^2 включно при товщині прокату до 50 мм, із тимчасовим видовженням круглих зразків при їх розрахунковій довжині, що дорівнює п'яти діаметрам зразка, не меншим за 16 %;

- прокат високої міцності, як правило, з термооброблених сталей з границею

текучості R_{yn} від 390 Н/мм^2 до 590 Н/мм^2, із тимчасовим видовженням круглих зразків при їх розрахунковій довжині, що дорівнює п'яти діаметрам зразка, не меншим за 14 %.

Вимоги до низьколегованої сталі для сталевих конструкцій наведені у таблиці Д2 додатка Д. Вимоги до застосування сталевого прокату залежно від ступеня розкислення та показника ударної в'язкості наведені у таблиці Д3 додатка Д.

1.2.1.6 Сталевий прокат згідно з 1.2.1.5 повинен задовольняти вимоги щодо ударної в'язкості відповідно до додатка Д, таблиці Д.1.

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

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

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

1.2.1.8 Для конструкцій, не захищених від впливу високих температур, за необхідності, слід застосовувати прокат підвищеної жаростійкості. Прокат повинен мати характеристичне значення тимчасового опору за температури 600°С не менше за R_{un} = 240 Н/мм^2.

1.2.1.9 При виборі сталі для конструкцій слід враховувати:

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

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

забезпеченістю:

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

0,95 - для конструкцій, що експлуатуються в неопалюваних приміщеннях і за температури зовнішнього повітря;

0,98 - для конструкцій будівель і споруд підвищеного рівня відповідальності за класифікацією, наведеною в ДБН В.1.2-14, що експлуатуються за температури зовнішнього повітря.

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

1.2.1.10 Вибір сталей для груп конструкцій слід виконувати згідно з вимогами таблиці 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 та вироби, що випускаються за іншими стандартами і технічними умовами, якщо його властивості відповідають вимогам таблиць Д.1 і Д.2 додатка Д.

1.2.2.1 Для конструкцій із фасонного (кутики, двотаври, швелери), листового згідно з ГОСТ 27772, широкосмугового універсального прокату і гнутих профілів за ГОСТ 27772 та іншими чинними нормативними документами [1, 2], сортового прокату (круг, квадрат, смуга) згідно з ГОСТ 19281, ГОСТ 535, тонколистового прокату з вуглецевої сталі згідно з ГОСТ 16523, із сталі підвищеної міцності згідно з ГОСТ 17066, електрозварних труб згідно з ГОСТ 10705 та ГОСТ 10706, гарячекатаних труб згідно з ГОСТ 8731, як правило, слід приймати сталі відповідно до додатка Е.

1.2.2.2 Для зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій із сталей згідно з 1.2.2.1 слід застосовувати електроди для ручного дугового зварювання згідно з ГОСТ 9467, зварювальний дріт згідно з ГОСТ 2246, флюси згідно з ГОСТ 9087, порошковий дріт згідно з ГОСТ 26271, вуглекислий газ згідно з ДСТУ 4817, аргон згідно з ГОСТ 10157 за додатком Ж.

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

1.2.2.3 Для болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій із сталей згідно з 1.2.2.1 слід застосовувати: сталеві болти і гайки, що задовольняють вимоги ГОСТ 1759.0, ГОСТ

1759.4,

ГОСТ 1759.5; шайби, що задовольняють вимоги ГОСТ 18123; високоміцні болти, зазначені у 1.2.2.6 відповідно до таблиці Ж3 додатка Ж.

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

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

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

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

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

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

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

Для вказаних болтів із сталі марок Ст3кп2-1, Ст3пс2-1, Ст3пс4-1, Ст3сп2-1, Ст3сп4-1 діаметром до 48 мм включно слід застосовувати гайки класу міцності згідно з ГОСТ 1759.5, діаметром понад 48 мм - з матеріалу групи 02 згідно з ГОСТ 18126.

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

Допускається застосовувати гайки з марок сталі, прийнятої для болтів.

1.2.2.6 Для фрикційних з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х "селект", що задовольняють вимоги ГОСТ 22356 та інших нормативних документів, а їх конструкцію і розміри приймати згідно з ГОСТ 22353; гайки і шайби до них – згідно з ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355.

Допускається застосовувати болти та гайки за іншими стандартами та нормативними документами при забезпеченні вимог до прийнятого класу міцності.

1.2.2.7 Для фланцевих з'єднань елементів сталевих конструкцій рекомендується застосовувати високоміцні болти із сталі 40Х "селект" з тимчасовим опором не меншим за

1100 Н/мм^2 у виконанні ХЛ, що задовольняють вимоги ГОСТ 22356; гайки і шайби до них необхідно обирати згідно з ГОСТ 22354 і ГОСТ 22355.

Допускається застосовувати болти та гайки за іншими стандартами та нормативними документами при забезпеченні вимог до прийнятого класу міцності.

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

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

- канати спіральні згідно з ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064;
- канати подвійного звивання згідно з ГОСТ 3066, ГОСТ 3067, ГОСТ 3068, ГОСТ 3081, ГОСТ 7669, ГОСТ 14954;
- канати закриті несучі згідно з ГОСТ 3090, ГОСТ 7675, ГОСТ 7676, ГОСТ 18889, ГОСТ 18901;
- канати сталеві одинарного звивання для відтяжок опор повітряних ліній електропередачі;
- пучки і пасма паралельних дротів, які формуються з канатного дроту, що задовольняє вимоги ГОСТ 7372.

У разі потреби допускається застосовувати канати за іншими стандартами та нормативними документами при забезпеченні вимог до міцності і класу виконання канатів.

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

1.3 Розрахункові характеристики матеріалів і з'єднань

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

Таблиця 1.3.1 - Формули для визначення розрахункових опорів прокату і труб

Напружений стан	Умовна познака	Розрахунковий опір прокату і труб
Розтяг, стиск, згин: – за границею текучості; – за тимчасовим опором	 R_y R_u	 R_{yn}/γ_m 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 ($t \le 60$ мм)	R_{th}	$0{,}5\ R_{un}/\gamma_m$

Таблиця 1.3.2 - Коефіцієнт надійності за матеріалом

Державний стандарт або технічні умови на прокат	Коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m
Для сталі згідно з ГОСТ 27772 (окрім сталей марок С590, С590К), за документами [1, 2], а також іншою нормативною документацією, що вимагає процедуру контролю властивостей прокату згідно з ГОСТ 27772	1,025
Для сортового прокату з границею текучості понад 380 Н/мм^2 згідно з ГОСТ 19281 і для труб - ГОСТ 8731	1,100
Для решти прокату і труб, що задовольняють вимоги цих Норм	1,050

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

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

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

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

Розрахункові опори прокату зминанню торцевої поверхні, місцевому зминанню у

циліндричних шарнірах, діаметральному стисканню котків наведені в таблиці Е4 додатка Е.

Розрахункові опори виливків із вуглецевої сталі та сірого чавуну необхідно приймати за таблицями Е6 і Е7 додатка Е.

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

Таблиця 1.3.3 - Формули для визначення розрахункових опорів зварних швів

Зварне з'єднання	Напружений стан	Характеристика розрахункового опору	Умовна познака	Розрахунковий опір
Стикове	Стиск, розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні з фізичним контролем якості шва	За границею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = R_y$
		За тимчасовим опором	R_{wu}	$R_{wu} = R_u$
	Розтяг і згин при механізованому або ручному зварюванні	За границею текучості	R_{wy}	$R_{wy} = 0,85\ R_y$
	Зсув	–	R_{ws}	$R_{ws} = R_s$
З кутовими швами	Зсув (умовний)	За металом шва	R_{wf}	$R_{wf} = \frac{0,55 R_{wun}}{\gamma_{wm}}$
		За металом границі сплавления	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 $R_{wun} \le 490$ Н/мм^2; 1,35 – при 490 Н/мм^2 < $R_{wun} \le 590$ Н/мм^2.

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

Характеристичні опори металу шва R_{wun} і розрахункові опори металу кутових швів R_{wf} наведені в таблиці Ж2 додатка Ж.

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

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

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

Розрахункові опори розтягу фундаментних болтів наведені у таблиці Ж6 додатка Ж.

Розрахунковий опір розтягу U-подібних болтів слід визначати за формулою

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

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

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

де R_{bun} - найменший тимчасовий опір болта розриву, що приймається відповідно до таблиць Ж4, Ж7 додатка Ж.

Таблиця 1.3.4 - Формули для визначення розрахункових опорів болтових з'єднань

Напружений стан	Умовна познака	Розрахунковий опір одноболтового з'єднання зрізу, розтягу, зминанню для болтів				
		класу міцності				високоміцних із сталі марки 40Х "селект"
		5.6	6.6	8.8	10.9	
Зріз	а) R_{bs}	0,42 R_{bun}	0,42 R_{bun}	0,40 R_{bun}	0,40 R_{bun}	0,37 R_{bun}
Розтяг	б) R_{bt}	0,75 R_{bun}	0,75 R_{bun}	0,68 R_{bun}	0,60 R_{bun}	0,50 R_{bun}
Зминання:						
болти класу точності А	в) R_{bp}	1,60 R_u				
болти класу точності В і С		1,35 R_u				

а) Значення R_{bs} і R_{bt} для болтів класів міцності 8.8 і 10.9 та із сталі марки 40Х "селект" наведені для болтів без покриття (наприклад, без оцинкування, алюмінування).

б) Значення R_{bt} вказано для болтів з додатковим подальшим відпуском за температури 650 °С.

в) Значення R_{bp} вказано для з'єднуваних елементів із сталі з границею текучості до 440 Н/мм^2 і при $R_{bun} > R_{un}$.

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

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

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

1.4 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при центральному розтягу і стиску

1.4.1 Розрахунок елементів суцільного перерізу

1.4.1.1 Розрахунок на міцність елементів із сталі з характеристичним опором $R_{yn} \le$ 440 Н/мм^2 при центральному розтягу і стиску слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \le 1. \qquad (1.4.1)$$

Розрахунок на міцність розтягнутих елементів зі сталі з відношенням $R_u/\gamma_u > R_y$, експлуатація яких можлива і після досягнення металом границі текучості, а також елементів із сталі з характеристичним опором $R_{yn} >$ 440 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 таблицею 1.3.4 із заміною R_{bun} на R_{un}.

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

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

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

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

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \le 1, \qquad (1.4.3)$$

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

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

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

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

де α і β – коефіцієнти, що характеризують початкові неправильності форми та залишкові напруження і визначаються за таблицею 1.4.1 залежно від типу поперечного перерізу стрижня та типу кривої стійкості;

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість стрижня, яка визначається за формулою

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

Значення коефіцієнтів φ, обчислені за формулою (1.4.4), слід приймати не більшими за $7,6/\bar{\lambda}^2$ у випадку, коли $\bar{\lambda} > 8,0$ для типу кривої стійкості *a*, $\bar{\lambda} > 4,4$ і $\bar{\lambda} > 5,8$ для типів кривої стійкості відповідно *b* і *c* (таблиця 1.4.1).

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

Значення коефіцієнтів φ наведені у таблиці К1 додатка К.

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

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

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

$$\frac{N}{\varphi_c A R_y \gamma_c} \le 1, \tag{1.4.6}$$

де φ_c – коефіцієнт, який дорівнює:

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

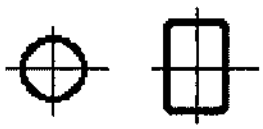
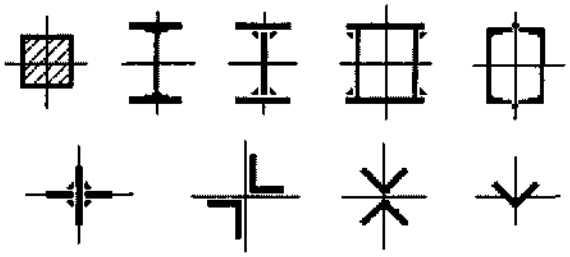
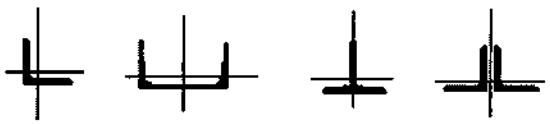
$$\varphi_c = 0,68 + 0,21\varphi_1 \le 1,0 \text{ при } \varphi_1 > 0,85;$$

тут значення φ_1 слід обчислювати за формулою

$$\varphi_1 = 7,6\frac{C_{max}}{\bar{\lambda}_x^2}. \tag{1.4.7}$$

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

Таблиця 1.4.1 - Значення коефіцієнтів α і β

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

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

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

1.4.2 Розрахунок елементів наскрізного перерізу

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

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

1.4.2.3 У наскрізних стрижнях із планками гнучкість окремої гілки $\lambda_{в1}$, $\lambda_{в2}$ або $\lambda_{в3}$ (таблиця 1.4.2) на ділянці між зварними швами або крайніми болтами, що прикріплюють планки, не повинна перевищувати 40.

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

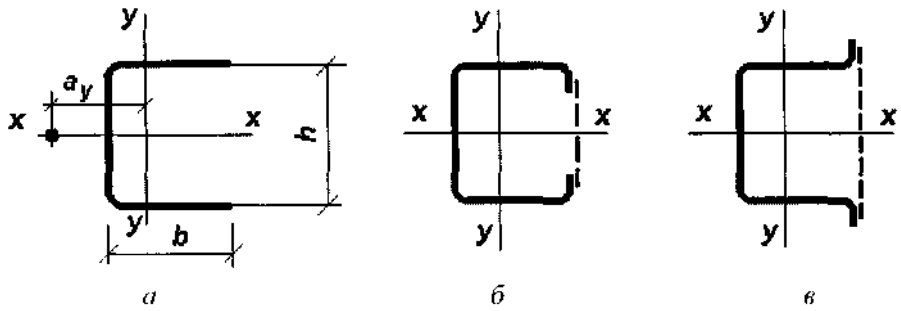


Рисунок 1.4.1 - Схема відкритого (а) і укріплених планками чи ґратками (б, в) перерізів стрижнів

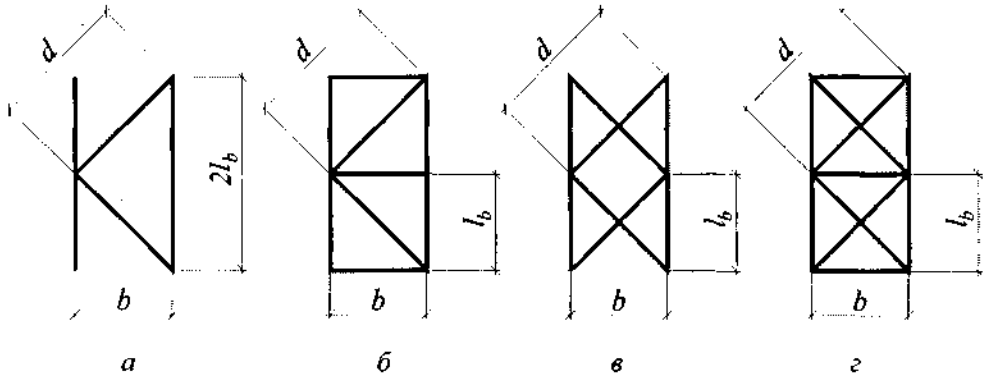
1.4.2.4 У наскрізних стрижнях із ґратками окрім розрахунку на стійкість стрижня в цілому слід перевіряти стійкість окремих гілок на ділянках між вузлами кріплення ґратки. За необхідності слід враховувати вплив моментів, що виникають у цих вузлах, наприклад, внаслідок розцентрування елементів ґратки.

У наскрізних стрижнях із ґратками гнучкість окремих гілок λ_b між вузлами кріплення ґратки, як правило, не повинна бути більшою за 80 і не повинна перевищувати значення

зведеної гнучкості λ_{ef} стрижня в цілому.

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

1.4.2.5 Розрахунок наскрізних стрижнів із ґратками на стійкість у 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 необхідно при $\bar{\lambda}_b \leq 2{,}7$ приймати таким, що дорівнює 1,0, а при $\bar{\lambda}_b \geq 3{,}2$ визначати за значенням розрахункового опору R_y та значенням розрахункової довжини $l_{ef} = 0{,}7l_b$ (де l_b - довжина гілки; на рисунку 1.4.2 а довжина гілки становить $2l_b$).

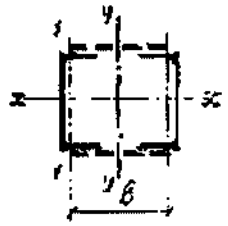
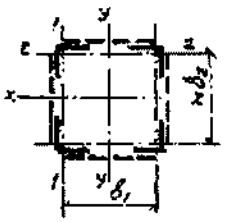
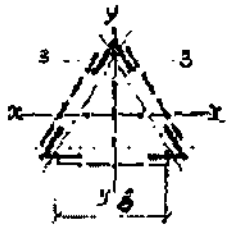


а - трикутна; б - трикутна з розпірками; в - хрестова; г - хрестова з розпірками

Рисунок 1.4.2 - Схеми розкісних ґраток стрижнів наскрізного перерізу

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

Таблиця 1.4.2 - Зведені гнучкості стрижнів наскрізного перерізу

Переріз наскрізного стрижня		Зведена гнучкість λ_{ef} стрижня наскрізного перерізу	
тип	схема	з планками	з ґратками
1-й		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + 0{,}82(1+n)\lambda_{b1}^2}$ (1.4.8) $n = \frac{I_{b1} b}{I_s l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \frac{A}{A_{d1}}}$ (1.4.11) $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$ (d_1, d_2 відносяться відповідно до сторін b_1, b_2)
2-й		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0{,}82\left[(1+n)\lambda_{b1}^2 + (1+n_2)\lambda_{b2}^2\right]}$ (1.4.9) $n_1 = \frac{I_{b1} b_1}{I_{s1} l_b}; n_2 = \frac{I_{b2} b_2}{I_{s2} l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + \left(\alpha_1 + \alpha_2 \frac{A_{d1}}{A_{d2}}\right)\frac{A}{A_{d1}}}$ (1.4.12) $\alpha_1 = 10 \frac{d_1^3}{b_1^2 l_b}; \alpha_2 = 10 \frac{d_2^3}{b_2^2 l_b}$
3-й		$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0{,}82(1+3n_3)\lambda_{b3}^2}$ (1.4.10) $n_3 = \frac{I_{b3} b}{I_s l_b}$	$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_{max}^2 + 0{,}67\alpha \frac{A}{A_{d3}}}$ (1.4.13) $\alpha = 10 \frac{d^3}{b^2 l_b}$

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 дорівнюють відповідно $\lambda_x = l_x / i_x$ або $\lambda_y = l_y / i_y$ (де i_x, i_y – радіуси інерції перерізу наскрізного стрижня в цілому);
$\lambda_{b1}, \lambda_{b2}, \lambda_{b3}$ – гнучкості окремих гілок при згині у площинах, перпендикулярних до осей відповідно 1 – 1, 2 – 2 і 3 – 3 на ділянках проміжними в'язями (зварними швами або крайніми болтами, що прикріплюють планки);
b, d, l_b – геометричні розміри наскрізного стрижня, що визначаються за рисунками 1.4.2 і 1.4.3;
A – площа поперечного перерізу всього стрижня;
A_{d1}, A_{d2}, A_{d3} – площі поперечних перерізів розкосів ґраток (при хрестовій ґратці – двох розкосів), розміщених відповідно в площинах, перпендикулярних до осей 1 – 1, 2 – 2 і паралельних осі 3 – 3;
I_{b1}, I_{b3} – моменти інерції перерізу гілок відносно осей відповідно 1 – 1 і 3 – 3 (для перерізів типів 1 і 3);
I_{b1}, I_{b2} – те саме, двох кутиків відносно осей відповідно 1 – 1 і 2 – 2 (для перерізу типу 2);
I_s – момент інерції поперечного перерізу однієї планки відносно власної осі $x - x$ (рисунок 1.4.3; для перерізів типів 1 і 3);
I_{s1}, I_{s2} – моменти інерції перерізу однієї з планок, розміщених у площинах відповідно 1 – 1 і 2 – 2 (для перерізу типу 2).

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

1.4.2.6 Розрахунок складених елементів із кутиків, швелерів тощо, з'єднаних щільно або через прокладки, слід виконувати, як суцільностінчастих стрижнів за умови, що довжина ділянки елемента між проміжними в'язями (зварними швами чи центрами крайніх болтів) не перевищує 40г для стиснутих елементів та 80і для розтягнутих. При цьому радіус інерції

перерізу одного кутика чи швелера і слід приймати для таврових або двотаврових перерізів відносно осі, паралельної площині розміщення прокладок, а для хрестових перерізів - мінімальний. При цьому в границях загальної довжини стиснутого елемента необхідно передбачати не менше ніж дві проміжні в'язі (прокладки).

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

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

де N – розрахункове поздовжнє зусилля у складеному стрижні;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

де $\alpha = \dfrac{l_b^2 d}{d^3 + 2b^3 \dfrac{A_d}{A_s}}$ – коефіцієнт, що обчислюється за геометричними розмірами b, d, l_b наскрізного стрижня, вказаними на рисунку 1.4.2;

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

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

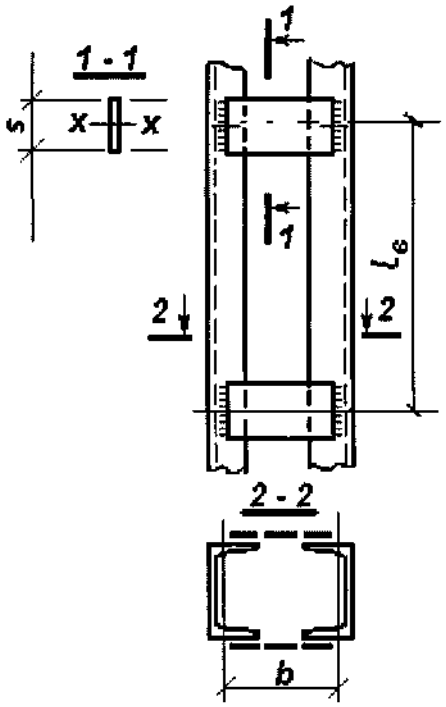


Рисунок 1.4.3 - Наскрізний стрижень

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

Розрахунок розпірок, призначених для зменшення розрахункової довжини колон у площині, перпендикулярній до площини поперечних рам, за наявності навантажень від

мостових чи підвісних опорних кранів слід виконувати на дію умовної поперечної сили, значення якої обчислюється за формулою (1.4.14), в якій N приймається таким, що дорівнює сумі поздовжніх сил у двох колонах, з'єднаних між собою розпіркою.

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

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

- двох катетів поясних швів - у зварних елементах із поясними з'єднаннями на кутових зварних швах;

- двох ширин полиць кутиків, спрямованих паралельно площині стінки, - для елементів з болтовими (фрикційними) з'єднаннями полиць зі стінкою;

- двох радіусів спряження полиць зі стінкою - у прокатних профілях;

- двох внутрішніх радіусів спряження полиць зі стінкою - у гнутих профілях.

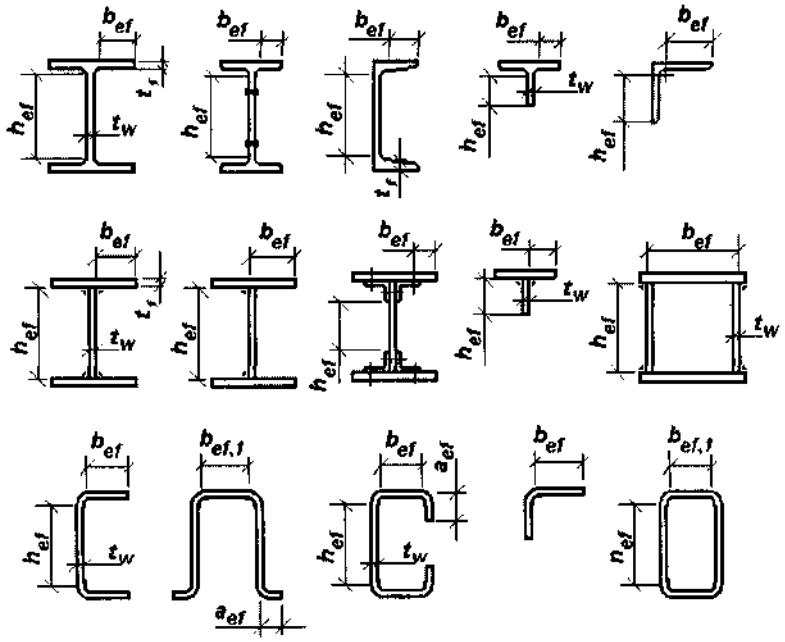
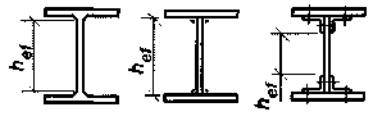
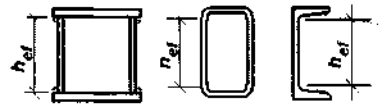
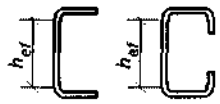
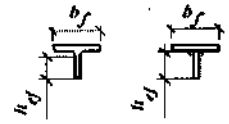


Рисунок 1.4.4 - Розрахункові розміри елементів перерізів

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

Таблиця 1.4.3 - Формули для визначення граничної умовної гнучкості стінки

Тип поперечного перерізу	Умовна гнучкість елемента	Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
	$\bar{\lambda} \le 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15\bar{\lambda}^2$ (1.4.19)
	$\bar{\lambda} > 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35\bar{\lambda}$; $\bar{\lambda}_{uw} \le 2,5$; (1.4.20)
	$\bar{\lambda} \le 1,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20$ (1.4.21)
	$\bar{\lambda} > 1,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0 + 0,2\bar{\lambda} \le 1,6$ (1.4.22)
	$\bar{\lambda} \le 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 1,0$ (1.4.23)
	$\bar{\lambda} > 0,8$	$\bar{\lambda}_{uw} = 0,85 + 0,19\bar{\lambda}$; $\bar{\lambda}_{uw} \le 1,6$; (1.4.24)
	$0,8 \le \bar{\lambda} \le 4$	$\bar{\lambda}_{uw} = (0,4 + 0,07\bar{\lambda})\left(1 + 0,25\sqrt{2 - \frac{b_f}{h_{ef}}}\right)$ (1.4.25)

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість стрижневого елемента, що приймається в розрахунку на загальну стійкість при центральному стиску.

Примітка 1. У коробчастому перерізі значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$ визначається для пластинок, розміщених паралельно площині, у якій перевіряється стійкість елемента в цілому.

Примітка 2. У тавровому перерізі додатково повинна виконуватись умова $\frac{Q_x}{A_w R_s \gamma_c} \le 1$. Окрім цього, при значеннях умовної гнучкості елемента $\bar{\lambda} < 0,8$ або $\bar{\lambda} > 4,0$ у формулі (1.4.25) необхідно приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0,8$ або $\bar{\lambda} = 4,0$.

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

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

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

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

1.4.3.4 Для центрально-стиснутих елементів двотаврового перерізу з розрахунковою висотою стінки h_{ef} у випадку її укріплення парним поздовжнім ребром жорсткості, що

розміщене посередині висоти стінки і має момент інерції перерізу I_{rl}, при $\frac{I_{rl}}{h_{ef}t_w^3} \le 6{,}0$ значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, встановлене відповідно до 1.4.4.2, необхідно помножити на коефіцієнт β, що визначається за формулою

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

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

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

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

Мінімальні розміри виступної частини поздовжніх ребер жорсткості необхідно приймати як для основних поперечних ребер жорсткості відповідно до вимог 1.4.3.3.

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

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

- найближчої грані стінки за вирахуванням катета поясного шва - у зварних елементах з поясними з'єднаннями на кутових зварних швах;

- осі найближчого болта у поясі - в елементах з болтовими (фрикційними) поясними з'єднаннями;

- найближчої грані стінки за вирахуванням радіуса спряження полиць зі стінкою - у прокатних профілях;

- краю викружки - у гнутих профілях.

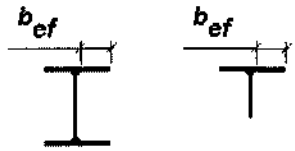
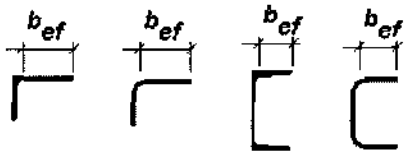
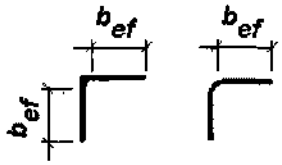
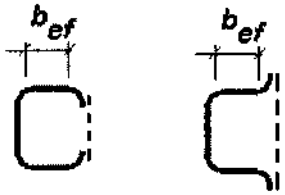
1.4.3.7 Місцеву стійкість поясного листа (полиці) центрально-стиснутих елементів суцільного перерізу слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості звису пояса (полиці) $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує значення граничної умовної гнучкості звису $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначається за формулами таблиці 1.4.4.

1.4.3.8 У центрально-стиснутих елементах коробчастого перерізу граничну умовну

гнучкість поясного листа $\bar{\lambda}_{uf,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ (рисунок 1.4.4) необхідно приймати за таблицею 1.4.3, як для стінок елементів коробчастого перерізу.

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

Таблиця 1.4.4 - Граничні умовні гнучкості звисів поясних листів (полиць)

Тип поперечного перерізу	Гранична умовна гнучкість звису поясного листа (полиці) $\bar{\lambda}_{uf}$
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}36 + 0{,}10\bar{\lambda}$ (1.4.27)
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}43 + 0{,}08\bar{\lambda}$ (1.4.28)
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}40 + 0{,}07\bar{\lambda}$ (1.4.29)
	$\bar{\lambda}_{uf} = 0{,}85 + 0{,}19\bar{\lambda}$ (1.4.30)

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість елемента, що приймається в розрахунку на загальну стійкість при центральному стиску.

Примітка 1. При значеннях умовної гнучкості елемента $\bar{\lambda} < 0{,}8$ або $\bar{\lambda} > 4{,}0$ в формулах цієї таблиці необхідно приймати відповідно $\bar{\lambda} = 0{,}8$ і $\bar{\lambda} = 4{,}0$.

Примітка 2. Для звисів поясних листів (полиць), підсилених ребрами або відгинами висотою a_{ef} (рисунок 1.4.4), значення граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}$, що визначається за формулами (1.4.27) і (1.4.28), слід помножити на коефіцієнт 1,5, а за формулою (1.4.29) – на коефіцієнт 1,6.

1.5 Розрахунок елементів сталевих конструкцій при згині

1.5.1 Класифікація згинальних елементів

Залежно від призначення, умов експлуатації і техніко-економічного обґрунтування розрахунок згинальних елементів (балок), слід виконувати без урахування чи з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій згідно з поділом поперечних перерізів

елементів на три класи відповідно до 1.1.3.7. Допускається, що балка має той самий клас, який має її розрахунковий переріз.

Балки 1-го класу слід застосовувати для всіх видів навантажень і розраховувати у границях пружних деформацій; балки 2-го і 3-го класів рекомендується застосовувати при дії статичних навантажень і розраховувати з урахуванням розвитку обмежених пластичних деформацій.

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

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

1.5.2 Розрахунок на міцність згинальних елементів суцільного перерізу

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

- при дії згинального моменту M в одній з головних площин

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

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

$$\frac{QS}{It_w R_s \gamma_c} \le 1; \qquad (1.5.2)$$

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

$$\frac{M_x}{I_{xn} R_y \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yn} R_y \gamma_c} x \le 1, \qquad (1.5.3)$$

де x і y – відстані від головних осей інерції до точки перерізу, яка розглядається;

– у загальному випадку

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

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

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

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

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

У разі послаблення стінки отворами для болтів ліву частину формули (1.5.4), а також

значення τ_{xy} у формулі (1.5.4) слід помножити на коефіцієнт

$$\alpha = \frac{s_0}{s_0 - d}, \tag{1.5.5}$$

де s_0 – крок отворів;
d – діаметр отвору.

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

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

$$\frac{\sigma_{loc}}{R_y \gamma_c} \le 1, \tag{1.5.6}$$

де

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{l_{ef} t_w}, \tag{1.5.7}$$

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

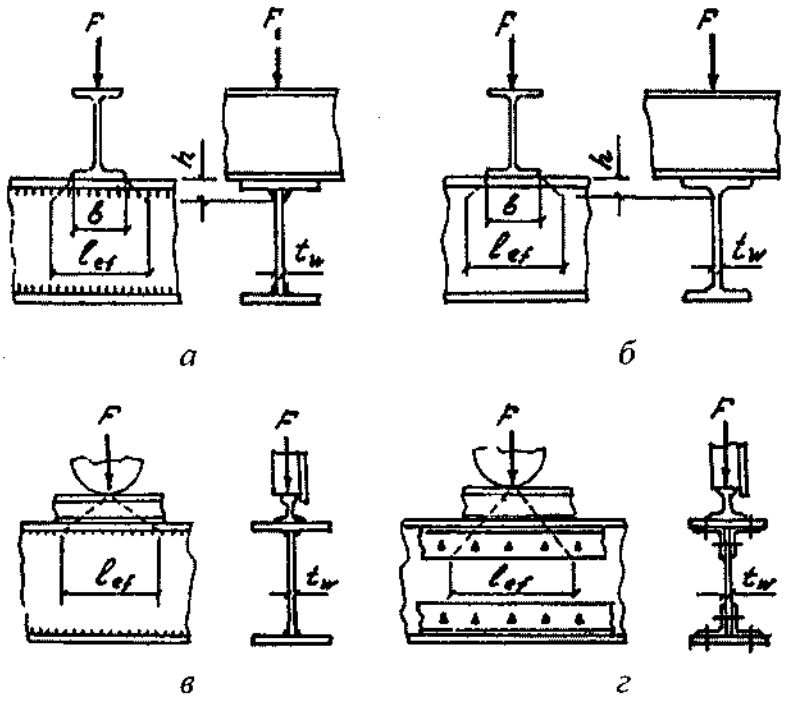
- при передачі зосередженого навантаження на стінку балки у вузлах поверхового спряження балок за рисунком 1.5.1 а, б

$$l_{ef} = b + 2h, \tag{1.5.8}$$

- при русі колеса крана вздовж кранових рейок, що лежать на верхньому поясі підкранової балки, за рисунком 1.5.1 в, г

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

де h – розмір, що дорівнює сумі товщини верхнього пояса балки і катета поясного шва, якщо нижче розташована балка є зварною (рисунок 1.5.1 а), або сумі товщини верхнього пояса балки і радіуса спряження стінки з полицями балки, якщо нижче розташована балка є прокатною (рисунок 1.5.1 б);
ψ – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: 3,25 – для зварних і прокатних балок; 4,5 – для балок з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями;
I_{1f} – сума власних моментів інерції перерізів верхнього пояса балки і кранової рейки або момент інерції перерізу, що складається з перерізу верхнього пояса балки і перерізу рейки у випадку, коли кранова рейка приварюється до верхнього пояса балки зварними кутовими швами,



а - зварної; б - прокатної; в - зварної або прокатної від колеса крана; г - з болтовими фрикційними поясними з'єднаннями від колеса крана

Рисунок 1.5.1 - Схема передачі зосередженого навантаження на стінку балки

що забезпечують сумісну роботу пояса і рейки. Для балок із болтовими фрикційними поясними з'єднаннями до складу поперечного перерізу верхнього пояса необхідно включати поясні листи і кутики, а значення l_{ef} і σ_{loc} визначати біля розрахункової границі стінки (у стінці балки в точці, де стінка не підкріплена поясними кутиками біля країв полиць кутиків).

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

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

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

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

– при згині у двох головних площинах і значеннях дотичних напружень $\tau_x = |Q_x| / (2A_f) \le 0{,}5R_s$ (окрім опорних перерізів)

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

– при $\tau_y \le 0{,}5R_s$ $\beta = 1$;

– при $0{,}5R_s < \tau_y \le 0{,}9R_s$:

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

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

c_x, c_y – коефіцієнти, значення яких приймаються для балок 3-го класу згідно з таблицею Н1 додатка Н, а для балок 2-го класу – в інтервалі між 1,0 і значеннями c_x і c_y, обчисленими за таблицею Н1 зазначеного додатка.

Значення коефіцієнтів c_x і c_y в інтервалі між 1,0 та їх значеннями, обчисленими відповідно до таблиці Н1 додатка Н, має на меті встановлення мінімальних розмірів складених поперечних перерізів згинальних елементів.

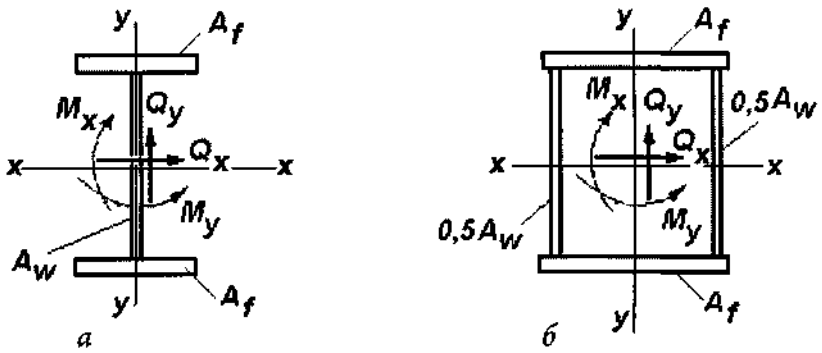


Рисунок 1.5.2 - Схема двотаврового (а) і коробчастого (б) перерізів і діючі внутрішні зусилля

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

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

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

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

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

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

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

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

Розрахункове значення згинального моменту необхідно визначати за формулою

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

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

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

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

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

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

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

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

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

l – довжина крайнього прольоту;

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

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

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

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 прольотних моментів у двох головних площинах відповідно до вимог 1.5.2.5.

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

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

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

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

– при згині у двох головних площинах

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

У формулах (1.5.18) і (1.5.19) позначено:

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

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

β – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює:

– при $\tau_y \le 0{,}5R_s$ $\beta_r = 1{,}0$;

– при $0{,}5R_s < \tau_y < 0{,}9R_s$:

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

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

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

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

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

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

1.5.3 Розрахунок на міцність балок суцільного перерізу для кранових колій

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

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

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

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

1.5.3.3 Міцність стиснутої зони стінок балок кранових колій, що розраховуються на утомленість, для кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К згідно з ГОСТ 25546, виконаних зі сталі з границею текучості до 440 Н/мм^2, слід виконувати за формулами:

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

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

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

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

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

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

$$\tau_{xy} = \frac{Q_y}{t_w h_w} ; \tau_{loc,xy} = 0{,}3\sigma_{loc,y} ; \tau_{f,xy} = 0{,}25\sigma_{fy} , \qquad (1.5.26)$$

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

h_w – висота стінки поперечного перерізу балки;

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

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

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

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

M_t – місцевий крутний момент, що визначається за формулою

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

де e – умовний ексцентриситет, що приймається 15 мм;

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

h_r – висота кранової рейки;

t_f – сумарна товщина поясних листів;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.5.4 Розрахунок на загальну стійкість згинальних елементів суцільного перерізу

1.5.4.1 Розрахунок на загальну 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 необхідно виконувати за формулами: - при згині у площині стінки, що збігається з площиною симетрії перерізу

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

– при згині у двох головних площинах

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_{cx} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{W_y R_y \gamma_c} \le 1, \qquad (1.5.29)$$

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

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

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

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

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

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

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

а) при передачі навантаження на балку через суцільний жорсткий настил (залізобетонні плити з важкого, легкого та ніздрюватого бетону тощо), що неперервно

обпирається на стиснутий пояс балки та надійно з ним зв'язаний із застосуванням зварювання, болтів, самонарізних гвинтів тощо; при цьому сили тертя враховувати не слід;

б) при значеннях умовної гнучкості стиснутого пояса балки $\bar{\lambda}_b = \frac{l_{ef}}{b}\sqrt{\frac{R_{yf}}{E}}$, що не перевищують значень граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, які визначаються за формулами таблиці 1.5.1 для балок симетричного і асиметричного двотаврового перерізів; при цьому, балки асиметричного перерізу з більш розвинутим стиснутим поясом повинні перевірятись за формулою (1.5.28) і мати відношення ширини розтягнутого пояса до ширини стиснутого пояса, яке не перевищує 0,75.

Для стиснутого пояса балки, обрамленого ребрами, значення граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, одержане за таблицею 1.5.1, як для балки зі стиснутим поясом без ребер, допускається збільшити шляхом множення на коефіцієнт $\mu = i_{yr} / i_y > 1{,}0$, де i_{yr} і i_y - радіуси інерції відносно осі *y-y,* обчислені для розрахункових перерізів, які складаються з поперечних перерізів відповідно стиснутих поясів із ребрами A_{fr} та без них A_f, а також з прилеглих до них ділянок стінок загальною площею відповідно $A_r = A_{fr} + 0{,}25A_w$ і $A = A_f + 0{,}25A_w$

Таблиця 1.5.1 - Умовна гранична гнучкість стиснутого пояса

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

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

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

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

де A_f і A_w – площі поперечного перерізу стиснутого пояса і стінки відповідно;
R_{yf} і R_{yw} – розрахункові опори сталі стиснутого пояса і стінки відповідно;
– при неперервному розкріпленні стиснутого пояса балки – за формулою

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

де q_{fic} – умовна поперечна сила, що припадає на одиницю довжини стиснутого пояса балки;
Qf_{ic} – умовна поперечна сила, яка обчислюється за формулою (1.4.14), у якій приймають $\varphi = 1$, а N – обчислюють за формулою (1.5.33).

1.5.4.6 Загальну стійкість балок із перерізами 2-го і 3-го класів слід вважати забезпеченою при виконанні вимог 1.5.4.4 а або 1.5.4.4 б. В останньому випадку значення граничної умовної гнучкості стиснутого пояса $\bar{\lambda}_{ub}$, що визначається за формулами таблиці 1.5.1, необхідно помножити на коефіцієнт

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

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

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

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

де M_x – згинальний момент у розрахунковому перерізі;
β – коефіцієнт, що визначається за формулою (1.5.12);
c_x – коефіцієнт, що приймається відповідно до таблиці Н.1 додатка Н.

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

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

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

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

1.5.5 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів згинальних елементів суцільного перерізу

1.5.5.1 Місцеву 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 - за наявності місцевого напруження у балках з двосторонніми поясними швами.

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

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

Складові напруженого стану σ і τ слід обчислювати за формулами:

$$\sigma = \frac{M}{I_{xn}}; \qquad (1.5.37)$$

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

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

a – відстань між осями поперечних ребер жорсткості;

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

h_w – повна висота стінки.

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

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

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

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

де σ, σ_{loc}, τ – складові напруженого стану, які визначаються відповідно до 1.5.5.2;
σ_{cr} – критичне нормальне напруження, що обчислюється за формулою

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

де c_{cr} – коефіцієнт, що визначається згідно з 1.5.5.4 – 1.5.5.6;
$\sigma_{loc,cr}$ – критичне місцеве нормальне напруження, що обчислюється за формулою

$$\sigma_{loc,cr}=\frac{c_1c_2R_y}{\bar{\lambda}_w^2}, \qquad (1.5.41)$$

де c_1 і c_2 – коефіцієнти, що визначаються згідно з 1.5.5.5;
τ_{cr} – критичне дотичне напруження, що обчислюється за формулою

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

де μ – відношення більшої сторони відсіку стінки до меншої;

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

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

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

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

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

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

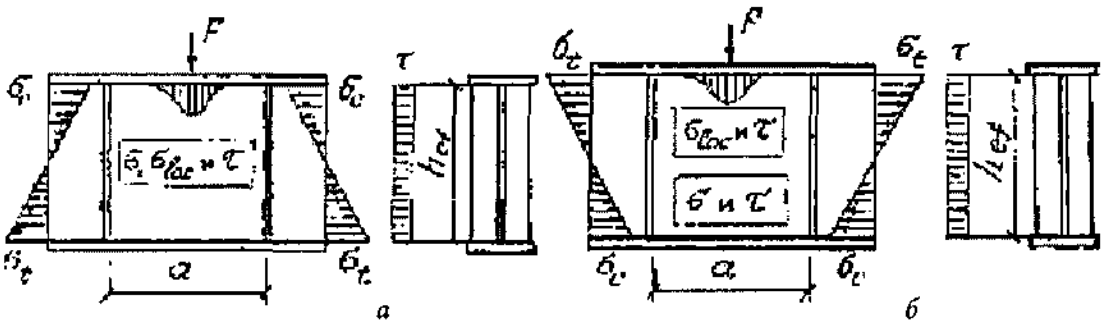
Поясні з єднання балки	Значення c_{cr} при δ, що дорівнює						
	≤ 0,8	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	≥ 30,0
Зварні	30,0	31,5	33,3	34,6	34,8	35,1	35,5
Болтові фрикційні	35,1						

Таблиця 1.5.3 - Значення коефіцієнта β

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

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

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



а - при прикладенні зосередженого навантаження до стиснутого пояса;

б - те саме до розтягнутого

Рисунок 1.5.3 - Схема ділянки балки, укріпленої поперечними ребрами жорсткості

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

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

- при значенні σ_{cr} обчисленому за формулою (1.5.40), з урахуванням вимог 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 а необхідно прийняти розмір $a_1 = 0{,}5a$ при $0{,}8 \leq a / h_{ef} \leq 1{,}33$ та $a_1 = 0{,}67 h_{ef}$ при $a / h_{ef} > 1{,}33$;

-при значенняхі σ_{cr} обчислених $\sigma_{loc,cr}$ залежно від фактичного відношення a / h_{ef} (якщо

a/h_{ef} > 2,0, у розрахунку слід приймати a/h_{ef} = 2,0); при цьому коефіцієнт c_{cr} у формулі (1.5.40) слід визначати за таблицею 1.5.4.

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

Значення коефіцієнта c_{cr} при a/h_{ef} або $a/(2h_c)$, що дорівнює							
≤ 0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	≥ 2,0
За таблицею 1.5.2	37,2	39,2	45,2	52,8	62,0	72,6	84,7

Таблиця 1.5.5 - Значення коефіцієнта c_1

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

Таблиця 1.5.6 - Значення коефіцієнта c_2

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

Значення критичних місцевих нормальних напружень $\sigma_{loc,cr}$ слід визначати за формулою (1.5.41), де:

c_1 - коефіцієнт, що приймається за таблицею 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 визначати відповідно до вимог 1.5.2.2);

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

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

1.5.5.6 Місцеву стійкість стінок балок 1-го класу асиметричного двотаврового

перерізу (з більш розвинутим стиснутим поясом), укріплених тільки основними поперечними ребрами жорсткості, слід вважати забезпеченою, якщо умова (1.5.39) буде виконана з урахуванням таких змін:

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

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

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

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

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

де

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

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

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

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

Таблиця 1.5.7 - Значення коефіцієнта c_{cr}

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

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

дорівнює $\tau = Q / A_w$, а значення $\bar{\varepsilon}$ необхідно обчислювати за формулами:

- для балок, переріз яких виконаний зі сталі однієї марки

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

де c_{1x} – коефіцієнт, який визначається за формулою (1.5.36);
$\bar{\varepsilon}$ – відносна лінійна деформація стиснутого пояса балки;
– для бісталевих балок

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

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

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

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

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

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

1.5.5.9 Стінки балок слід укріплювати основними поперечними ребрами жорсткості:

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

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

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

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

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

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

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

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

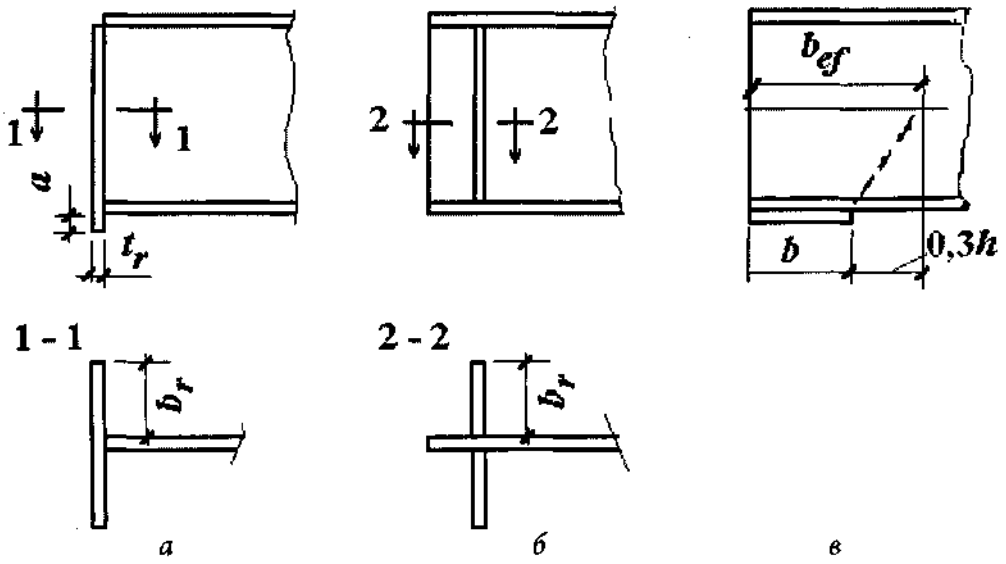
1.5.5.11 Якщо місцева стійкість стінок балок 1-го класу при дії нормальних напружень а від згину не забезпечена, а також при значеннях умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w > 5{,}5\sqrt{R_y/\sigma}$ (тут σ - нормальні напруження у стиснутому поясі балки) стінки таких балок допускається укріплювати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

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

1.5.5.13 Ділянку стінки балки в опорному перерізі слід розраховувати на втрату загальної стійкості як центрально стиснутий стояк, навантажений опорною реакцією.

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

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



а - з опорним ребром у торці при застосуванні фрезерування; б - з опорним ребром, зміщеним від торця із застосуванням щільної пригонки або приварювання; в - без опорного ребра з використанням прокладки

Рисунок 1.5.4 - Схема опорної ділянки балки

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

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

Нижні торці опорних ребер (рисунок 1.5.4) повинні бути фрезеровані або щільно пригнані чи приварені до нижнього пояса балки. Напруження в розрахунковому перерізі опорного ребра при дії опорної реакції не повинні перевищувати розрахункового опору прокатної сталі у випадках влаштування опорного ребра:

-у торці із застосуванням фрезерування (рисунок 1.5.4а) - зминанню при R_p і $a \le 1{,}5t$ стиску R_y при $a > 1{,}5t$;

- із зміщенням від торця із застосуванням щільної пригонки або приварювання (рисунок 1.5.4 б) – зминанню R_p

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

1.5.5.14 Місцеву стійкість стиснутих поясів слід вважати забезпеченою, якщо умовна гнучкість звису пояса $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{R_{yf}}{E}}$ або поясного листа $\bar{\lambda}_{f1} = \frac{b_f}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ балок 1-го класу, а також бісталевих балок 2-го класу при виконанні вимог 1.4.3.1, 1.5.2.1 і 1.5.2.8 не перевищує

значень граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}, \bar{\lambda}_{uf1}$ що визначається за формулами:

- для звисів поясів балок двотаврового перерізу, які не обрамлені ребрами (не підсилені відгинами)

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

– для поясних листів балок коробчастого перерізу

$$\bar{\lambda}_{uf,1} = 1{,}5\sqrt{\frac{R_y}{\sigma_c}}, \qquad (1.5.49)$$

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

– для перерізу з однорідної сталі:

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

– для бісталевого перерізу:

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

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

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

1.5.5.15 Місцеву стійкість стиснутих поясів слід вважати забезпеченою, якщо умовна гнучкість звису стиснутого пояса або поясного листа балок 2-го і 3-го класів з однорідної сталі при виконанні вимог 1.4.3.1, 1.5.2.3 і 1.5.5.8 не перевищує значень граничної умовної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}$, $\bar{\lambda}_{uf1}$, що визначаються при $2{,}2 \le \bar{\lambda}_{uw} \le 5{,}5$ за формулами:

- для необрамлених звисів поясів балок двотаврового перерізу

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

– для поясних листів балок коробчастого перерізу

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

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

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

1.6.1 Розрахунок на міцність

1.6.1.1 Розрахунок на міцність позацентрово стиснутих (стиснуто-зігнутих) і

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

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

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

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

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

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

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

Розрахунок на міцність елементів із труб, які відповідають вимогам 1.6.1.1, слід виконувати за формулою

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

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

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

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

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

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

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

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

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

δ – коефіцієнт, що визначається за формулою

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

1.6.2 Розрахунок загальної стійкості елементів суцільного перерізу

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

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

$$\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \le 1. \qquad (1.6.5)$$

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

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

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

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

$e = M / N$ – ексцентриситет, при обчисленні якого розрахункові значення внутрішніх зусиль M і N слід приймати відповідно до вимог 1.6.2.3;

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

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

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

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

- найбільшого згинального моменту, що виникає у границях геометричної довжини колони, - для колони рамної системи постійного за довжиною перерізу;

- найбільшого згинального моменту, що виникає у границях ділянки колони постійного за довжиною перерізу - для ступінчастої колони;

- згинального моменту в опорному перерізі, але не менше за значення моменту у перерізі, віддаленому на третину геометричної довжини від опори - для колони, защемленої в опорному перерізі та з вільним іншим кінцем;

- найбільшого згинального моменту, що виникає у границях середньої третини довжини панелі пояса, який обчислюється з розрахунку пояса як пружної нерозрізної балки, - для стиснутих поясів ферм і структурних плит, що сприймають позавузлове поперечне навантаження;

- згинального моменту, який визначається за формулами таблиці 1.6.1 залежно від значення відносного ексцентриситету $m_{max} = \frac{M_{max}}{N}\frac{A}{W_c}$ і приймається не меншим за 0,5 M_{max}

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

Таблиця 1.6.1 - Розрахункове значення згинального моменту

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

M_{max} – найбільший згинальний момент, що діє у границях геометричної довжини стрижня;
M_1 – найбільший згинальний момент, що діє у границях середньої третини геометричної довжини стрижня і приймається не меншим за $0{,}5M_{max}$;
M_2 – згинальний момент, який приймається таким, що дорівнює значенню M при $m_{max} \leq 3{,}0$ і $\bar{\lambda} < 4{,}0$, але не меншим за $0{,}5M_{max}$.

Примітка 1. У формулах таблиці 1.6.1 значення m_{max} і $\bar{\lambda}$ слід визначати відповідно до площини згину, що збігається з площиною симетрії $x - x$ або $y - y$.

Примітка 2. Для стиснутих стрижнів із шарнірно обпертими кінцями, що мають суцільний переріз, симетричний відносно двох головних осей і на які діють згинальні моменти, значення приведеного відносного ексцентриситету m_{ef}, що використовується при визначенні коефіцієнта стійкості φ_e, необхідно приймати згідно з таблицею К.5 додатка К.

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

$$\frac{N}{c\varphi_y A R_y \gamma_c} \leq 1, \qquad (1.6.7)$$

де c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами 1.6.2.5;
φ_y – коефіцієнт стійкості при центральному стиску, що визначається відповідно до вимог 1.4.1.3.

1.6.2.5 Коефіцієнт c у формулі (1.6.7) слід визначати:

- при значеннях $m_x \leq 5$ за формулою

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

де α, β і ν – коефіцієнти, що визначаються за таблицею 1.6.1;

– при значеннях $m_x \ge 10$ за формулою

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

де φ_b – коефіцієнт стійкості при згині, що визначається відповідно до 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

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

де коефіцієнт c_5 необхідно визначати за формулою (1.6.8) при $m_x = 5$, а коефіцієнт c_{10} – за формулою (1.6.9) при $m_x = 10$;

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

При значеннях умовної гнучкості $\bar{\lambda}_y > 3{,}14$ коефіцієнт с не повинен перевищувати максимального значення c_{max}, що визначається згідно з додатком Л; у випадку, коли $c > c_{max}$, у формулах (1.6.7) і (1.6.12) замість c слід приймати c_{max}.

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

- максимального згинального моменту, який виникає в границях середньої третини геометричної довжини елемента, але не менше половини значення найбільшого згинального моменту, що діє по всій довжині - для елементів з кінцями, закріпленими від горизонтальних переміщень, спрямованих перпендикулярно до площини дії моменту;

- згинального моменту в опорному перерізі, але не менше за значення моменту в перерізі, віддаленому на третину довжини елемента від опори, - для елементів, защемлених в опорному перерізі та іншим вільним кінцем.

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

1.6.2.8 Позацентрово стиснуті елементи постійного по довжині перерізу, що згинаються у площині найменшої жорсткості $(I_y < I_x \text{ і } e_y \ne 0)$, слід розраховувати за формулою (1.6.3), а при значеннях гнучкості $\lambda_x > \lambda_y$ додатково перевіряти на втрату загальної стійкості із площини дії моменту як центрально-стиснуті елементи за формулою

$$\frac{N}{\varphi_x A R_y \gamma_c} \le 1, \qquad (1.6.11)$$

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

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

1.6.2.9 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих стрижнів постійного за довжиною перерізу (окрім коробчастого) при стиску та згині у двох головних площинах, коли площина найбільшої жорсткості $(I_x > I_y)$ збігається з площиною симетрії, а також для перерізу 3-го типу за таблицею 1.6.2, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{\varphi_{ey}\left(0{,}6\sqrt[3]{c}+0{,}4\sqrt[4]{c}\right) A R_y \gamma_c} \le 1, \qquad (1.6.12)$$

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

c – коефіцієнт, що визначається згідно з вимогами 1.6.2.5.

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

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

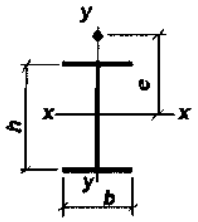
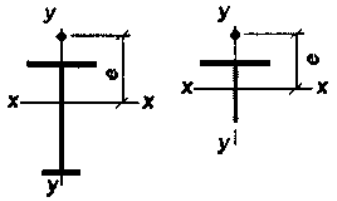
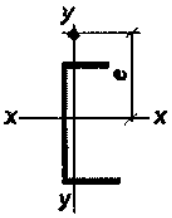
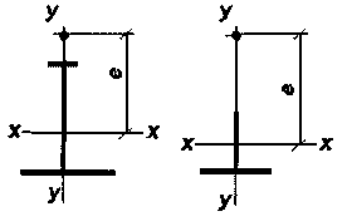
Значення відносних ексцентриситетів слід обчислювати за формулами:

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

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

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

Таблиця 1.6.2 - Значення коефіцієнтів α, β і ν

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

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

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

1.6.2.10 Розрахунок на стійкість суцільностінчастих елементів постійного по довжині коробчастого перерізу (рисунок 1.5.3 б), при стиску зі згином у двох головних площинах слід виконувати за формулами:

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

$$\frac{N}{\varphi_{ex} A R_y \gamma_c} + \frac{M_x}{c_y \delta_y W_{y,\min} R_y \gamma_c} \le 1; \qquad (1.6.15)$$

де $\varphi_{ex}, \varphi_{ey}$ – коефіцієнти стійкості при стиску зі згином, які обчислюються відповідно до додатка К;
c_x, c_y – коефіцієнти, що приймаються згідно з додатком Н;
δ_x, δ_y – коефіцієнти, які визначаються за формулами:

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

і приймаються такими, що дорівнюють 1,0 відповідно при $\lambda_x \le 1{,}0$ і $\lambda_y \le 1{,}0$.

Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів коробчастого перерізу при згині їх у площині найбільшої жорсткості ($I_x > I_y; M_y = 0$) слід виконувати за формулою (1.6.13), при цьому замість φ_{ey} приймають φ_y

1.6.3 Розрахунок на загальну стійкість елементів наскрізного перерізу

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

1.6.3.2 При розрахунку стрижня в цілому відносно вільної осі за формулою (1.6.5), коли планки і ґратки розміщені в площинах, паралельних площині дії моменту, коефіцієнт стійкості φ_e необхідно визначати за таблицею К.4 додатка К залежно від значення приведеної умовної гнучкості $\overline{\lambda}_{ef}$ (значення λ_{ef} визначають за таблицею 1.4.2) і відносного ексцентриситету m, що визначається за формулою

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

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

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

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

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

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

$N_{ad} = M_y / b$ – при згині елемента у площині, перпендикулярній до осі $y - y$, для 1- і 3-го типів перерізів (таблиця 1.4.2);

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

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

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

тут b, b_1, b_2 - відстані між осями гілок (таблиця 1.4.2).

Гнучкість окремих гілок між вузлами приймати за 1.4.2.4.

При згині стрижня наскрізного перерізу 2-го типу (таблиця 1.4.2) у двох площинах додаткове поздовжнє зусилля N_{ad} слід визначати за формулою

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

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

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

- при згині у площині, перпендикулярній до однієї з граней

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

– при згині у площині, паралельній одній із граней

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

де b **– відстань між осями поясів у площині грані;**

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

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

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

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

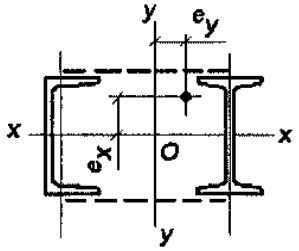


Рисунок 1.6.1 - Схема наскрізного перерізу стрижня з двома суцільностінчастими гілками

1.6.3.7 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 дію поперечної сили, значення якої дорівнює більшому з двох значень: фактичної поперечної сили Q чи умовної поперечної сили Q_{fic}, яка обчислюється відповідно до вимог 1.4.2.7.

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

1.6.4 Перевірка місцевої стійкості стінок і поясних листів

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

1.6.4.2 Місцеву 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 граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, які обчислюються за формулами таблиці 1.6.3.

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

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

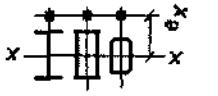
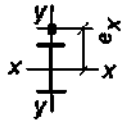
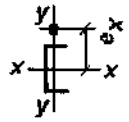
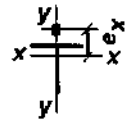
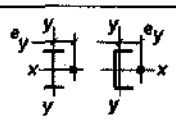
1.6.4.5 У випадках, коли не виконуються вимоги 1.6.4.2 (таблиця 1.6.3), допускається:

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

б) для перерізів 1-го і 3-го типів значення $\bar{\lambda}_{uw}$, обчислені за формулами (1.6.20), (1.6.21) і (1.6.23), збільшити множенням на коефіцієнт

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

Таблиця 1.6.3 - Гранична умовна гнучкість стінок

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	Умови застосування формул		Гранична умовна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_{uw}$
1-й		$1,0 \le m_x \le 10,0$ для двотавра $c\varphi_y > \varphi_{ex}$	$\bar{\lambda}_x < 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = \lambda_{uw1} = 1,3 + 0,15\bar{\lambda}_x^2$ (1.6.20)
			$\bar{\lambda}_x \ge 2,0$	$\bar{\lambda}_{uw} = \lambda_{uw1} = 1,2 + 0,35\bar{\lambda}_x \le 3,1$ (1.6.21)
2-й		$c\varphi_y \le \varphi_{ex}$; $1,0 \le \alpha \le 2,0$		$\bar{\lambda}_{uw} = \bar{\lambda}_{uw2} = 1,42\sqrt{\frac{c_{cr} R_y \gamma_c}{\sigma_1\left(2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2}\right)}} \le$ $\le 0,7 + 2,4\alpha$ (1.6.22)
3-й		$1,0 \le \alpha \le 2,0$		$\bar{\lambda}_{uw} = 0,75\bar{\lambda}_{uw2} \le 0,52 + 1,8\alpha$ (1.6.23)
4-й		$1,0 \le \frac{b_f}{h_{ef}} \le 2,0$; $0,8 \le \bar{\lambda}_x \le 4,0$		$\bar{\lambda}_{uw} = \left(0,4 + 0,07\bar{\lambda}_x\right)\left(1 + 0,25\sqrt{2,0 - \frac{b_f}{h_{ef}}}\right)$ (1.6.24)
5-й		$m_y \ge 1,0$		$\bar{\lambda}_{uw} = 2\sqrt{\frac{AR_y\gamma_c}{N}} \le 5,5$ (1.6.25)

$\bar{\lambda}_x$ – умовна гнучкість стрижня у площині дії моменту;
$\bar{\lambda}_{uw1}$ і $\bar{\lambda}_{uw1}$ – граничні умовні гнучкості стінки, обчислені для 1- і 2-го типів перерізів;
c_{cr} – коефіцієнт, що визначається за таблицею 1.5.7 залежно від значення α;
$\alpha = (\sigma_1 - \sigma_2)/\sigma_1$ (тут σ_1 – найбільше стискальне напруження біля розрахункової границі стінки, що приймається зі знаком "плюс" і обчислюється без урахування коефіцієнтів φ_{ex}, φ_{ey}, φ_{yc} і $\varphi_{ey}\sqrt[4]{c}$; σ_2 – відповідне напруження біля протилежної розрахункової границі стінки зі своїм знаком);
$\beta = 0,15c_{cr}\tau/\sigma_1$ (тут $\tau = Q/(t_w h_w)$ – усереднене дотичне напруження у розрахунковому перерізі; для коробчастого перерізу $\tau = Q/(2t_w h_w)$;
b_f – ширина полиці таврового перерізу 4-го типу.

Примітка 1. Для перерізів 1-го і 3-го типів при значеннях $0 < m_x < 1$ або $10 < m_x \le 20$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими згідно з вимогами 1.4.3.2 ($m_x = 0$) або 1.5.5.8 ($m_x = 20$) і за формулами (1.6.20) і (1.6.21) відповідно; при цьому значення N слід приймати таким, що дорівнює нулю, і виконувати розрахунок відповідно до 1.5.5.8, де при $c_{1x} \le 1,0$ приймати $\bar{\lambda}_{uw} = 5,5$.

Примітка 2. При $\alpha \le 0,5$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ для 2-го і 4-го типів перерізів слід визначити за формулами (1.6.20) і (1.6.21) при значенні $m_x = \alpha/(2-\alpha)$ з урахуванням примітки 1 до цієї таблиці. При $0,5 < \alpha < 1,0$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ необхідно визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими при $\alpha = 0,5$ і $\alpha = 1,0$.

Примітка 3. Для перерізів 4-го типу при $\bar{\lambda}_x < 0,8$ або $\bar{\lambda}_x > 4,0$ у формулі (1.6.24) слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x = 0,8$ або $\bar{\lambda}_x = 4,0$.

Примітка 4. Для перерізів 5-го типу при значеннях $0 < m_y < 1$ значення $\bar{\lambda}_{uw}$ необхідно визначати лінійною інтерполяцією між значеннями $\bar{\lambda}_{uw}$, обчисленими згідно з вимогами 1.4.3.2 ($m_y = 0$) і за формулою (1.6.25) відповідно.

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

в) для перерізів 1-го і 3-го типів, а також 2-го і 4-го типів при $\alpha \le 0,5$ виконувати

перевірку стійкості стрижня за формулами (1.6.3), (1.6.8), (1.6.11) (1.6.13) і (1.6.14), а також за формулою (1.6.5) при $\alpha \le 0{,}5$ з урахуванням розрахункової зменшеної площі перерізу стінки A_d, визначеної відповідно до додатка М.

1.6.4.6 Місцеву стійкість стиснутих поясних листів (полиць) позацснтрово стиснутих стрижнів слід вважати забезпеченою, якщо значення умовної гнучкості звису полиці $\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ чи поясного листа $\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{f,1}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ не перевищує відповідних значень граничної гнучкості $\bar{\lambda}_{uf}(\bar{\lambda}_{uf,1})$, які обчислюються за формулами таблиці 1.6.4.

1.6.4.7 У випадках, коли не виконуються вимоги 1.6.4.6 (таблиця 1.6.4), допускається:

а) значення $\bar{\lambda}_{uf}$ і $\bar{\lambda}_{uf,1}$, обчислені за формулами таблиці 1.6.4, збільшити відповідно до 1.6.4.5 а);

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

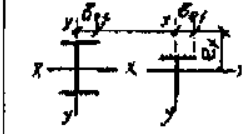
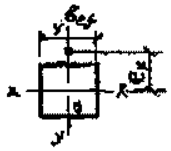
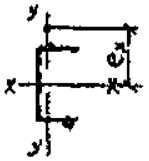
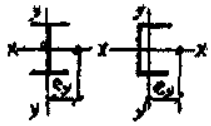
в) для перерізів 4-го типу значення $\bar{\lambda}_{uf}$, обчислені за формулою (1.6.30), збільшити множенням на коефіцієнт

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

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

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

Таблиця 1.6.4 - Гранична умовна гнучкість звису поясного листа (полиці)

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	Формули	Гранична умовна гнучкість звису полиці $\bar{\lambda}_{uf}$ чи поясного листа $\bar{\lambda}_{uf,1}$ за умовної гнучкості стрижня $0,8 \le \bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) \le 4,0$
1-й		$0 \le m_x \le 10$	$\bar{\lambda}_{uf} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01\left(1,5 + 0,7\bar{\lambda}_x\right) m_x$ (1.6.28)
2-й			$\bar{\lambda}_{uf,1} = \bar{\lambda}_{ufc} - 0,01\left(5,3 + 1,3\bar{\lambda}_x\right) m_x$ (1.6.28 а)
3-й		–	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda}_x$ (1.6.29)
4-й		–	$\bar{\lambda}_{uf} = 0,36 + 0,10\bar{\lambda}_y$ (1.6.30)

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

Примітка 1. При значеннях $10 < m_x \le 20$ 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 таблиці 1.6.4 і згідно з 1.5.5.14 і 1.5.5.15 (при $m_x = 20$), умовно приймаючи значення N таким, що дорівнює нулю.

Примітка 2. Для звисів поясних листів (полиць), обрамлених ребрами (рисунок 1.4.4), значення $\bar{\lambda}_{uf}$, які обчислюють за формулами таблиці 1.6.4, слід збільшити множенням на коефіцієнт 1,5.

Примітка 3. При значеннях при $\bar{\lambda}_x < 0,8$ або $\bar{\lambda}_x > 4,0$ у формулах таблиці 1.6.4 слід приймати відповідно $\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) = 0,8$ або $\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) = 4,0$.

1.7 Розрахунок опорних плит

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

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

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

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

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

1.8 Розрахунок опорних частин

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

$$\frac{F}{1{,}25rlR_{lp}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.8.1)$$

де F – тиск (сила) на опору;
r, l – відповідно радіус і довжина шарніра;
R_{lp} – розрахунковий опір місцевому зминанню при щільному дотиканні, що приймається за вимогами 1.3.1.

1.8.2 Розрахунок на діаметральний стиск котків необхідно виконувати за формулою

$$\frac{F}{ndlR_{cd}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.8.2)$$

де n – кількість котків;
d, l – відповідно діаметр і довжина котка;
R_{cd} – розрахунковий опір діаметральному стиску при вільному дотиканні, 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, в'язей і структурних конструкцій

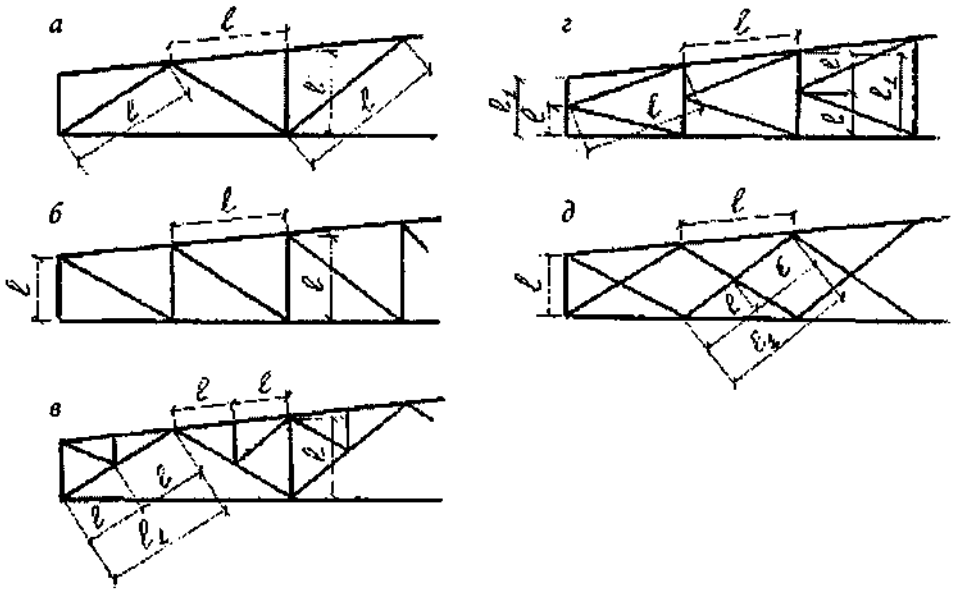
1.9.1.1 Розрахункові довжини $l_{ef}, l_{ef,1}$ стиснутих елементів конструкцій плоских ферм і в'язей у їх площині та з площини (рисунок 1.9.1 а, б, в, г), за винятком елементів, зазначених у 1.9.1.2 і 1.9.1.3, слід приймати за таблицею 1.9.1.

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

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

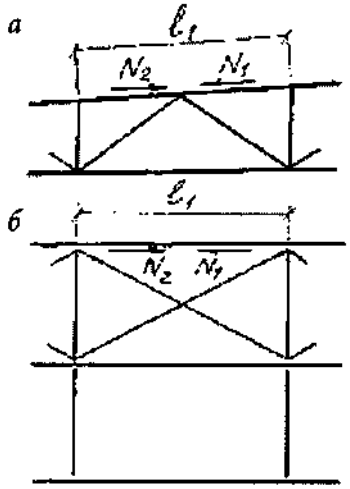
При цьому розрахунок загальної стійкості елемента слід виконувати на дію поздовжнього зусилля N_1.

Розрахункові довжини l_{ef} і елементів постійного за довжиною перерізу, розкріплених в'язями на ділянках однакової $l_{ef,1}$ довжини, в яких діють різні поздовжні зусилля, допускається визначати згідно з таблицею С1 додатка С.



а - трикутна зі стояками; б - розкісна; в - трикутна зі шпренгелями; г - напіврозкісна трикутна; д - хрестова

Рисунок 1.9.1 - Схема ґраток ферм для визначення розрахункових довжин стиснутих елементів



а - схема ферми; б - схема поперечних горизонтальних в'язей між фермами (вид зверху)

Рисунок 1.9.2 - Схема для визначення розрахункових довжин пояса ферми

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

- у площині ферми - такими, що дорівнюють відстані між центрами вузлів кріплення розкосу до пояса ферми і перетину елементів ґратки $(l_{ef} = l)$;

- з площини ферми: для стиснутих елементів - за таблицею 1.9.2; для розтягнутих елементів - такими, що дорівнюють відстані між вузлами кріплення елементів ґратки до

нижнього і до верхнього поясів ферми $(l_{ef,1} = l_1)$

Таблиця 1.9.1 - Розрахункові довжини елементів плоских ферм і в'язей

Напрямок поздовжнього згину елемента ферми	Розрахункові довжини l_{ef} і $l_{ef,1}$		
	поясів	опорних розкосів і опорних стояків	решти елементів ґраток
1. У площині ферми l_{ef}			
а) для ферм, окрім зазначених у поз. 1 б	l	l	0,8 l
б) для зварних ферм, елементи яких виконані з одиничних кутиків, і ферм із прикріпленням елементів ґратки до поясів впритул	l	l	0,9 l
2. У напрямку, перпендикулярному до площини ферми (з площини ферми) $l_{ef,1}$:			
а) для ферм, окрім зазначених у поз. 2 б	l_1	l_1	l_1
б) для ферм з поясами з замкнутих профілів із прикріпленням елементів ґратки до поясів впритул	l_1	l_1	0,9 l_1
3. У будь-якому напрямку для зварних ферм, елементи яких виконані з одиничних кутиків, при однакових відстанях між точками закріплення елементів у площині та з площини ферми $(l_{ef} = l_{ef,1})$	0,85 l	l	0,85 l
l – геометрична довжина елемента (відстань між центрами найближчих вузлів) у площині ферми; l_1 – 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 $l_{ef,1}$ із площини ферми при підтримувальному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва елементи не перериваються	l	0,7 l_1	l_1
Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою:			
– розглядуваний елемент не переривається	0,7 l_1	l_1	1,4 l_1
– розглядуваний елемент переривається і перекривається фасонкою	0,7 l_1	–	–
l – відстань між центрами вузлів кріплення елемента ґратки до пояса ферми і перетину елементів; l_1 – відстань між вузлами кріплення елемента ґратки до нижнього і до верхнього поясів ферми.			

1.9.1.4 Радіус інерції і перерізів елементів із одиночних кутиків при визначенні гнучкості слід приймати таким, що дорівнює:

-мінімальному радіусу інерції - $(i = i_{min})$ при розрахунковій довжині елемента, не меншій за 0,85l (де l- відстань між центрами найближчих вузлів);

- радіусу інерції кутика відносно його осі, що проходить перпендикулярно або паралельно площині ферми $(i = i_x$ або $i = i_y)$, залежно від орієнтації площини згину ферми - у

решті випадків.

1.9.1.5 Розрахункові довжини елементів структурних конструкцій слід приймати за таблицею 1.9.3.

Радіуси інерції перерізів і елементів структурних конструкцій при визначенні гнучкості слід приймати таким, що дорівнюють:

- радіусу інерції кутика відносно його осі, що проходить перпендикулярно або паралельно площині ферми $(i = i_x \text{ або } i = i_y)$ - для стиснутих елементів, що сприймають позавузлове поперечне навантаження;

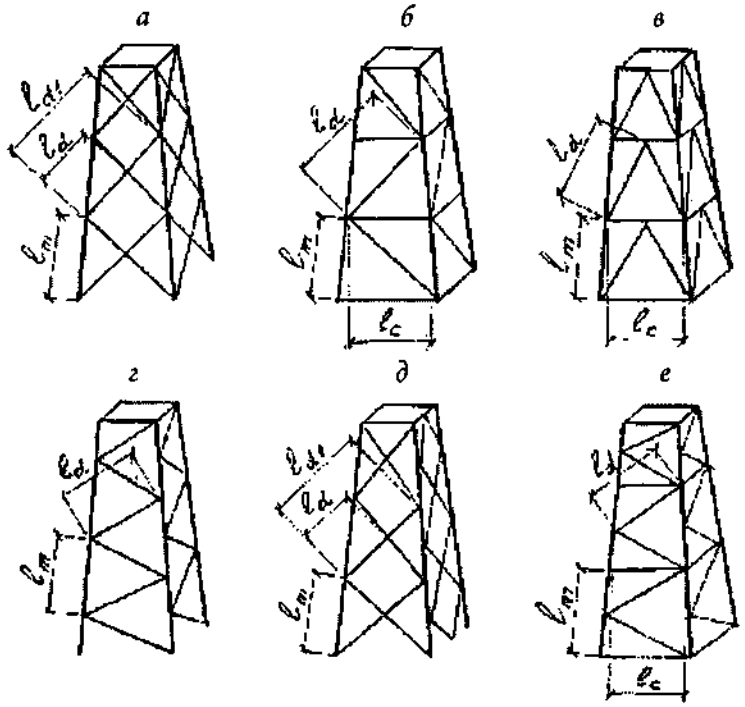
- мінімальному радіусу інерції $(i = i_{min})$ - у решті випадків.

Таблиця 1.9.3 - Розрахункові довжини елементів структурних конструкцій

Елементи структурних конструкцій	Розрахункова довжина l_{ef}
1. Окрім зазначених у поз. 2 і 3	l
2. Нерозрізні (що не перериваються у вузлах) пояси, а також елементи поясів і ґраток, що прикріплюються у вузлах зварюванням впритул до кульових або циліндричних вузлових елементів	$0,85l$
3. З одиночних кутиків, що прикріплюються у вузлах однією полицею:	
а) зварними швами або болтами (не менше ніж двома), розміщеними вздовж елемента, при l / i_{min}:	
- до 90 включно;	l
- понад 90 до 120 включно;	$0,90l$
- понад 120 до 150 включно (лише для елементів ґратки);	$0,75l$
- понад 150 до 200 включно (лише для елементів ґратки);	$0,70l$
б) одним болтом при l / i_{min}:	
- до 90 включно;	l
- понад 90 до 120 включно;	$0,95l$
- понад 120 до 150 включно (лише для елементів ґратки);	$0,85l$
- понад 150 до 200 включно (лише для елементів ґратки)	$0,80l$
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 і радіуси інерції перерізів *i* стиснутих і ненавантажених елементів просторових конструкцій (рисунок 1.9.3), виконаних з одиночних рівнополичкових кутиків при визначенні гнучкості, слід приймати за таблицею 1.9.4 з урахуванням таблиці 1.9.5 і 1.9.6.



а, б, в - суміщені; г, д - не суміщені; е - частково суміщені (познаки - див. таблиці 1.9.4 і 1.9.5)

Рисунок 1.9.3 - Схеми просторових ґратчастих конструкцій із вузлами в суміжних гранях

1.9.2.2 Розрахункові довжини і радіуси інерції стиснутих елементів, виконаних з одиничних рівнополичкових кутиків, при визначенні гнучкості слід приймати:

- для поясів - за таблицею 1.9.4;

- для розкосів хрестової ґратки за рисунком 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_{d1} і радіусу інерції i_x відносно осі, паралельної площині грані;

- для розкосів за рисунком 1.9.3 а, в, г, д, е - такими, що дорівнюють довжині l_d і радіусу інерції i_{min}

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

Елементи просторових конструкцій	l_{ef}	i
Пояси:		
– за рисунком 1.9.3 а, б, в	l_m	i_{min}
– за рисунком 1.9.3 г, д	0,73 l_m	i_{min}
– за рисунком 1.9.3 е	0,64 l_m	i_{min}
Розкоси:		
– за рисунком 1.9.3 а, д	$\mu_d l_{dc}$	i_{min}
– за рисунком 1.9.3 б, в, г, е	$\mu_d l_d$	i_{min}
Розпірки:		
– за рисунком 1.9.3 б, е	0,80 l_c	i_{min}
– за рисунком 1.9.3 в	0,73 l_c	i_{min}

l_{dc} – умовна довжина, що приймається за таблицею 1.9.5;
μ_d – коефіцієнт розрахункової довжини, що приймається за таблицею 1.9.6.
Примітка. Розкоси за рисунком 1.9.3 а, д в точках перетину повинні бути скріплені між собою зварними або болтовими з'єднаннями.

Таблиця 1.9.5 - Умовні довжини елементів просторових конструкцій

Конструкція вузла перетину елементів ґратки	Умовна довжина розкосу l_{dc} при підтримувальному елементі		
	розтягнутому	непрацюючому	стиснутому
Обидва стрижні не перериваються	l_d	1,3 l_d	0,8 l_{d1}
Підтримувальний елемент переривається і перекривається фасонкою; розглядуваний елемент не перекривається:			
– у конструкціях за рисунком 1.9.3 а	1,3 l_d	1,6 l_d	l_{d1}
– у конструкціях за рисунком 1.9.3 д	$(1,75 - 0,15n)l_d$	$(1,9 - 0,1n)l_d$	l_{d1}
Вузол перетину елементів закріплений від горизонтального переміщення з площини грані (діафрагмою тощо)	l_d	l_d	l_{d1}

$n = \frac{I_{m,min} l_d}{I_{d,min} l_m}$, де $I_{m,min}$ і $I_{d,min}$ – найменші моменти інерції поперечного перерізу відповідно пояса і розкосу.
Примітка. При $n < 1$ або $n < 3$ у формулах таблиці слід приймати відповідно $n = 1$ або $n = 3$.

Таблиця 1.9.6 - Коефіцієнти розрахункової довжини розкосу

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

n – див. таблицю 1.9.5;

l – довжина, яка приймається такою, що дорівнює: l_d – для розкосів за рисунком 1.9.3 б, в, г, е; l_{dc} за таблицею 1.9.5 – для розкосів за рис. 1.9.3 а і 1.9.3 д.

Примітка 1. Значення коефіцієнта μ_d при $2 \le n \le 6$ слід визначати за допомогою лінійної інтерполяції.

Примітка 2. У випадку, коли один кінець розкосу прикріплюється до пояса без застосування фасонки за допомогою зварних або болтових з'єднань, а другий кінець – через фасонку, коефіцієнт розрахункової довжини розкосу слід приймати таким, що дорівнює $0,5(1+\mu_d)$; при прикріпленні обох кінців розкосу до поясів через фасонки – $\mu_d = 1,0$.

Примітка 3. Кінці розкосів за рисунком 1.9.3 в слід прикріплювати, як правило, без застосування фасонок. У цьому випадку при їх прикріпленні до розпорки і пояса за допомогою зварних швів або не менше ніж двох болтів, розмішених вздовж довжини розкосу, значення коефіцієнта μ_d слід приймати як при $n < 2$. У випадку прикріплення кінців розкосу одним болтом значення коефіцієнта μ_d приймають за цією таблицею, а при обчисленні значення l_{ef} згідно з таблицею 1.9.4 замість значення μ_d приймають значення $0,5(1+\mu_d)$.

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

1.9.3 Розрахункові довжини колон (стояків)

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

$$l_{ef} = \mu l, \tag{1.9.2}$$

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

μ – коефіцієнти розрахункової довжини.

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

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

При визначенні коефіцієнтів розрахункової довжини колон (стояків) рам необхідно розрізняти розкріплені (невільні) і нерозкріплені (вільні) рами. У першому випадку вузли

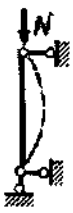
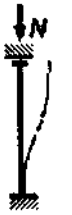
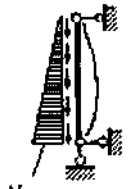
кріплення ригелів до колон закріплені від горизонтальних переміщень у площині рами; у другому випадку -не закріплені від таких переміщень.

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

1.9.3.3 Коефіцієнти розрахункової довжини μ колон (стояків) постійного за довжиною перерізу слід визначати залежно від умов закріплення їх кінців і виду навантаження. Для деяких випадків опорного закріплення і виду навантаження значення коефіцієнта μ наведені в таблиці 1.9.7.

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

Таблиця 1.9.7 - Коефіцієнти розрахункової довжини стояків

Схема опорного закріплення колон (стояків) 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 за довжиною перерізу у площині вільних і невільних рам при жорсткому спряженні ригелів з колонами і при однаковому завантаженні розміщених в одному рівні вузлів слід визначати за формулами таблиці 1.9.8.

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

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

Таблиця 1.9.8 - Формули для визначення коефіцієнта розрахункової довжини колон рам

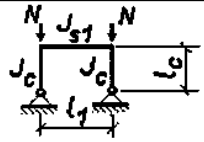
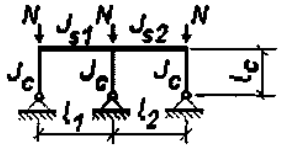
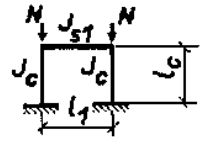
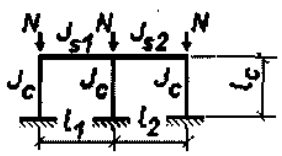
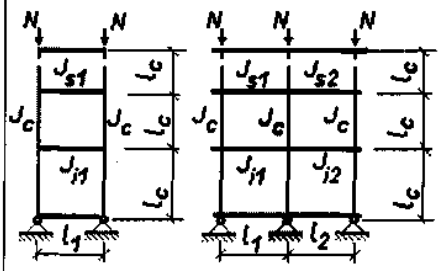
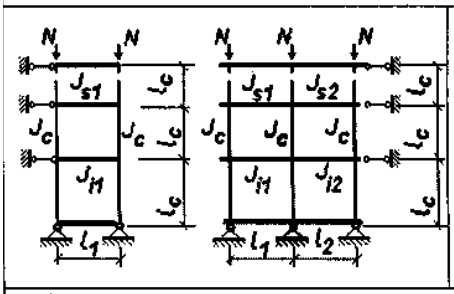
Схема рами	Коефіцієнт у формулах (1.9.3) – (1.9.7)		Коефіцієнт μ
	p	n	
Вільні рами			
	$p = 0$	$\frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}$	$\mu = 2\sqrt{1+\frac{0,38}{n}}$ (1.9.3)
		$\frac{k(n_1+n_2)}{k+1}$	
	$p = \infty$	$\frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}$	$\mu = \sqrt{\frac{n+0,56}{n+0,14}}$ (1.9.4)
		$\frac{k(n_1+n_2)}{k+1}$	
	Верхній поверх $\frac{k(p_1+p_2)}{k+1}$ $\frac{2k(n_1+n_2)}{k+1}$ Середній поверх $\frac{k(p_1+p_2)}{k+1}$ $\frac{k(n_1+n_2)}{k+1}$ Нижній поверх $\frac{2k(p_1+p_2)}{k+1}$ $\frac{k(n_1+n_2)}{k+1}$		При $n \le 0,2$ $\mu = \frac{(p+0,68)\sqrt{n+0,22}}{\sqrt{0,68p(p+0,9)(n+0,08)+0,1n}}$; (1.9.5) при $n > 0,2$ $\mu = \frac{(p+0,63)\sqrt{n+0,28}}{\sqrt{pn(p+0,9)+0,1n}}$ (1.9.6)

Схема рами	Коефіцієнт у формулах (1.9.3) – (1.9.7)		Коефіцієнт μ
	p	n	
Невільні рами			
	Верхній поверх $0,5(p_1+p_2)$ n_1+n_2 Середній поверх $0,5(p_1+p_2)$ $0,5(n_1+n_2)$ Нижній поверх p_1+p_2 $0,5(n_1+n_2)$		$\mu = \sqrt{\frac{1+0,46(p+n)+0,18pn}{1+0,93(p+n)+0,71pn}}$ (1.9.7)

$I_{s1}, I_{s2}, I_{i1}, I_{i2}$ – моменти інерції розрахункових перерізів ригелів, які прилягають відповідно до верхнього і нижнього кінців колони, що перевіряється;

I_c, l_c – відповідно момент інерції розрахункового перерізу і геометрична довжина колони, яка перевіряється;

l_1, l_2 – прольоти рами; k – кількість прольотів;

$n_1 = \frac{I_{s1}l_c}{I_c l_1}$; $n_2 = \frac{I_{s2}l_c}{I_c l_2}$; $p_1 = \frac{I_{i1}l_c}{I_c l_1}$; $p_2 = \frac{I_{i2}l_c}{I_c l_2}$.

Примітка 1. Для крайньої колони вільної багатопрольотної рами коефіцієнт μ слід визначати при значеннях p і n, прийнятих як для колон однопрольотної рами.

Примітка 2. Для однопрольотної багатоповерхової рами при обчисленні p_2 і n_2 у формулах (1.9.5) – (1.9.7) слід приймати $p_2 = n_2 = 0$.

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

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

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

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

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

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

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

- не враховувати впливу ступеня завантаження і жорсткості сусідніх колон;

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

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

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

1.9.3.11 Розрахункову довжину гілок плоских опор транспортерних галерей

рекомендується приймати такою, що дорівнює:

- у поздовжньому напрямку галереї (з площини опори) - висоті опори (від низу бази до осі нижнього пояса ферми або балки), помноженій на коефіцієнт μ, визначений як для стояків постійного за довжиною перерізу залежно від умов закріплення їх кінців;

- у поперечному напрямку галереї (в площині опори) - відстані між центрами вузлів; при цьому повинна бути перевірена загальна стійкість опори в цілому як консольного стрижня наскрізного перерізу, защемленого в основі.

1.9.4 Граничні гнучкості елементів

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

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

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

Таблиця 1.9.9 - Граничні гнучкості при стиску

Елементи конструкцій	Гранична гнучкість стиснутих елементів $\bar{\lambda}_u$
1 Пояси, опорні розкоси і стояки, що передають опорні реакції: а) плоских ферм, структурних конструкцій і просторових конструкцій із труб або парних кутиків заввишки до 50 м б) просторових конструкцій з одиночних кутиків, а також просторових конструкцій із труб і парних кутиків заввишки понад 50 м	180-60α 120
2 Елементи, окрім зазначених у поз. 1 і 7: а) плоских ферм, зварних просторових і структурних конструкцій із одиночних кутиків, просторових і структурних конструкцій із труб і парних кутиків б) просторових і структурних конструкцій із одиночних кутиків з болтовими з'єднаннями	210 - 60α 220 - 40α
3 Верхні пояси ферм, не закріплені у процесі монтажу (граничну гнучкість після завершення монтажу слід приймати за поз.1)	220
4 Основні колони	180 - 60α
5 Другорядні колони (стояки фахверка, ліхтарів тощо), елементи ґратки колон, елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче балок кранових колій)	210-60α

Кінець таблиці 1.9.9

Елементи конструкцій	Гранична гнучкість стиснутих елементів $\bar{\lambda}_u$
6 Елементи в'язей, окрім зазначених у поз. 5, а також стрижні, призначені для зменшення розрахункової довжини стиснутих елементів, та інші ненавантажені елементи, окрім зазначених у поз. 7	200
7 Стиснуті і навантажені елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізу, що підлягають дії вітрових навантажень, при перевірці гнучкості у вертикальній площині	150
$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}$ - коефіцієнт, який приймається не меншим ніж 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 поїздів
1 Пояси і опорні розкоси плоских ферм (включаючи гальмові ферми) і структурних конструкцій	250	400	250
2 Елементи ферм і структурних конструкцій, окрім зазначених у поз. 1	350	400	300
3 Нижні пояси балок і ферм кранових колій	-	-	150
4 Елементи вертикальних в'язей між колонами (нижче кранової колії)	300	300	200
5 Інші елементи в'язей	400	400	300
6 Пояси і опорні розкоси стояків 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, окрім зазначених у поз. 6 і 8	350	-	-
8 Елементи просторових конструкцій таврового і хрестового перерізів (а в тягах траверс опор ліній електропередачі - з одиночних кутиків), що підлягають впливу вітрових навантажень, при перевірці гнучкості у вертикальній площині	150	-	-
Примітка 1. У конструкціях, що не підлягають динамічним впливам, гнучкість розтягнутих елементів слід перевіряти лише у вертикальних площинах.			
Примітка 2. Для елементів в'язей, у яких прогин під дією власної ваги не перевищує $l/150$, при дії на конструкцію статичних навантажень допускається приймати $\bar{\lambda}_u$=500.			
Примітка 3. Гнучкість розтягнутих попередньо напружених елементів не обмежується.			

Кінець таблиці 1.9.10

Примітка 4. Для розтягнутих елементів, в яких може змінюватись знак зусилля, граничну гнучкість слід приймати як для стиснутих елементів, при цьому з'єднувальні прокладки в елементах складеного перерізу необхідно встановлювати з кроком, що не перевищує $40i$
Примітка 5. За наявності мостових опорних кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К значення граничної гнучкості слід приймати відповідно до ГОСТ 25546.
Примітка 6. Для нижніх поясів балок ферм кранових колій при кранах груп режимів роботи 1К - 6К допускається приймати λ_u=200.
Примітка 7. До динамічних навантажень, прикладених безпосередньо до конструкції, належать навантаження, які приймаються в розрахунках на витривалість або з урахуванням коефіцієнтів динамічності.

1.10 Розрахунок листових конструкцій

1.10.1 Розрахунок на міцність

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

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

де σ_x і σ_y – нормальні напруження у двох взаємно перпендикулярних напрямках;
γ_c – коефіцієнт умов роботи конструкцій, який призначається згідно з таблицею 1.1.1 цих Норм.

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

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

$$\sigma_1=\frac{F}{2\pi rt\cos\beta}; \qquad (1.10.2)$$

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

де σ_1 і σ_2 – відповідно меридіальне і кільцеве напруження;
F – проекція на вісь $z-z$ оболонки повного розрахункового тиску, що діє на частину оболонки *abc* (рисунок 1.10.1);
r, β – радіус і кут, показані на рисунку 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.

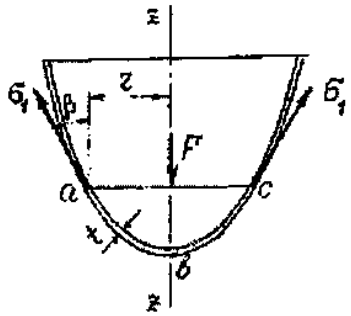


Рисунок 1.10.1 – Схема оболонки обертання

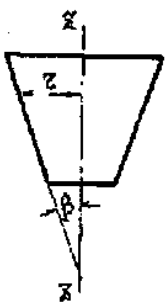


Рисунок 1.10.2 – Схема конічної оболонки

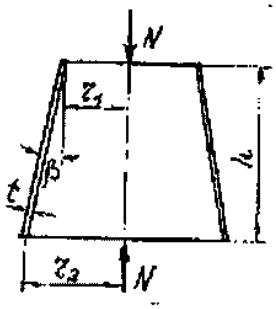


Рисунок 1.10.3 – Схема конічної оболонки обертання під дією поздовжнього зусилля стиску

1.10.1.3 Напруження у стиснутих безмоментних тонкостінних оболонках обертання, що перебувають під внутрішнім рівномірним тиском, слід визначити за формулами: - для циліндричних:

$$\sigma_1 = \frac{\rho r}{2t}; \sigma_2 = \frac{\rho r}{t}; \tag{1.10.4}$$

- для сферичних:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{\rho r}{2t}; \tag{1.10.5}$$

- для конічних:

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

де ρ – розрахунковий внутрішній тиск на одиницю поверхні оболонки;
r – радіус середньої поверхні оболонки;
β – кут між твірною конуса і його віссю $z - z$ (рисунок 1.10.1).

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

1.10.2 Розрахунок на стійкість

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

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr,1}\gamma_c} \le 1, \tag{1.10.7}$$

де σ_1 – розрахункове напруження в оболонці;
$\sigma_{cr,1}$ – критичне напруження, що дорівнює:
– при $r/t \le 300$ – меншому із значень ψR_y чи cEt/r;
– при $r/t > 300$ – $\sigma_{cr,1} = cEt/r$;
тут r – радіус серединної поверхні оболонки;
t – товщина оболонки.
Значення коефіцієнтів ψ при $0 < r/t \le 300$ слід визначити за формулою

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

Значення коефіцієнта c слід визначати за таблицею 1.10.1.

Таблиця 1.10.1 - Коефіцієнт c для розрахунку оболонок на стійкість

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

У випадку позацентрового стиску у паралельному до твірної напрямку або в разі чистого згину в діаметральній площині при значеннях дотичних напружень у розрахунковому перерізі, де діє найбільший згинальний момент, що не перевищують значення $0,07E(t/r)^{3/2}$, напруження $\sigma_{cr,1}$ повинно бути збільшене в $(1,1-0,1\sigma_2'/\sigma_1)$ разів, де σ_2' - найменше напруження (при цьому напруження розтягу необхідно приймати зі знаком "мінус").

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

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

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

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

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

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

- при розрахунковому напруженні $\sigma=R_y$:

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

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

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

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

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.10.12)$$

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

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

– при $0{,}5 \le l / r \le 10$:

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

– при $l / r \ge 20$:

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

де l – довжина циліндричної оболонки.

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

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

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

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

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

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

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

1.10.2.6 Розрахунок на стійкість конічної оболонки обертання з кутом конусності $\beta \le 60°$, стиснутої поздовжньою силою N вздовж осі (рисунок 1.10.3), слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{N_{cr}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.10.16)$$

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

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

тут t – товщина оболонки;

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

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

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

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr,2}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.10.19)$$

тут $\sigma_2 = \rho_{rm} / t$ – розрахункове кільцеве напруження в оболонці;

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

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

де r_m – радіус, що визначається за формулою (1.10.18);

h – висота конічної оболонки (між основами).

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

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

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

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

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.10.22)$$

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

$\sigma_{cr} = 0{,}1 E t / r$ – критичне напруження, що приймається не більшим за значення R_y;

тут r – радіус серединної поверхні сферичної оболонки.

1.10.3 Основні вимоги до розрахунку сталевих мембранних конструкцій

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

1.10.3.2 При розрахунку мембранних конструкцій обпирання кромок мембрани на

пружні елементи контуру слід вважати шарнірним вздовж лінії обпирання і спроможним передавати зсув на елементи контуру.

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

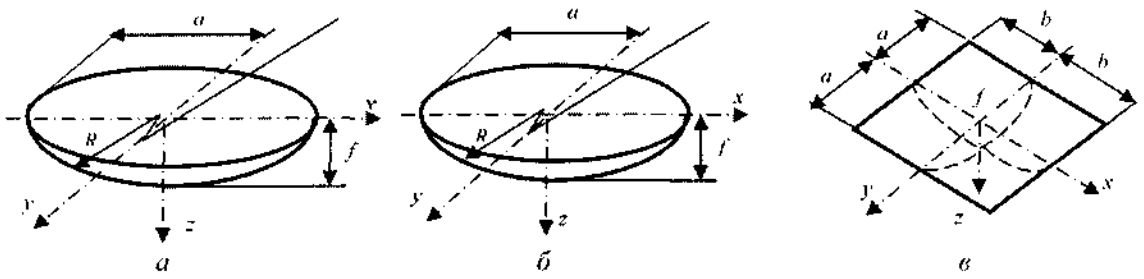
1.10.3.4 Товщина мембрани визначається розрахунком відповідно до вимог 1.10.1.1 з урахуванням можливих відхилень товщини і міцнісних характеристик тонколистового прокату від характеристичних значень, нормованих розмірів геометричних недосконалостей, обумовлених застосуванням прийнятого методу монтажу. При розрахунку прольотної 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

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

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

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



а - на круглому плані, б - на овальному плані, в - на прямокутному плані

Рисунок 1.10.4 - Геометрія поверхні оболонки позитивної гаусової кривини

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

1.10.3.5 Нормальні та дотичні напруження, розподілені по краях мембрани, слід

вважати урівноваженими стиском і згином опорного контуру в тангенціальній площині.

При розрахунку опорних елементів контуру мембранних конструкцій слід враховувати:

- згин у тангенціальній площині;

- осьовий стиск в елементах контуру;

- стиск, обумовлений дотичними напруженнями, спрямованими вздовж лінії контакту мембрани з елементами контуру;

- вигин у вертикальній площині.

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

План	Контур	Зона	Ділянка зони	Значення $\gamma_{c(g)}$ для $\Delta\bar{z}$		
				0,02 f	0,04f	0,08 f
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)
		Центральна	Усі	0,97 (0,97)	0,91 (0,94)	0,86 (0,90)
	Жорсткий	Приконтурна	Кутова	0,96 (0,97)	0,93 (0,95)	0,65 (0,75)
			Інші	0,96 (0,97)	0,75 (0,82)	0,60 (0,70)
		Периферійна	На відстані a/4	0,93 (0,95)	0,9 (0,94)	0,65 (0,75)
			Інші	0,96 (0,97)	0,85 (0,90)	0,70 (0,80)
		Центральна	Усі	0,98 (0,99)	0,92 (0,94)	0,60 (0,70)
План	Контур	Зона		Значення $\gamma_{c(g)}$ для $\Delta\bar{z}$		
				0,00027R	0,00038R	0,00107R
Круглий	Нерухомий	Приконтурна		0,99 (0,99)	0,98 (0,99)	0,98 (0,98)
		Периферійна		0,95 (0,96)	0,94 (0,95)	0,91 (0,94)
		Центральна		0,77 (0,83)	0,75 (0,82)	0,72 (0,80)
	Піддатливий	Приконтурна		1,08 (1,06)	1,07 (1,05)	0,99 (1,01)
		Периферійна		1,05 (1,04)	1,00(1,00)	0,92 (0,95)
		Центральна		1,07(1,05)	0,96 (0,97)	0,83 (0,88)

$\Delta\bar{z}$ - середній розмір відхилень від проектної геометрії;
f - початкова стріла провисання (рисунок 1.10.4);
R - початковий радіус кривизни поверхні для покриттів на круглому та овальному плані рисунка 1.10.4 а, б;
a - характерний розмір плану оболонки (рисунок 1.10.4).
Примітка. Значення у дужках наведені для сталі класу С345 згідно з ГОСТ 27772.

1.10.3.6 При прикріпленні мембрани з ексцентриситетом відносно центра ваги перерізу елементів опорного контуру в розрахунку останнього, окрім факторів, зазначених у

1.10.3.5, необхідно враховувати кручення.

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

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

1.11 Розрахунок елементів сталевих конструкцій на витривалість

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

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

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

Для конструкцій висотних споруд (типу антен, димових труб, щогл, башт тощо) і підйомно-транспортних споруд, опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільних пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ) при розрахунку на витривалість слід враховувати зміну напружень, яка відбувається при коливаннях конструкції впоперек напрямку вітрового потоку в режимах вітрового резонансу.

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

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

1.11.2 Розрахунок сталевих конструкцій на витривалість виконується у формі оцінювання довговічності Т (строку служби), за якої виконується умова міцності, записана у вигляді

$$a_T \le 1, \qquad (1.11.1)$$

де a_T – накопичене пошкодження від утомленості за строк 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 і-й типовий проектний режим навантаження задається:

- середнім значенням циклічних напружень з амплітудою $\sigma_{a,i}$ у розрахунковому перерізі;

- мінімальним $\sigma_{\min,i}$ і максимальним $\sigma_{\max,i}$ рівнями напружень у розрахунковому перерізі;

- коефіцієнтом асиметрії напружень $\rho_i = \sigma_{\min,i} / \sigma_{\max,i}$;

- кількістю циклів цих напружень n_i.

Амплітудні напруження циклу зв'язані з мінімальними і максимальними напруженнями циклу співвідношенням $2\sigma_{a,i} = \sigma_{\max,i} - \sigma_{\min,i}$

У випадку відсутності даних з проектної історії навантаження значення σ_i допускається визначати за формулою

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

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

σ_{cm} – найбільше за абсолютним значенням напруження у розрахунковому перерізі, обчислене за перерізом нетто і без урахування коефіцієнтів динамічності і коефіцієнтів, які використовуються при розрахунках на стійкість.

1.11.4 Накопичене пошкодження від утомності a_T за час T визначається за формулою

$$a_T = \sum_{i=1}^{l} \frac{n_i}{N_i}, \qquad (1.11.3)$$

де l – кількість типових режимів;

N_i – гранично-допустима кількість циклів при напруженнях з амплітудою $\sigma_{a,i}$, які обчислюються за формулою

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

R_ρ – розрахункова границя витривалості розрахункового перерізу, яка визначається за 1.11.5;

A_ρ і B_ρ – параметри, що визначаються за таблицею У2 додатка У.

В розрахунок приймаються всі значення напружень з амплітудою $\sigma_{a,i}$, які відповідають нерівності $2\sigma_{a,i} / (1-\rho_i) > R_\rho$.

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

Значення границі витривалості R_ρ для груп елементів за таблицею У.3 додатка У визначається формулою

$$R_p = \frac{2\sigma_{-1}}{2 - D_N'(1+\rho)}\left(1 - 1{,}63\frac{S_{\sigma_{-1}}}{\sigma_{-1}}\right). \qquad (1.11.5)$$

Значення параметрів у формулі (1.11.5) приймаються:
σ_{-1} і D_N – за таблицею У.4 додатка У;
$S_{\sigma_{-1}}$ – за таблицею У.5. додатка У.

1.12 Проектування з'єднань сталевих конструкцій

1.12.1 Зварні з'єднання

1.12.1.1 При проектуванні сталевих конструкцій зі зварними з'єднаннями слід:

- застосовувати мінімально необхідну кількість зварних швів і призначати їх мінімальні розміри;

- забезпечувати вільний доступ до місць виконання зварних з'єднань з урахуванням вибраного виду і технології зварювання.

1.12.1.2 Основні типи, конструктивні елементи і розміри зварних з'єднань слід приймати згідно з ГОСТ 5264, ГОСТ 8713, ГОСТ 11533, ГОСТ 11534, ГОСТ 14771,ГОСТ 14776, ГОСТ 23518.

1.12.1.3 При виборі електродів чи зварювального дроту рекомендується враховувати групи конструкцій, наведені в додатку В.

1.12.1.4 Зварні стикові з'єднання листових деталей рекомендується, як правило, проектувати прямими з повним проваром, із застосуванням вивідних планок, які виготовляються з того самого прокату, що й основний метал. У монтажних умовах допускається одностороннє зварювання з підварюванням кореня шва. Зварювання на сталевій підкладці, що залишається, може бути застосоване тільки для конструкцій 3-ї і 4-ї груп.

1.12.1.5 Розміри зварних кутових швів і конструкція з'єднання повинні задовольняти такі вимоги:

а) катет кутового шва k_f (рисунок 1.12.1) повинен задовольняти вимоги розрахунку і бути, як правило, не меншим за зазначений у таблиці 1.12.1;

- катет шва у тавровому двосторонньому, а також у напустковому і кутовому з'єднаннях допускається приймати меншим за вказаний у таблиці 1.12.1, але не меншим за 4 мм, при цьому розміри шва повинні забезпечувати його несучу здатність, що визначається розрахунком. Виробничим контролем повинна бути установлена відсутність дефектів, у тому числі технологічних тріщин;

б) катет кутового шва k_f (рисунок 1.12.1а) не повинен перевищувати $1{,}2t$, де t - найменша з товщин зварюваних елементів;

- катет шва, прокладений вздовж закругленої кромки фасонного прокату товщиною t,

як правило, не повинен перевищувати $0,9t$;

в) розрахункова довжина кутового шва повинна бути не меншою за $4k_f$ і не меншою ніж 40 мм;

г) режим зварювання слід обирати так, щоб форма шва (рисунок 1.12.1б, в) задовольняла такі умови: для кутового шва - $b/h \geq 1,3$; для стикового однопрохідного шва - $b/h \geq 1,5$;

д) розрахункова довжина флангового шва повинна бути не більшою ніж $85\beta_f k_f$ за винятком швів, у яких зусилля діє вздовж усієї довжини шва (тут β_f - коефіцієнт, що приймається за таблицею 1.12.2);

е) розмір напустку повинен бути не менше ніж п'ять товщин найтоншого із зварюваних елементів;

ж) співвідношення розмірів катетів кутових швів слід приймати, як правило, 1:1; при різних товщинах зварюваних елементів допускається приймати шви з неоднаковими катетами; при цьому, катети, що прилягають до тоншого елемента у з'єднанні, повинні задовольняти вимоги 1.12.1.5 б), а катети, що прилягають до товстішого елемента у з'єднанні, - вимоги 1.12.1.5 а);

з) у зварних стиках елементів, що перекриваються накладками, флангові кутові шви слід не доводити до осі стику не менше ніж на 25 мм;

і) у конструкціях 1 -ї і 2-ї груп кутові шви слід, як правило, виконувати без підсилення з плавним переходом до основного металу;

к) зварні стики з накладками слід виконувати за рисунком 1.12.2 а;

л) відстань між паралельними зварними з'єднаннями елементів конструкцій слід встановлювати не меншою за 10δ і 100 мм, де δ - товщина деталі; приварювання ребер жорсткості і елементів ґратчастих конструкцій необхідно виконувати відповідно до рисунка 1.12.2 б.

1.12.1.6 При проектуванні зварних з'єднань у конструкціях, що сприймають рухомі, динамічні чи вібраційні навантаження, поряд із урахуванням вимог розділу 11 цих Норм, як правило, слід:

- уникати перетинів зварних швів, розміщення їх у безпосередній близькості один від одного, від місцевої зміни форми і розмірів перерізу, від зон згину, продавлених отворів і вільних кромок, утворених гільйотинним різанням;

- кутові шви виконувати з плавним переходом до основного металу;

- флангові кутові шви, що прикріплюють елементи ґратки до фасонок, виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

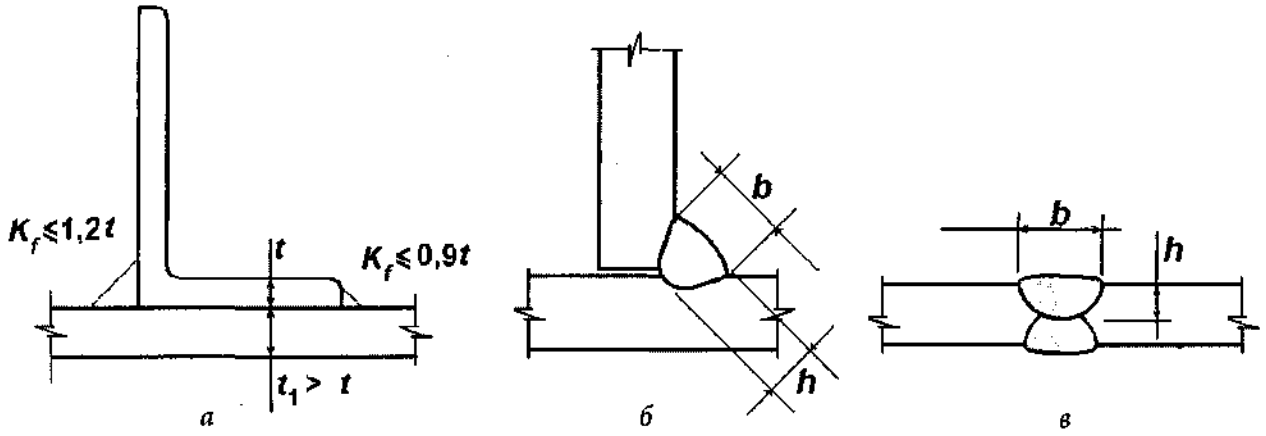
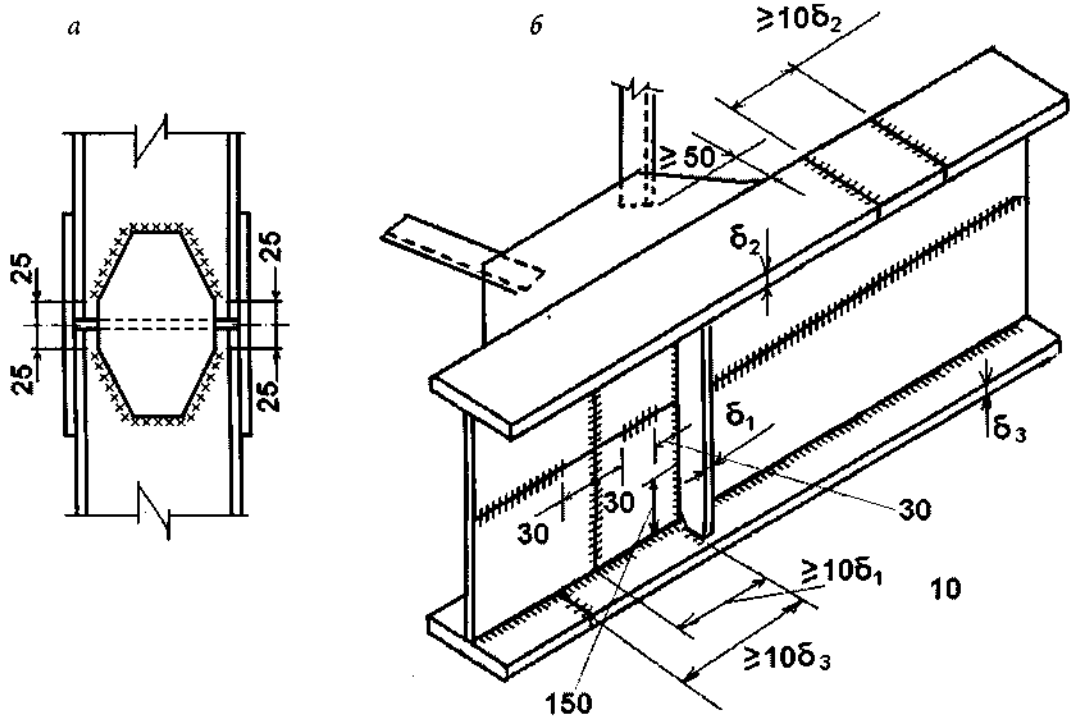


Рисунок 1.12.1 - Розміри зварних швів

1.12.1.7 При проектуванні таврових і кутових зварних з'єднань елементів сталевих конструкцій за наявності напружень розтягу, орієнтованих в напрямку товщини прокату, з метою зниження небезпеки розшаровування металу під зварним швом, як правило, слід:

- застосовувати сталі, рекомендовані для конструкцій 1 -ї групи згідно з додатком В, з границею текучості до 390 Н/мм^2, а також сталі з гарантованими механічними властивостями у напрямку товщини прокату згідно з ТУ 14-1-4431 і ТУ 14-227-237;

- застосовувати зварювальні матеріали зі зниженою міцністю і підвищеною пластичністю; використовувати технологічні прийоми зварювання, спрямовані на зменшення залишкових зварювальних напружень, не застосовувати порошковий дріт;



Повний провар для конструкцій 1-ї і 2-ї груп

Рисунок 1.12.2 - Розміщення зварних швів

- заміняти кутові з'єднання тавровими, а в останніх забезпечувати відношення ширини звису до товщини елементів не меншої за 2; застосовувати розроблення кромок, що забезпечує зменшення об'єму наплавленого металу;

- відмовитись від використання однобічних кутових швів і перейти до двобічних.

1.12.1.8 Для кутових швів, розміри яких визначені розрахунком, для елементів із сталі з границею текучості до 290 Н/мм^2 слід, як правило, застосовувати електродні матеріали, що задовольняють умови: $R_{wf} > R_{wz}$ – при механізованому зварюванні; $1{,}1R_{wz} \le R_{wf} \le R_{wz}\beta_z / \beta_f$ – при ручному зварюванні; для елементів із сталі з границею текучості понад 290 Н/мм^2 допускається застосовувати електродні матеріали, що задовольняють умову $R_{wz} < R_{wf} < R_{wz}\beta_z / \beta_f$ (тут β_f, β_z – коефіцієнти, що залежать від технології зварювання і катета шва і визначаються за таблицею 1.12.2).

1.12.1.9 Односторонні кутові шви в таврових з'єднаннях елементів із сталі з границею текучості до 390 Н/мм^2 слід, як правило, застосовувати в конструкціях, що експлуатуються в неагресивному або слабоагресивному середовищі (класифікація згідно зі СНиП 2.03.11) в опалюваних приміщеннях, окрім конструкцій у будівлях і спорудах, що належать до I класу відповідальності, які зводяться в районах із сейсмічністю 8 балів і вище, а також конструкцій 1-, 2- і 3-ї груп у будівлях з мостовими опорними кранами режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К:

- для кріплення проміжних ребер жорсткості і діафрагм - у конструкціях усіх груп, окрім конструкцій 1-ї групи, що розраховуються на витривалість;

- для поясних кутових швів зварних двотаврів - у конструкціях 2- і 3-ї груп, окрім балок з умовною гнучкістю стінки $\bar{\lambda}_w > 6\sqrt{R_y / \sigma_f}$, при товщині стінки t_w у колонах і стояках до 12 мм і в балках до 10 мм при виконанні швів механізованим зварюванням з катетом шва $k_f \ge 0{,}8t_w / \beta_f$;

- для всіх конструктивних елементів - у конструкціях 4-ї групи.

Односторонні кутові шви не слід застосовувати у з'єднаннях, що сприймають згинальний момент відносно поздовжньої осі шва.

Катети односторонніх швів слід приймати за розрахунком, але не меншими за вказані в таблиці 1.12.1

Таблиця 1.12.1 - Мінімальні катети зварних швів

Вид з'єднання	Вид зварювання	Границя текучості сталі, Н/мм^2	Мінімальний катет шва $k_{f,min}$, мм, при товщині товстішого елемента у з'єднанні t_{max}, мм						
			4...5	6...10	11...16	17...22	23...32	33...40	41...80
Таврове з двосторонніми кутовими швами; напусткове і кутове	Ручне	До 290	4	4	4	5	5	6	6
		Понад 290 до 390	4	5	6	7	8	9	10
		Понад 390 до 590	5	6	7	8	9	10	12
	Механізоване	До 290	3	4	4	5	5	6	6
		Понад 290 до 390	3	4	5	6	7	8	9
		Понад 390 до 590	4	5	6	7	8	9	10
Таврове з одностороннім и кутовими швами	Ручне	До 390	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматичне і механізоване	До 390	4	5	6	7	8	9	10

Примітка 1. У конструкціях із сталі з границею текучості понад 590 Н/мм^2, а також з усіх сталей при товщині елементів у з'єднанні понад 80 мм мінімальний катет кутових швів слід приймати за спеціальними технічними умовами.

Примітка 2. У конструкціях 4-ї групи мінімальний катет односторонніх кутових швів слід зменшувати на 1 мм - при товщині товстішого елемента у з'єднанні до 40 мм і на 2 мм - при товщині товстішого елемента у з'єднанні понад 40 мм.

Таблиця 1.12.2 – Коефіцієнти β_f і β_z

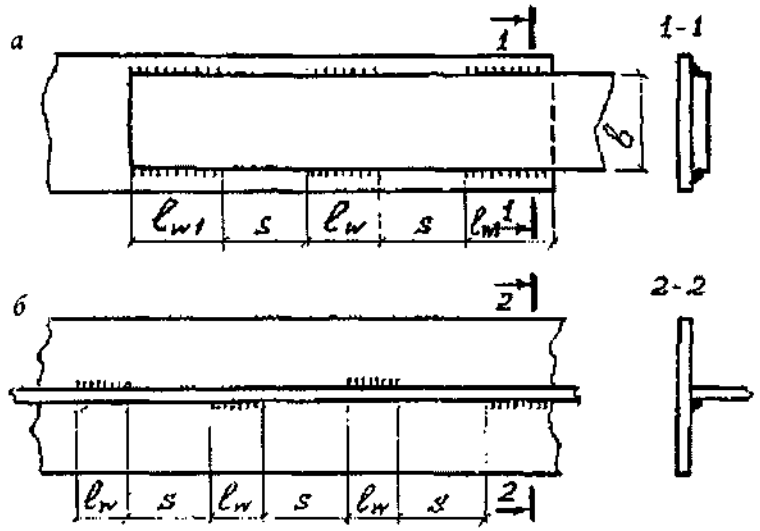
Вид зварювання при діаметрі зварювального дроту d, мм	Положення шва	Коефіцієнт	Значення коефіцієнтів β_f і β_z при нормальних режимах зварювання і катетах швів, мм			
			3...8	9...12	14...16	Понад 16
Автоматичне при d = 3...5	В човник	β_f	1,1			0,7
		β_z	1,15			1,0
	Нижнє	β_f	1,1	0,9		0,7
		β_z	1,15	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, що не перевищують $0,6R_y$, для з'єднань у конструкціях 4-ї групи, а також у конструкціях 3-ї групи, що реконструюються за умови їх експлуатації в неагресивних або слабоагресивних середовищах.

Розміри зварного шва повинні відповідати вимогам 1.12.1.5. Відстань s між ділянками переривчастого зварного шва (рисунок 1.12.3), як правило, не повинна перевищувати одного із значень: 150 мм, $10t_{min}$ - у стиснутому елементі, $16t_{min}$ - у розтягнутому елементі (t_{min} -

товщина найтонного елемента у з'єднанні). У конструкціях 4-ї групи відстань *s* допускається збільшувати в 1,5 раза.

При накладенні переривчастого кутового шва необхідно передбачити ділянку шва на кінцях з'єднуваних елементів (рисунок 1.12.3); довжина l_{w1} такої ділянки шва в елементах складеного перерізу повинна бути не меншою за $0{,}75b$, де b - ширина вужчої із з'єднуваних пластин.



а - у напустковому з'єднанні; б - у тавровому з'єднанні

Рисунок 1.12.3 - Схема переривчастих кутових зварних швів

1.12.1.11Кутові зварні шви, розміщені вздовж периметрів отворів чи прорізів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених 1.12.1.10, для передачі зусиль у площині напустку, запобігання втраті стійкості елементів напустку чи конструктивних з'єднань елементів.

1.12.1.12Пробкові шви, що заповнюють наплавленим металом усю площину круглих або щілинних отворів, допускається застосовувати у напусткових з'єднаннях у випадках, передбачених 1.12.1.10, лише для запобігання втраті стійкості елементів напустку або для конструктивних з'єднань елементів.

Товщина пробкового шва повинна бути: не меншою за товщину *t* просвердленого або прорізаного елемента, але не більшою за 16 мм; не меншою за $0{,}1l$, $0{,}45d$ чи $0{,}45b$, де d - діаметр отвору, l і b - довжина і ширина прорізу. При цьому діаметр отвору d і ширина прорізу b повинні задовольняти нерівності відповідно $d \geq t+8$ мм і $b \geq t+8$ мм. Відстань між центрами отворів чи поздовжніми осями прорізів повинна бути не меншою за $4d$ або $4b$. Розрахунковий переріз шва допускається приймати таким, що дорівнює площі отвору чи прорізу.

1.12.1.13 Застосування комбінованих з'єднань, у яких частина зсувного зусилля

сприймається фрикційним з'єднанням, а частина - зварними швами, допускається при спеціальному обґрунтуванні та за умови забезпечення передачі частини зсувного зусилля через тертя, що виникає на дотичних площинах з'єднуваних елементів від натягу високоміцних болтів, для чого зварювання повинно бути виконане після остаточного затягування болтів.

Розподіл розрахункового зусилля, що діє у комбінованому з'єднанні між фрикційним і зварним з'єднаннями, допускається приймати пропорційно до їх несучої здатності або приймати, що фрикційне з'єднання сприймає частку зусилля, обумовлену дією постійного навантаження, а зварне - змінного. Застосування інших болтових з'єднань у комбінованих з'єднаннях не допускається.

1.12.1.14 Розрахунок зварних стикових з'єднань при дії поздовжньої сили *N,* що проходить через центр ваги з'єднання, слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{tl_w R_{wy}\gamma_c} \le 1, \qquad (1.12.1)$$

де t – найменша з товщин елементів у з'єднанні;

l_w – розрахункова довжина стикового шва, що дорівнює його геометричній довжині за вирахуванням $2t$. У випадку, коли кінці шва виведені за границі стика, розрахункова довжина шва приймається такою, що дорівнює його геометричній довжині.

При розрахунку зварних стикових з'єднань елементів із сталі з відношенням $R_u / \gamma_u > R_y$, експлуатація яких можлива і після досягнення металом границі текучості, а також із сталі з границею текучості R_{yn}>440 Н/мм^2 у формулі (1.12.1) замість R_{wy} слід приймати R_{wu} / γ_u.

Розрахунок зварних стикових з'єднань виконувати не потрібно за умов застосування зварювальних матеріалів відповідно до додатка Ж, забезпечення повного провару з'єднуваних елементів та виконання контролю якості з'єднань при розтягу фізичними методами.

1.12.1.15 Зварні стикові з'єднання, виконані без контролю їх якості фізичними методами, при одночасній дії в розрахунковому перерізі шва нормальних σ_{wx} і σ_{wy} і дотичних τ_{wxy} напружень слід перевіряти за формулою (1.5.4), приймаючи в ній $\sigma_x = \sigma_{wx}$, $\sigma_y = \sigma_{wy}$, $\tau_{xy} = \tau_{wxy}$, $R_y = R_{wy}$.

1.12.1.16 Розрахунок зварного з'єднання з кутовими швами при дії поздовжньої сили *N,* що проходить через центр ваги з'єднання, слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох розрахункових площин (рисунок 1.12.4) за формулами:

– при $\frac{\beta_f R_{wf}}{0{,}45\beta_z R_{un}} \le 1$ – у площині наплавленого металу

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} \le 1; \qquad (1.12.2)$$

– при $\frac{\beta_f R_{wf}}{0{,}45\beta_z R_{un}} > 1$ – у площині металу межі сплавлення

$$\frac{N}{\beta_z k_f l_w R_{wz} \gamma_c} \le 1; \qquad (1.12.3)$$

де l_w – розрахункова довжина кутового шва, що дорівнює його сумарній геометричній довжині за вирахуванням двох катетів шва $2k_f$ або 1 см на кожну неперервну ділянку шва;

β_f і β_z – коефіцієнти, значення яких приймаються за таблицею 1.12.2.

1.12.1.17 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії згинального моменту *M* у площині, перпендикулярній до площини розташування швів, слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох умовних площин (рисунок 1.12.4) за формулами:

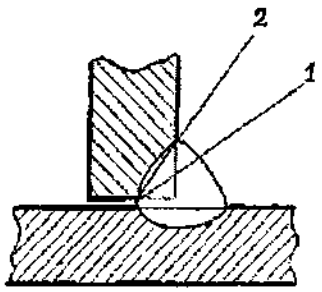
- у площині наплавленого металу

$$\frac{M}{W_f R_{wf} \gamma_c} \le 1; \qquad (1.12.4)$$

- у площині металу межі сплавлення

$$\frac{M}{W_z R_{wz} \gamma_c} \le 1, \qquad (1.12.5)$$

де W_f і W_z – моменти опору розрахункових перерізів кутових швів у зварному з'єднанні відповідно за металом шва і за металом межі сплавлення.



1 - площина наплавленого металу (металу шва); 2 - площина металу межі сплавлення

Рисунок 1.12.4 - Поперечний розріз кутового шва із зазначенням умовних площин руйнування

1.12.1.18 Розрахунок зварних з'єднань з кутовими швами при дії згинального моменту *M* у площині розташування цих швів слід виконувати на зріз (умовний) в одній з двох умовних площин (рисунок 1.12.4) за формулами:

- у площині наплавленого металу

$$\frac{M}{\left(I_{fx}+I_{fy}\right)R_{wf}\gamma_c}\sqrt{x^2+y^2}\le 1; \qquad (1.12.6)$$

- у площині металу межі сплавлення

$$\frac{M\sqrt{x^2+y^2}}{\left(I_{zx}+I_{zy}\right)R_{wz}\gamma_c}\le 1, \qquad (1.12.7)$$

де x і y – координати точки зварного з'єднання, яка найбільш віддалена від центра ваги O цього з'єднання (рисунок 1.12.5);

I_{fx}, I_{fy} – момент інерції розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні за металом шва відносно його головних осей $x - x$ і $y - y$;

I_{zx}, I_{zy} – те саме за металом межі сплавлення.

1.12.1.19 При розрахунку зварного з'єднання з кутовими швами на одночасну дію поздовжньої N і поперечної Q сил, а також згинального моменту M (рисунок 1.12.5) повинні бути виконані такі умови:

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

де τ_f і τ_z – дотичні напруження в небезпечній точці розрахункового перерізу кутового шва у зварному з'єднанні відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу межі сплавлення, що визначаються за формулою

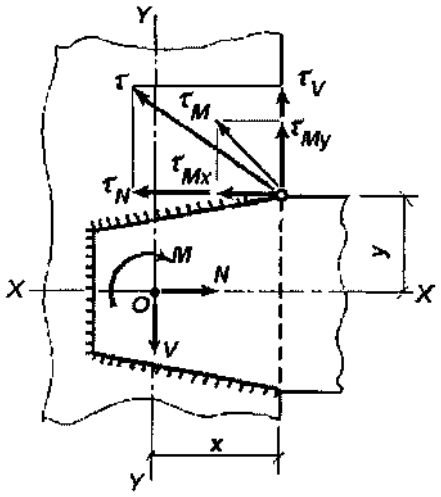


Рисунок 1.12.5 - Розрахункова схема зварного з'єднання з кутовими швами

$$\tau=\sqrt{\left(\tau_N+\tau_{Mx}\right)^2+\left(\tau_Q+\tau_{My}\right)^2}. \qquad (1.12.9)$$

1.12.1.20 Напусткові зварні з'єднання елементів завтовшки до 4 мм допускається здійснювати точковим швом дуговим зварюванням із наскрізним проплавленням; при цьому несучу здатність однієї точки слід приймати такою, що дорівнює меншому з двох граничних значень:

- при зрізі

$$N_s = 0{,}28 d^2 R_{wun}; \quad (1.12.10)$$

– при вириві

$$N_t = \beta d t R_{un}, \quad (1.12.11)$$

де d – діаметр точкового шва у площині з'єднуваних елементів, що приймається згідно з ГОСТ 14776; при застосуванні способу зварювання, який не регламентований ГОСТ 14776, значення d слід узгоджувати і приймати в установленому порядку;

$\beta = 1{,}1$ – при зварюванні елементів однакової товщини;

$\beta = 1{,}9$ – при зварюванні елементів з різними товщинами, що відрізняються у два і більше разів (при меншій різниці у товщинах значення коефіцієнта необхідно приймати за лінійною інтерполяцією);

t – товщина найтоншого елемента у з'єднанні.

1.12.2 Болтові з'єднання

1.12.2.1 Для болтових з'єднань елементів сталевих конструкцій слід застосовувати болти згідно з додатком Ж.

1.12.2.2 Болти слід розміщувати відповідно до вимог, наведених у таблиці 1.12.3; при цьому болти у з'єднаннях, що розраховуються, розміщують з використанням мінімальних відстаней, а з'єднувальні конструктивні болти влаштовують, як правило, з використанням максимальних відстаней. У разі прикріплення кутика однією полицею болтами, розміщеними в шаховому порядку, отвір, найбільш віддалений від його кінця, слід розміщувати на рисці, найближчій до обушка.

Допускається кріпити елементи одним болтом.

1.12.2.3 Болти класу точності А слід застосовувати для з'єднань, у яких отвори просвердлені на проектний діаметр у зібраних елементах або за кондукторами в окремих елементах і деталях, або просвердлені чи продавлені на менший діаметр в окремих деталях з подальшим розсвердлюванням до проектного діаметра у складених елементах.

Болти класів точності В і С у багатоболтових з'єднаннях слід застосовувати для конструкцій із сталі з границею текучості до 390 Н/мм^2.

Таблиця 1.12.3 - Вимоги до розміщення болтів

Характеристика відстані та границя текучості з'єднуваних елементів	Відстань між болтами при розміщенні болтів
1. Відстань між центрами отворів для болтів у будь-якому напрямку:	
а) мінімальна:	
при $R_{yn} \le 390$ Н/мм^2	$2d$
при $R_{yn} > 390$ Н/мм^2	$3d$
б) максимальна в крайніх рядах при розтягу та стиску за відсутності кутиків, розташованих вздовж кромки елементів з'єднання	$8d$ або $12t$
в) максимальна в середніх рядах, а також у крайніх рядах за наявності кутиків, розташованих вздовж кромки елементів з'єднання:	
при розтягу	$16d$ або $24t$
при стиску	$12d$ або $18t$

Кінець таблиці 1.12.3

Характеристика відстані та границя текучості з'єднуваних елементів	Відстань між болтами при розміщенні болтів
2. Відстань від центра отвору для болта до краю елемента	
а) мінімальна вздовж лінії дії зусилля:	
при $R_{yn} \le 390$ Н/мм^2	1,5d
при $R_{yn} > 390$ Н/мм^2	2,5d
б) те саме впоперек лінії дії зусилля:	
при обрізаних кромках	1,5d
при прокатних кромках	1,2d
в) максимальна	4d або 8t
г) мінімальна у фрикційному з'єднанні при будь-якій кромці і будь-якому напрямку зусилля	1,3d
3. Відстань мінімальна між центрами отворів вздовж лінії дії зусилля для болтів, розміщених у шаховому порядку	u + 1,5d

d – діаметр отвору для болта;
t – товщина найтоншого зовнішнього елемента;
u – відстань між рядами отворів впоперек лінії дії зусилля.

Примітка 1. Діаметр отворів слід приймати: для болтів класу точності А – $d = d_b$; для болтів класів точності В і С в конструкціях опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільних пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ) – $d = d_b + 1$ мм, у решті випадків – $d = d_b + 3$ мм.

Примітка 2. В одноболтових з'єднаннях елементів ґратки (розкосів, стояків і розпірок, окрім тих, що постійно працюють на розтяг, при товщині елемента до 6 мм із сталі з границею текучості до 390 Н/мм^2 і просвердлених отворах відстань l_1 від краю елемента до центра отвору вздовж лінії дії зусилля допускається приймати від 1,5d до 1,35d без допуску в сторону зменшення при виготовленні елементів, про що необхідно зазначити у проекті.

Примітка 3. При розміщенні болтів у шаховому порядку на відстанях не менших за вказані у поз. 3 площу поперечного перерізу елемента нетто A_n слід визначати з урахуванням ослаблення його отворами, розміщеними у розрахунковому перерізі елемента, який орієнтується впоперек лінії дії зусилля. У з'єднаннях, в яких болти працюють переважно на розтяг, слід, як правило, застосовувати болти класів точності В і С або високоміцні.

1.12.2.4 Болти, що мають ділянки з різними діаметрами по довжині ненарізної частини, не допускається застосовувати у з'єднаннях, в яких болти працюють на зріз.

1.12.2.5 Нарізка болта, що сприймає зсувне зусилля, в елементах структурних конструкцій, опор ліній електропередачі та відкритих розподільних пристроїв, а також у болтових з'єднаннях за наявності зовнішнього елемента товщиною до 8 мм, повинна знаходитись поза пакетом з'єднуваних елементів; у решті випадків нарізка болта не повинна заходити вглиб отвору більше ніж на половину товщини зовнішнього елемента з боку гайки або 5 мм.

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

У розрахункових з'єднаннях з болтами класів точності А, В і С (за винятком болтових з'єднань у допоміжних конструкціях) слід передбачити заходи проти самовідгвинчування гайок (встановлення пружинних шайб, додаткових гайок тощо).

1.12.2.7 На скошених поверхнях з'єднуваних деталей і елементів (внутрішні грані

полиць двотаврів і швелерів) під головки болтів і гайки слід додатково встановлювати косі шайби.

1.12.2.8 Отвори в деталях і елементах сталевих конструкцій слід виконувати згідно з вимогами розділу 2.

Діаметр отворів для болтів у елементах з прокату повинен відповідати вимогам ГОСТ 24839.

1.12.2.9 Розрахункове зусилля, яке може бути сприйняте одним болтом, слід визначати залежно від виду напруженого стану за формулами: - при зрізі (умовному) болта

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c \,, \tag{1.12.12}$$

– при зминанні металу з'єднуваних елементів в отворі

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t_{\min} \gamma_b \gamma_c \,, \tag{1.12.13}$$

– при розтягу болта

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn} \gamma_c \,, \tag{1.12.14}$$

де R_{bs}, R_{bp}, R_{bt} – розрахункові опори одноболтових з'єднань;
$A_b = 0{,}78 d_b^2$ – площа поперечного перерізу стрижня болта;
n_s – кількість розрахункових площин зрізу одного болта;
d_b – зовнішній діаметр стрижня болта;
$\sum t_{\min}$ – найменша сумарна товщина елементів у з'єднанні, які зминаються в одному напрямку;
A_{bn} – площа поперечного перерізу нетто болта за нарізкою, що приймається відповідно до таблиці Ж8 додатка Ж;
γ_c – коефіцієнт умов роботи, який визначається за таблицею 1.1.1;
γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання, який визначається за таблицею 1.12.4.

Таблиця 1.12.4 - Коефіцієнти умов роботи болтового з'єднання

Характеристики		Границя текучості сталі з'єднуваних елементів, Н/мм²	Значення $\frac{a}{d}$, $\frac{s}{d}$	Значення коефіцієнта γ_b
болтового з'єднання	напруженого стану			
Одноболтове, болти класу точності А, В і С або високоміцні	Зріз		–	1,0
	Зминання	До 290	$1{,}5 \le a/d \le 2$	$0{,}4a/d + 0{,}2$
			$1{,}35 \le a/d < 1{,}5$	$a/d - 0{,}7$
		Понад 290 до 390	$1{,}5 \le a/d \le 2$	$0{,}5a/d$
			$1{,}35 \le a/d < 1{,}5$	$a/d - 0{,}25$
		Понад 390	$a/d \ge 2{,}5$	1,0
Багатоболтове, болти класу точності А	Зріз			1,0
	Зминання	До 290	$1{,}5 \le a/d \le 2$	$a/d + 0{,}2$
			$2 \le s/d \le 2{,}5$	$0{,}4s/d$
		Понад 290 до 390	$1{,}5 \le a/d \le 2$	$0{,}5a/d$
			$2 \le s/d \le 2{,}5$	$0{,}5s/d - 0{,}25$
		Понад 390	$a/d \ge 3$	1,0
			$s/d \ge 3$	1,0

a – відстань від краю елемента до центра найближчого отвору вздовж лінії дії зусилля;
s – відстань між центрами отворів вздовж лінії дії зусилля;
d – діаметр отвору для болта.

Примітка 1. Для розрахунку багатоболтового з'єднання на зріз і зминання при використанні болтів класів В і С, а також високоміцних болтів з нерегульованим натягом при всіх значеннях границі текучості R_{yn} сталі з'єднуваних елементів значення коефіцієнта γ_b слід множити на 0,9.

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

1.12.2.10 При дії на болтове з'єднання поздовжньої сили N, що проходить через центр ваги з'єднання, слід приймати, що ця сила розподіляється між болтами рівномірно. У цьому разі необхідну кількість болтів у з'єднанні слід визначати за формулою

$$n \ge \frac{N}{N_{b,\min}}, \qquad (1.12.15)$$

де $N_{b,\min}$ – найменше із значень N_{bs} чи N_{bp}, або значення N_{bt}, обчислені відповідно до 1.12.2.9.

У випадках, коли в болтовому з'єднанні відстань l між крайніми болтами вздовж лінії дії зсувного зусилля перевищує $16d$, значення n у формулі (1.12.15) слід збільшити діленням на коефіцієнт $\beta = 1 - 0{,}005\left(\frac{l}{d} - 16\right)$, що приймається не меншим за 0,75. Цю вимогу не слід враховувати у випадку, коли болтове з'єднання влаштоване по всій довжині елемента конструкції (балки, колони) і розрахункове зусилля діє вздовж усієї довжини такого з'єднання (наприклад, у поясному з'єднанні балки).

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

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

1.12.2.12 При одночасній дії на болтове з'єднання поздовжньої і поперечної сил та

згинального моменту, що діють в одній площині і викликають зсув з'єднуваних елементів, слід визначити рівнодійне зусилля у найбільш напруженому 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, найбільш напружений болт, поряд із розрахунком за формулами (1.12.14) і (1.12.15) слід перевіряти за формулою

$$\sqrt{\left(N_s / N_{bs}\right)^2 + \left(N_t / N_{bt}\right)^2} \le 1, \qquad (1.12.16)$$

де N_s і N_t – розрахункові зусилля відповідно зрізу і розтягу, що припадають на один болт;
N_{bs}, N_{bt} – розрахункові зусилля, які можуть бути сприйняті одним болтом і визначаються згідно з 1.12.2.9 із зміною значення A_{bn} на A_b.

1.12.2.14 У болтових з'єднаннях одного елемента з іншим через прокладки чи інші проміжні елементи, а також в елементах з односторонньою накладкою кількість болтів, обчислена за (1.12.15), необхідно збільшити на 10%.

У болтових з'єднаннях виступних полиць кутиків або швелерів за допомогою коротишів кількість болтів, що прикріплюють коротиш до цієї полиці, необхідно збільшити на 50% порівняно з розрахунком.

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

1.12.3 Фрикційні з'єднання

1.12.3.1 Фрикційні з'єднання, в яких розрахункове зусилля передається через тертя, що виникає на контактних поверхнях з'єднуваних елементів внаслідок натягу високоміцних болтів, слід застосовувати:

- у конструкціях, що безпосередньо сприймають дію рухомих, вібраційних чи динамічних навантажень;

- у болтових з'єднаннях, до яких висуваються підвищені вимоги щодо обмеження деформативності.

1.12.3.2 У фрикційних з'єднаннях слід застосовувати болти, гайки і шайби відповідно до 1.2.2.4. Болти слід розміщувати згідно з вимогами, наведеними у таблиці 1.12.3, при цьому залежно від умов складання з'єднання різниця між номінальними діаметрами болта та отвору може складати від 1 мм до 6 мм.

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

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

де R_{bh} – розрахунковий опір розтягу високоміцного болта, що визначається за 1.3.8;
A_{bn} – площа поперечного перерізу болта за нарізкою, що приймається згідно з таблицею Ж8 додатка Ж;
μ – коефіцієнт тертя, що приймається за таблицею 1.12.5;
γ_h – коефіцієнт надійності, що приймається за таблицею 1.12.5.

Таблиця 1.12.5 - Коефіцієнти надійності і коефіцієнти тертя фрикційних з'єднань

Спосіб обробки (очищення) контактних поверхонь	Коефіцієнт тертя μ	Коефіцієнт γ_h при контролі натягу болтів за моментом закручування при навантаженні і при різниці між діаметром отвору і номінальним діаметром болта δ, мм	
		динамічний при δ=3...6; статичний при δ=5...6	динамічний при δ=1; статичний при δ=1...4
1. Дробеметальний чи дробеструмин-ний двох поверхонь без консервації	0,58	1,35	1,12
2. Газополум'яний двох поверхонь без консервації	0,42	1,35	1,12
3. Сталевими щітками двох поверхонь без консервації	0,35	1,35	1,17
4. Без обробки	0,25	1,70	1,30
Примітка 1. При контролі натягу болтів за кутом повороту гайки значення коефіцієнта γ_h слід множити на 0,9. **Примітка 2.** Допускаються інші способи обробки (очищення) контактних поверхонь, що забезпечують значення коефіцієнтів тертя не нижче тих, що наведені у таблиці.			

1.12.3.4 При дії на фрикційне з'єднання сили *N*, що викликає зсув з'єднуваних елементів і проходить через центр ваги з'єднання, слід приймати, що сила розподіляється між болтами рівномірно. В цьому випадку необхідну кількість болтів у з'єднанні слід визначати за формулою

$$n \geq \frac{N}{Q_{bh} k \gamma_b \gamma_c}, \qquad (1.12.18)$$

де Q_{bh} – розрахункове зусилля, що може бути сприйняте однією площиною тертя, яке обчислюється за формулою (1.12.17);
k – кількість площин тертя з'єднуваних елементів;
γ_c – коефіцієнт умов роботи, що приймається за таблицею 1.1.1;
γ_b – коефіцієнт умов роботи фрикційного з'єднання, що залежить від кількості болтів у з'єднанні і приймається таким, що дорівнює: 0,8 при $n < 5$; 0,9 при $5 \leq n < 10$; і 1,0 при $n \geq 10$.

1.12.3.5 При дії на фрикційне з'єднання згинального моменту чи сили і згинального моменту, що викликають зсув з'єднуваних елементів, розподіл зусиль між болтами необхідно

приймати відповідно до 1.12.2.11, 1.12.2.12.

При дії у з'єднанні лише згинального моменту розподіл зусилля між болтами допускається приймати рівномірним за прямокутною епюрою.

1.12.3.6 При дії на фрикційне з'єднання поряд з силою *N,* що викликає зсув з'єднуваних елементів, сили *F,* що викликає розтяг у болтах, необхідно значення коефіцієнта, яке визначається згідно з 1.12.3.4, помножити на коефіцієнт γ_b, де *P* - розрахункове зусилля розтягу, що припадає на один болт, P_b - зусилля натягу болта.

1.12.3.7 Діаметр болта у фрикційному з'єднанні слід приймати, як правило, не меншим за товщину найтовстішого елемента у з'єднанні.

1.12.3.8 У проекті повинні бути вказані марки сталі та механічні властивості болтів, гайок і шайб, а також стандарти, за якими слід виконувати натяг високоміцних болтів і який слід приймати таким, що дорівнює $P_b = R_{bh} A_{bh}$.

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

1.12.3.10 Для високоміцних болтів згідно з ГОСТ 22353 зі збільшеними розмірами головок болтів і гайок при різниці між діаметром отвору і номінальним діаметром болта, що не перевищує 3 мм, а в конструкціях зі сталі з тимчасовим опором не нижчим за 440 Н/мм^2 - 4 мм, допускається влаштування однієї шайби під гайку.

1.12.3.11 Розрахунок на міцність з'єднуваних елементів фрикційного з'єднання у розрахунковому перерізі, послабленому отворами, слід виконувати з урахуванням того, що половина зусилля, яке припадає на кожний болт з'єднання, передана силами тертя. При цьому перевірку послаблених перерізів слід виконувати: при рухомих, вібраційних і динамічних навантаженнях – за площею перерізу нетто A_n; при статичних навантаженнях - за площею перерізу брутто A при $A_n \geq 0{,}85A$ або за умовною площею $A_{ef} = 1{,}18A_n$ при $A_n < 0{,}85A$.

1.12.4 Поясні з'єднання в балках

1.12.4.1 Зварні і фрикційні поясні з'єднання двотаврової балки слід розраховувати за формулами, наведеними у таблиці 1.12.6.

Таблиця 1.12.6 - Формули для розрахунку поясних з'єднань у складаних балках

Характер навантаження	Поясні з'єднання	Розрахункова формула
Нерухоме	Зварні	$\frac{T}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \le 1$ (1.12.19)
		$\frac{T}{n\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \le 1$ (1.12.20)
	Фрикційні	$\frac{Ts}{Q_{bh} k \gamma_c} \le 1$ (1.12.21)
Рухоме	Зварні (двосторонні шви)	$\frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} \le 1$ (1.12.22)
		$\frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2\beta_z k_f R_{wz} \gamma_c} \le 1$ (1.12.23)
	Фрикційні	$\frac{s\sqrt{T^2 + \alpha^2 V^2}}{Q_{bh} k \gamma_c} \le 1$ (1.12.24)

$T = \frac{QS}{I}$ – погонне зусилля зсуву пояса, викликане поперечною силою Q (тут S – статичний момент брутто пояса балки відносно нейтральної осі);
n – кількість кутових швів: при двосторонніх кутових швах у поясних з'єднаннях $n = 2$, при односторонніх $n = 1$;
Q_{bh}, k – величини, що визначаються згідно з 1.12.3.4;
$V = \frac{\gamma_f \gamma_{f1} F_n}{l_{cf}}$ – погонний тиск від зосередженого вантажу F_n, що визначається з урахуванням вимог 1.5.2.2 і 1.5.2.3;
γ_f, γ_{f1} – коефіцієнти надійності за навантаженням, що приймаються згідно з ДБН В.1.2-2 (для нерухомих вантажів $\gamma_{f1} = 1$);
s – крок поясних болтів;
α – коефіцієнт, який приймається таким, що дорівнює: $\alpha = 0,4$ – за наявності навантаження, прикладеного до верхнього пояса балки, до якого пристругана стінка, і $\alpha = 1,0$ – за відсутності пристругування стінки або за наявності навантаження, прикладеного до верхнього пояса.

При прикладанні нерухомого зосередженого навантаження до верхнього пояса балки за відсутності поперечних ребер жорсткості у місцях прикладання навантаження, а також при прикладанні нерухомого зосередженого 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 із фрикційними поясними з'єднаннями з багатолистовими поясними пакетами прикріплення кожного з листів у розрахунковому перерізі, розташованому за місцем свого теоретичного обриву, слід розраховувати на половину зусилля, яке може бути сприйняте поперечним перерізом листа. Прикріплення кожного листа у розрахунковому перерізі, розташованому на ділянці між дійсним місцем його обриву і місцем обриву попереднього листа, слід розраховувати на повне зусилля, яке може бути сприйняте поперечним перерізом листа.

1.13 Додаткові вимоги щодо проектування елементів будівель і споруд різного призначення

1.13.1 Загальні вимоги щодо проектування сталевих конструкцій

1.13.1.1 При проектуванні сталевих конструкцій необхідно:

- передбачати в'язі, що забезпечують у процесі монтажу й експлуатації стійкість і просторову геометричну незмінюваність споруди в цілому та окремих її елементів, призначаючи їх у залежності від основних параметрів споруди і режиму експлуатації (конструктивної схеми, прогонів, типів кранів і режимів їх роботи, температурних впливів тощо);

- враховувати виробничі можливості і потужність технологічного і кранового обладнання підприємств-виробників сталевих конструкцій, а також підйомно-транспортне та інше обладнання монтажних організацій;

- передбачати монтажні кріплення елементів (монтажні столики тощо);

- у болтових монтажних з'єднаннях застосовувати болти класу точності В і С, а також високоміцні, при цьому в з'єднаннях, що сприймають значні вертикальні зусилля (кріпленнях ферм, ригелів, рам тощо), слід передбачати столики; за наявності в з'єднаннях згинальних моментів слід застосовувати болти класу точності В і С, що працюють на розтяг.

1.13.1.2 При конструюванні сталевих зварних конструкцій слід виключати можливість шкідливого впливу залишкових деформацій і напружень, у тому числі зварювальних, а також концентрації напружень, передбачаючи відповідні конструктивні рішення (з найбільш рівномірним розподілом напружень в елементах і деталях, без вхідних кутів, різких змін форми перерізу та інших концентраторів напружень) і технологічні заходи (порядок складання і зварювання, попередні вигини, механічну обробку відповідних зон шляхом стругання, фрезерування, зачищення абразивним кругом тощо).

1.13.1.3 У зварних з'єднаннях слід виключати можливість крихкого руйнування конструкцій у процесі їх монтажу та експлуатації в результаті несприятливого сполучення наступних факторів:

- великих місцевих напружень, викликаних впливом зосереджених деформацій чи навантажень деталей з'єднань, а також залишкових напружень;

- різких концентраторів напружень на ділянках з великими місцевими напруженнями, що орієнтовані впоперек напрямку діючих напружень розтягу;

- пониженої температури, за якої сталь в залежності від її хімічного складу, структури і товщини прокату переходить у крихкий стан.

При конструюванні зварних конструкцій слід враховувати, що конструкції із суцільною стінкою мають менше концентраторів напружень і менш чутливі до

ексцентриситетів порівняно з ґратчастими конструкціями.

1.13.1.4 Сталеві конструкції необхідно захищати від корозії відповідно до вимог нормативних документів із захисту будівельних конструкцій від корозії.

1.13.2 Відстань між температурними швами

1.13.2.1 Відстань l між температурними швами сталевих каркасів одноповерхових будівель і споруд, як правило, не повинна перевищувати найбільших значень l_u, наведених у таблиці 1.13.1.

1.13.2.2 Значення найбільших відстаней l_u, наведені в таблиці 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 – $k_1 = \frac{h_1}{12} \le 1{,}5$;

– впоперек блока – $k_2 = \frac{h_2}{12} \le 1{,}5$,

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

h_2 – висота, м, крайньої колони у площині поперечної конструкції каркаса (впоперек температурного блока), що дорівнює відстані від верху фундаменту до рівня обпирання несучої конструкції покриття.

Таблиця 1.13.1 - Найбільша відстань між температурними швами

Характеристика		Найбільша відстань l_u, м, між температурними швами для кліматичних районів із середньою місячною температурою повітря у січні	
будівлі і споруди	відстані	вищою за 0 °С	нижчою на 0 °С
Опалювана будівля	вздовж блока	350	280
	поперек блока	230	180
Неопалювана будівля	вздовж блока	300	240
	поперек блока	180	150
Гарячий цех	вздовж блока	230	180
	поперек блока	140	120
Відкрита естакада	вздовж осі	180	150

1.13.2.3 Вертикальні в'язі, влаштовані між колонами в границях висоти h_1 вздовж температурного блока, повинні задовольняти такі умови:

- відстань від будь-якого торця температурного блока до осі найближчої в'язі не повинна перевищувати $0{,}5 l_u k_1$;

- відстань між осями крайніх в'язей при їх влаштуванні в декількох місцях не повинна

перевищувати $0{,}3l_u k_1$, де $l_u k_1$ - найбільша довжина блока відповідно до вимог 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 навантаження з урахуванням впливу стін або інших огороджувальних конструкцій, непружних деформацій конструкцій і піддатливості вузлів.

1.13.3 Ферми і структурні плити покриттів

1.13.3.1 Осі стрижнів ферм і структур повинні бути, як правило, центрованими в усіх вузлах. Центрування стрижнів у фермах і структурних плитах слід виконувати: при зварних з'єднаннях у вузлах - за центрами ваги перерізів (із округленням до 5 мм); при болтових з'єднаннях - за рисками кутиків, найближчих до обушка.

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

За наявності ексцентриситетів у вузлах елементи ферм і структур слід розраховувати з урахуванням дії відповідних згинальних моментів. У разі прикладання навантажень поза вузлами ферм пояси повинні бути розраховані на сумісну дію поздовжніх зусиль і згинальних моментів.

1.13.3.2 При розрахунку плоских ферм з'єднання елементів решітки з поясом у вузлах ферм допускається приймати шарнірними при типах поперечних перерізів елементів:

- з кутиків або таврів;

- двотаврових, Н-подібних і трубчастих, якщо відношення $h/l \le 0{,}1$, де h - висота перерізу, l - геометрична довжина елемента (відстань між вузлами).

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

1.13.3.3 Відстань між краями елементів ґратки і пояса у фермах зі зварними вузловими з'єднаннями на фасонках слід приймати не меншою за $a = 6t - 20$ мм, але не більшою за 80 мм, де t - товщина фасонки, мм.

Між торцями елементів поясів ферм, що стикуються і перекриваються накладками, слід залишати зазор величиною не менше ніж 50 мм.

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

1.13.3.4 У вузлах ферм з поясами з таврів, двотаврів і одиночних кутиків кріплення фасонок до полиць поясів встик слід здійснювати з проваром на всю товщину фасонки. В

конструкціях 1-ї групи прилягання вузлових фасонок до поясів необхідно виконувати згідно з додатком У (таблиця У.3, поз. 7).

1.13.3.5 При розрахунку вузлів ферм зі стрижнями трубчастого і двотаврового перерізів і прикріпленням елементів ґратки безпосередньо до пояса (без фасонок) необхідно перевіряти несучу здатність:

- стінки пояса при місцевому згинанні (продавлюванні) у місцях примикання елементів ґратки (для стрижнів з круглих і прямокутних труб);

- бічної стінки пояса в місці примикання стиснутого елемента ґратки (для стрижнів з прямокутних труб);

- полиць пояса на відгин (для стрижнів двотаврового перерізу);

- стінки пояса (для стрижнів двотаврового перерізу);

- елементів ґратки в перерізі, що примикає до пояса;

- зварних швів, які прикріпляють елементи ґратки до пояса.

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

1.13.3.6 При прольотах ферм покриттів, що складають понад 36 м, рекомендується передбачати будівельний підйом, що дорівнює теоретичному прогину конструкції від розрахункових експлуатаційних постійних і тривалих навантажень. При плоских покрівлях будівельний підйом слід передбачати незалежно від величини прольоту, приймаючи його таким, що дорівнює прогину від суми розрахункових експлуатаційних постійних і тривалих навантажень, збільшеному на 1/200 прольоту.

1.13.4 Колони

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

У наскрізних колонах зі з'єднувальною ґраткою, розташованою в одній площині, діафрагми слід розташовувати не рідше ніж через 4 м.

1.13.4.2 У колонах і стояках з односторонніми поясними швами згідно з 1.12.1.9 у вузлах кріплення в'язей, балок, розпірок та інших елементів у зоні передавання зусилля слід застосовувати двосторонні пояснi шви, що виходять за контури прикріплюваного елемента (вузла) на довжину 30^{k_f} з кожного боку.

1.13.4.3 Кутові шви, що прикріплюють фасонки з'єднувальної ґратки до гілок колони внапусток, слід призначати за розрахунком і розташовувати з двох боків фасонки вздовж гілки у вигляді окремих ділянок, розташованих у шаховому порядку, при цьому відстань між

кінцями таких швів не повинна перевищувати 15 товщин фасонки.

У разі застосування ручного дугового зварювання шви повинні бути неперервними по всій довжині фасонки.

1.13.4.4 Монтажні стики колон рекомендується виконувати з фрезерованими торцями, звареними в стик або на накладках зі зварними кутовими швами або болтами, у тому числі високоміцними. При приварюванні накладок кутові шви слід не доводити до осі етика на 30 мм з кожного боку. Допускається застосування фланцевих з'єднань з передаванням стискальних зусиль через щільний дотик фланців, а розтягувальних зусиль - через болти.

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

- ширину b_s проміжних планок такою, що дорівнює (0,5...0,75)b, де b - габаритна ширина колони у площині планок;

- ширину кінцевих планок такою, що дорівнює (1,3...1,7)b_s.

1.13.5 В'язі

1.13.5.1 У кожному температурному блоці будівлі слід передбачати самостійну систему в'язей.

1.13.5.2 Нижні пояси балок і ферм кранових колій прольотом понад 12 м слід укріплювати горизонтальними в'язями.

1.13.5.3 Вертикальні в'язі між основними колонами каркаса нижче рівня підкранових балок при двогілкових колонах слід розташовувати у площині кожної гілки.

Гілки двогілкових в'язей, як правило, слід з'єднувати між собою з'єднувальними ґратками.

1.13.5.4 Поперечні горизонтальні в'язі слід передбачати у рівні верхнього або нижнього поясів кроквяних ферм у кожному прольоті будівлі по торцях температурних блоків. При довжині температурного блока, що перевищує 144 м, слід передбачати проміжні поперечні горизонтальні в'язі.

Кроквяні ферми, які не примикають безпосередньо до поперечних горизонтальних в'язей, слід розкріплювати у площині розташування цих в'язей розпірками і розтяжками.

У місцях розташування поперечних горизонтальних в'язей слід передбачати вертикальні в'язі між фермами.

За наявності жорсткого диска покрівлі у рівні верхніх поясів слід передбачати інвентарні збірно-розбірні в'язі для вивіряння конструкцій і забезпечення їх стійкості в процесі монтажу.

1.13.5.5 Поздовжні горизонтальні в'язі у площині нижніх поясів кроквяних ферм слід передбачати:

- вздовж крайніх рядів колон у будівлях з мостовими опорними кранами груп режимів роботи 6К - 8К згідно з ГОСТ 25546;

- у покриттях з підкроквяними фермами;

- в одно- і двопрольотних будівлях, обладнаних мостовими опорними кранами вантажопідйомністю 10 т і більше, а при відмітці низу кроквяних конструкцій понад 18 м - незалежно від вантажопідйомності кранів.

У будівлях з трьома і більше прольотами горизонтальні поздовжні в'язі слід розміщувати також вздовж середніх рядів колон не рідше ніж через прольот - у будівлях з мостовими опорними кранами груп режимів роботи 6К - 8К згідно з ГОСТ 25546 і через два прольоти - в інших будівлях.

1.13.5.6 Горизонтальні в'язі по верхніх і нижніх поясах розрізних ферм прольотних споруд транспортерних галерей слід конструювати роздільно для кожного прольоту.

1.13.5.7 При застосуванні хрестової ґратки в'язей покриттів, за винятком будівель і споруд 1-го класу відповідальності згідно з ДБН В.1.2-14, допускається виконувати розрахунок за умовною схемою за умови, що розкоси ґратки сприймають тільки зусилля розтягу.

При визначенні зусиль, що виникають в елементах в'язей, обтиснення поясів ферм, як правило, враховувати не слід.

1.13.5.8 При влаштуванні мембранного настилу у площині нижніх поясів ферм допускається враховувати сумісну роботу пояса і мембрани.

1.13.5.9 У висячих покриттях із площинними системами (двопоясними, згинально-жорсткими вантами тощо) слід передбачати вертикальні і горизонтальні в'язі між несучими системами.

1.13.6 Балки

1.13.6.1 Поясні кутові шви зварних балок, а також шви, за допомогою яких до основного перерізу балки прикріплюються допоміжні елементи (наприклад, ребра жорсткості), як правило, повинні виконуватися неперервними. Поперечні ребра жорсткості повинні мати вирізи у місцях перетину зварних швів.

1.13.6.2 Застосовувати пакети листів для поясів зварних двотаврових балок, як правило, не дозволяється.

Для поясів балок із фрикційними з'єднаннями допускається застосовувати пакети, які складаються не більш як з трьох листів; при цьому площу перерізу поясних кутиків слід приймати такою, що становить не менше ніж 30% від усієї площі перерізу пояса.

1.13.6.3 При застосуванні односторонніх поясних швів у зварних двотаврових балках 1-го класу, які несуть статичне навантаження, повинні бути виконані такі вимоги:

- розрахункове навантаження повинне бути прикладене симетрично відносно поперечного перерізу балки;

- стійкість стиснутого пояса балки повинна бути забезпечена відповідно до вимог 1.5.4.4, а;

- у місцях прикладання до пояса балки зосереджених навантажень, включаючи навантаження від ребристих залізобетонних плит, повинні бути встановлені поперечні ребра жорсткості.

У ригелях рамних конструкцій біля опорних вузлів, а також у місцях, де навантаження викликає згинальний момент відносно поздовжньої осі зварного шва, слід застосовувати двосторонні пояснi шви.

У балках з перерізами 2-го і 3-го класів, а також з умовною гнучкістю стінки застосування односторонніх поясних швів не допускається $\bar{\lambda}_w > 6\sqrt{R_y / \sigma_f}$.

1.13.6.4 Ребра жорсткості зварних балок повинні бути віддалені від стиків стінок на відстань, не меншу ніж 10 товщин стінки. У місцях перетину стикових швів стінки балки з поздовжнім ребром жорсткості шви, за допомогою яких поздовжнє ребро жорсткості прикріплюється до стінки, не доводять до стикового шва стінки на ($6t$ - 20) мм, але не менше ніж на 30 мм, де t - товщина стінки, мм.

1.13.6.5 У зварних двотаврових балках конструкцій 2-, 3- і 4-ї груп рекомендується застосовувати односторонні ребра жорсткості з розміщенням їх з одного боку стінки балки і приварюванням їх до поясів балки.

У балках з односторонніми поясними швами ребра жорсткості слід розташовувати з того боку стінки, який є протилежним до розташування односторонніх поясних швів.

1.13.7 Балки кранових колій

1.13.7.1 Верхні пояснi шви у балках кранових колій для мостових опорних кранів режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К згідно з ГОСТ 25546 повинні бути виконані з проваром на всю товщину стінки.

1.13.7.2 Вільні кромки розтягнутих поясів балок кранових колій і балок робочих площадок, які безпосередньо сприймають навантаження від рухомого складу, повинні бути прокатними, струганими або обрізаними машинним кисневим або плазмово-дуговим різанням.

1.13.7.3 Розміри ребер жорсткості балок кранових колій повинні задовольняти вимоги 1.5.5.9, 1.5.5.10 і 1.5.5.13, при цьому ширина виступної частини двостороннього проміжного ребра жорсткості повинна бути не меншою за 90 мм.

Рекомендується не використовувати зварні шви, розташовані поперек верхнього пояса цих балок. При цьому торці ребер жорсткості повинні бути щільно пригнані до верхнього

пояса, а у підкранових балках для кранів груп режимів роботи 7К (у цехах металургійних виробництв) і 8К згідно з ГОСТ 25546 необхідно стругати торці ребер жорсткості, що примикають до верхнього пояса.

Можливе використання інших конструктивних рішень, що пройшли практичну апробацію.

1.13.7.4 У підкранових балках для мостових опорних кранів груп режимів роботи 1К - 5К згідно з ГОСТ 25546 допускається застосовувати односторонні поперечні ребра жорсткості, виконані зі смугової сталі або одиночних кутиків із приварюванням їх до стінки і до верхнього пояса і розташуванням відповідно до 1.13.6.5.

1.13.8 Листові конструкції

1.13.8.1 При проектуванні листових конструкцій необхідно передбачати індустріальні методи їх виготовлення і монтажу шляхом застосування:

- листів і стрічок великих розмірів;
- рулонування, виготовлення заготовок у вигляді шкаралуп тощо;
- раціонального розкрою із забезпеченням найменшої кількості відходів;
- автоматичного зварювання;
- мінімальної кількості зварних швів, що виконуються на монтажі.

1.13.8.2 Передачу зосереджених навантажень слід, як правило, передбачати через елементи жорсткості.

1.13.8.3 У місцях спряження оболонок різної форми необхідно застосовувати, як правило, плавні переходи з метою зменшення місцевих напружень.

1.13.8.4 Контур поперечних елементів жорсткості оболонок рекомендується проектувати замкненим.

1.13.8.5 Необхідно, як правило, застосовувати стикові зварні з'єднання. З'єднання листів завтовшки 5 мм і менше, а також монтажні з'єднання допускається передбачати внапусток.

1.13.8.6 Виконання всіх стикових швів слід здійснювати двостороннім зварюванням або одностороннім зварюванням з підварюванням кореня шва або на підкладках. У проекті слід указувати на необхідність забезпечення щільності з'єднань конструкцій, в яких ця щільність є потрібною.

1.13.9 Висячі покриття

1.13.9.1 Для висячих конструкцій слід, як правило, застосовувати канати, пасма і високоміцний дріт. Допускається застосування прокату.

1.13.9.2 Покрівля висячого покриття, як правило, повинна бути розташована безпосередньо на несучих нитках і повторювати утворену ними форму. Допускається

покрівлю підняти над нитками, обперши її на спеціальну надбудовану конструкцію чи підвісити покрівлю до ниток знизу. У цих випадках форма покрівлі може відрізнятися від форми провисання ниток.

1.13.9.3 Обриси опорних контурів слід призначати з урахуванням кривих тиску від зусиль у прикріплених до них нитках при розрахункових навантаженнях.

1.13.9.4 Для забезпечення герметичності та інших експлуатаційних якостей прийнятої конструкції покрівлі необхідна стабілізація покриття при дії змінних навантажень, у тому числі вітрового від'ємного тиску (відсосу). При цьому слід перевіряти зміну кривизни покриття у двох напрямках - уздовж і впоперек ниток.

Необхідна стабілізація покриття досягається за допомогою таких конструктивних заходів:

- збільшенням натягу нитки за рахунок збільшення ваги покриття чи попереднього напруження;

- створенням спеціальної стабілізуючої конструкції;

- застосуванням гнучко-жорстких ниток;

- перетворенням системи ниток і покрівельних плит у єдину конструкцію.

1.13.9.5 Переріз нитки повинен бути розрахований на дію найбільшого зусилля, що виникає при розрахунковому навантаженні, з урахуванням зміни заданої геометрії покриття. У сітчастих системах, окрім цього, переріз нитки повинен бути перевірений на зусилля від дії змінного навантаження, прикладеного тільки уздовж нитки, яка розглядається.

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

1.13.9.7 При розрахунку ниток, виконаних з канатів і їх закріплень, слід приймати коефіцієнт умов роботи γ_c = 0,8; для стабілізуючих канатів, що не служать затяжками для опорного контуру, коефіцієнт умов роботи γ_c=1,0.

1.13.9.8 Опорні вузли ниток із прокатних профілів слід виконувати, як правило, шарнірними.

1.13.10 Мембранні покриття

1.13.10.1 Мембранні покриття, як правило, повинні бути стабілізовані від надмірних деформацій одним із таких заходів:

- збільшенням власної ваги покриття;

- введенням у конструкцію згинально-жорстких елементів (лінійних стабілізуючих елементів);

- попереднім напруженням системи покриття;

- раціональною формою поверхні.

1.13.10.2 Мінімальна товщина листового прокату для прольотної частини мембрани повинна бути не меншою ніж 2 мм. Мембранні полотнища повинні мати максимальні розміри в плані з урахуванням їх умов виготовлення, транспортування і монтажу, і поставлятися на монтажну площадку в рулонах. Максимальна ширина полотнища, як правило, не повинна перевищувати 12 м, а довжина рулону має дорівнювати прольоту або радіусу покриття.

Мембранні полотнища рекомендується з'єднувати між собою і з опорним контуром зварюванням внапуск (безперервним кутовим швом, точковим проплавленням) або на високоміцних болтах.

1.13.10.3 Лінійні стабілізуючі елементи складають основу, на яку укладаються полотнища мембрани в період монтажу, і можуть служити системою стабілізації під час експлуатаційного періоду покриття.

Лінійні стабілізуючі елементи складаються з напрямних і поперечних в'язей.

Напрямні стабілізуючі елементи розташовуються уздовж мембранних полотнищ із кроком, що дорівнює їх ширині. При ширині полотнищ понад 6 м напрямні рекомендується встановлювати з кроком, що дорівнює половині ширини полотнища мембрани. Крок напрямних повинен бути узгоджений із кроком колон і розмірами елементів опорного контуру.

Поперечні стабілізуючі елементи рекомендується виконувати з гнутих або прокатних профілів і встановлювати з кроком 3...6 м. Кріплення поперечних стабілізуючих елементів до напрямних повинно забезпечувати роботу напрямних стабілізуючих елементів за нерозрізною схемою.

Виконувати стабілізуючі елементи необхідно зі сталевої смуги завширшки 300...500 мм довжиною, що дорівнює прольоту мембрани.

1.13.10.4 Для покриттів великих прольотів опорний контур рекомендується виконувати сталебетонним із монолітного бетону, укладеного у металеву опалубку. Для жорстких контурів рекомендується застосовувати залізобетон.

Для мембранних покриттів малих і середніх прольотів зовнішні і внутрішні опорні контури рекомендується виконувати гнучкими, металевими з прокатних або зварних профілів двотаврового або коробчастого перерізу. Монтажний стик елементів опорного контуру рекомендується виконувати фланцевим на високоміцних болтах або зварним.

1.13.10.5 При проектуванні прямокутних або квадратних у плані мембран покриттів у кутах опорного контуру слід застосовувати, як правило, плавне спряження елементів контуру.

Спряження елементів контуру в кутах покриттів на квадратному або прямокутному

плані з плоским опорним контуром рекомендується виконувати із застосуванням вутів (розпірок). Опорний контур плоских покриттів на прямокутному плані рекомендується виконувати з кутовими поширеннями.

Опорний контур покриттів на овальному або еліптичному плані рекомендується виконувати просторовим (вигнутим у вертикальній площині), що дозволяє наблизити характер його роботи до безмоментного.

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

1.13.10.6 Для мембранних конструкцій слід, як правило, використовувати сталі з підвищеною корозійною стійкістю.

При розробці вузлів і з'єднань мембранних покриттів необхідно враховувати конструктивні вимоги, призначені для запобігання загальній корозії тонкостінних елементів і щілинній корозії за наявності з'єднань, що виконуються внапуск.

Мембрани, виконані з нержавіючої сталі, протикорозійного захисту не потребують.

1.13.11 Опорні частини

1.13.11.1 Нерухомі шарнірні опори з центруючими прокладками, тангенціальні, а при дуже великих реакціях - балансирні слід застосовувати за необхідності суворо рівномірного розподілення тиску під опорою.

1.13.11.2 Площинні або коткові рухомі опори необхідно застосовувати у тих випадках, коли нижче розташована (підопорна) конструкція повинна бути розвантажена від горизонтальних зусиль, які виникають при нерухомому обпиранні балки або ферми.

1.13.11.3 Коефіцієнт тертя приймається таким, що дорівнює: в площинних рухомих опорах - 0,3, в коткових опорах - 0,03.

1.13.12 Фланцеві з'єднання

1.13.12.1 При проектуванні фланцевих з'єднань необхідно:

- обирати сталь для фланців з урахуванням гарантії властивостей у напрямку товщини прокату;

- використовувати високоміцні болти, що забезпечують зниження трудомісткості монтажних робіт, а також можливість сприйняття поперечних зусиль за рахунок сил тертя між фланцями.

1.13.12.2 При розрахунку фланцевих з'єднань у залежності від конструктивного рішення, характеру діючих у з'єднанні зусиль і вимог експлуатації слід перевіряти:

- несучу здатність болтового з'єднання;

- несучу здатність фрикційного з'єднання;

- міцність фланців при згині;

- міцність фланців при розтягу в напрямку товщини прокату;

- міцність зварних швів, що з'єднують фланець з основним елементом.

1.13.13 З'єднання з фрезерованими торцями

1.13.13.1 У з'єднаннях елементів із фрезерованими торцями (наприклад, у стиках і базах колон тощо) розрахункове зусилля стиску слід вважати таким, що цілком передається через торці елементів.

1.13.13.2 У позацентрово-стиснутих елементах зварні шви і болти, включаючи високоміцні, при дії в зазначених з'єднаннях поздовжньої сили і згинального моменту слід розраховувати на максимальне зусилля розтягу від дії моменту і поздовжньої сили при найбільш несприятливому їхньому сполученні, а також на зусилля зсуву від дії поперечної сили.

1.13.14 Монтажні кріплення

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

Болти класів точності В і С у монтажних з'єднаннях цих конструкцій допускається застосовувати для кріплення:

- прогонів, елементів ліхтаря, в'язей по верхніх поясах ферм (за наявності в'язей по нижніх поясах або жорсткій покрівлі), вертикальних в'язей між фермами і ліхтарями, а також елементів фахверку;

- в'язей по нижніх поясах ферм за наявності жорсткої покрівлі (залізобетонних чи армованих плит з ніздрюватих бетонів, сталевого профільованого настилу тощо);

- кроквяних і підкроквяних ферм до колон і кроквяних ферм до підкроквяних за умови передачі вертикального опорного тиску через столик;

- розрізних балок кранових колій між собою, а також для кріплення їх нижнього пояса до рядових колон (за винятком колон в'язевого блока);

- балок робочих площадок, які не підлягають дії динамічних навантажень;

- другорядних конструкцій.

1.13.14.2 Для перерозподілу згинальних моментів в елементах рамних систем допускається застосування у вузлах спряження ригелів із колонами сталевих накладок, що працюють у пластичній стадії. Накладки слід виготовляти зі сталей з границею текучості до 345 Н/мм^2. Зусилля в накладках слід визначати при мінімальній границі текучості $\sigma_{y,\min} = R_{yn}$ і максимальній границі текучості $\sigma_{y,\max} = R_{yn} + 100$ Н/мм^2.

Накладки, що працюють у пластичній стадії, повинні мати стругані або фрезеровані

поздовжні кромки.

1.13.14.3 При проектуванні висотних будівель і споруд, а також споруд, монтаж яких здійснюється великими блоками, рекомендується передбачати різноманітні монтажні пристрої-ловителі (напрямні), фіксатори тощо, необхідні для полегшення наведення монтажних блоків на розташовані нижче конструкції, а також допоміжні монтажні деталі (вушки, столики тощо) для навішування монтажних пристроїв.

1.14 Додаткові вимоги до проектування конструкцій при ремонті, підсиленні і реконструкції

1.14.1 Загальні положення

1.14.1.1 Проектне рішення слід приймати на підставі спеціального обстеження конструкцій і висновку про їх 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 зберіганню, а також застосовувати конструктивні рішення, які забезпечують можливість здійснювати роботи, як правило, без зупинки виробничого процесу.

1.14.1.3 При розробленні проекту ремонту, реконструкції шляхом підсилення або зміни умов роботи конструкцій, що підлягають зберіганню, слід забезпечити їх працездатний стан.

Конструкції, які перебувають в обмежено працездатному стані, при забезпеченні необхідного контролю допускається не підсилювати на період від проведення обстеження до завершення ремонту, реконструкції.

1.14.1.4 Для конструкцій, які були запроектовані за раніше чинними нормами і технічними умовами, допускається не здійснювати перевірочний розрахунок у випадках, якщо за період експлуатації не менше ніж 15 років у них не виник фізичний знос, дефекти і пошкодження, а також не змінились умови подальшої експлуатації, не змінились навантаження і впливи, а при їх зміні не збільшились зусилля в основних елементах.

1.14.1.5 При підсиленні конструкцій необхідно передбачати конструктивні рішення і методи виконання робіт, що забезпечують плавне включення елементів і конструкцій підсилення у сумісну роботу з конструкціями, що підлягають зберіганню. У необхідних випадках слід використовувати штучне регулювання зусиль і тимчасове розвантаження конструкцій.

1.14.1.6 Заміна окремих конструкцій допускається, як правило, тільки у випадках, коли їх підсилення неможливе або економічно недоцільне.

1.14.2 Розрахункові характеристики сталі і з'єднань

1.14.2.1 Оцінку якості матеріалу сталевих конструкцій слід виконувати за даними

заводських сертифікатів або за результатами випробувань зразків згідно з вказівками ДБН 362.

1.14.2.2 Вибір визначуваних при випробуваннях показників, відбір проб для хімічного аналізу та зразків для механічних випробувань і визначення їх кількості слід виконувати згідно з вказівками ДБН 362.

Допускається не виконувати випробування металу зварних конструкцій, призначених для експлуатації, при напруженнях в них, що не перевищують 165 Н/мм^2, за умови, що розрахункова температура і показник групи S, обчислений згідно з додатком В, задовольняють обмеження, наведені в таблиці 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°C, не нижче	Показник групи S, не вище
-40	19
-30	23

1.14.2.3 Розрахункові опори зварних з'єднань конструкцій, що підлягають зберіганню, слід призначати з урахуванням марки сталі, зварювальних матеріалів, видів зварювання, положення швів і засобів їх контролю, застосованих у конструкціях. За відсутності встановлених нормами необхідних даних допускається приймати:

- для кутових швів - $R_{wf} = R_{wz} = 0{,}44\,R_{un}$; $\beta_f = 0{,}7$ і $\beta z = 1{,}0$, приймаючи при цьому γ_c=0,8;

- для розтягнутих стикових швів - $R_{wy} = 0{,}55\,R_y$ в конструкціях, виготовлених до 1972 р., і $R_{wy} = 0{,}85\,R_y$ - після 1972 р. Допускається уточнити несучу здатність зварних з'єднань за результатами випробувань зразків, відібраних із конструкції згідно з вказівками ДБН 362-92.

1.14.2.4 Розрахункові опори зрізу і розтягу болтів, а також зминанню елементів, що з'єднуються болтами, слід визначати відповідно до вказівок 1.3.6. Якщо неможливо встановити клас міцності болтів, то значення розрахункових опорів одноболтових з'єднань слід приймати: R_{bs} = 150 Н/мм^2 і R_{bt} = 160 Н/мм^2.

1.14.2.5 Розрахункові опори заклепкових з'єднань слід приймати за таблицею 1.14.2.

Якщо у виконавчій документації відсутні вказівки про спосіб утворення отворів і матеріал заклепок, а встановити їх за наявними даними неможливо, розрахункові опори заклепкових з'єднань необхідно приймати за таблицею 1.14.2, як для з'єднань на заклепках групи С із сталі марки Ст2.

Розрахунки заклепкових з'єднань слід виконувати відповідно до 1.12.2.9, приймаючи

$R_{bs} = R_{rs}$; $R_{bp} = R_{rp}$; $R_{bt} = R_{rt}$; $A_b = A_{bn} = A_r = 0{,}785 d_r^2$; $\gamma_b = 1{,}0$; $d_b = d_r$, де d_r - діаметр заклепки, A_r - площа перерізу заклепки.

Таблиця 1.14.2 - Розрахункові опори заклепкових з'єднань

Напружений стан	Умовна познака	Група з'єднання	Розрахунковий опір заклепкового з'єднання, Н/мм²		
			зрізу і розтягу заклепок із сталі марок		зминанню з'єднувальних елементів
			Ст2 , Ст3	09Г2	
Зріз	R_{rs}	В	180	220	–
		С	160	–	–
Розтяг (відрив головки)	R_{rt}	В, С	120	150	–
Зминання	R_{rp}	В	–	–	$R_{rp} = 2{,}0\ R_y$
		С	–	–	$R_{rp} = 1{,}7\ R_y$

Примітка 1. До групи В належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені у зібраних складаних елементах або в деталях із застосуванням кондуктора. До групи С належать з'єднання, у яких заклепки влаштовані в отвори, просвердлені в окремих деталях без застосування кондуктора.

Примітка 2. При застосуванні заклепок з потайними чи напівпотайними головками розрахункові опори заклепкових з'єднань зрізу і зминанню зменшуються множенням на коефіцієнт 0,8. Робота зазначених заклепок на розтяг не допускається.

1.14.3 Підсилення конструкцій

1.14.3.1Конструкції, що експлуатуються при додатній температурі і виготовлені з киплячої низьковуглецевої сталі, а також з інших сталей, у яких за результатами випробувань значення ударної в'язкості є нижчими за регламентовані (таблиця Д1 додатка Д), можуть не підлягати підсиленню або заміні за умови, що напруження в елементах із цих сталей не будуть перевищувати значень, що були до ремонту і реконструкції. Рішення про використання, підсилення чи заміну цих конструкцій, експлуатація яких буде відрізнятися від вказаних умов, слід приймати на підставі спеціального дослідження.

1.14.3.2 Розрахункову схему конструкції, споруди чи будівлі в цілому слід приймати з урахуванням особливостей їх дійсної роботи, у тому числі з урахуванням фактичних відхилень геометричної форми, розмірів перерізів, умов закріплення і виконання вузлів спряження елементів.

Перевірочні розрахунки елементів конструкцій та їх з'єднань слід виконувати з урахуванням виявлених дефектів і пошкоджень, встановлених кількісних показників корозійного зносу, фактичних умов спряження і обпирання. Розрахунок елементів допускається виконувати за деформованою схемою, приймаючи при цьому коефіцієнт умов роботи γ_c=1,0 для поз. 3,6 і 7, а) за таблицею 1.1.1.

1.14.3.3 Конструкції, що не задовольняють вимоги розділів 1.4-1.7, 1.10, 1.12, 1.13.7.

1.13.8, а також вимоги ДСТУ Б В.1.2-3 щодо обмеження вертикальних прогинів, які забезпечують нормальну експлуатацію технологічного і підіймально-транспортного устаткування, повинні бути,як правило, підсилені чи замінені, за винятком випадків, указаних в цьому розділі.

Відхилення від геометричної форми, розмірів елементів і з'єднань від номінальних, які перевищують допустимі відхилення відповідно до правил виконання і приймання робіт, але не перешкоджають нормальній експлуатації, можуть не усуватися за умови забезпечення несучої здатності конструкцій і виконання вимог 1.14.3.2.

1.14.3.4 Допускається не підсилювати елементи конструкцій, якщо:

- їх горизонтальні переміщення і вертикальні прогини перевищують граничні значення, встановлені ДСТУ Б В.1.2-3, але не перешкоджають нормальній експлуатації, виходячи з технологічних вимог;

- їх гнучкість перевищує граничні значення, регламентовані в розділі 1.9 цих Норм, але вони мають викривлення, що не перевищують граничних значень, установлених правилами виконання і приймання робіт, і зусилля в елементах не зростатимуть у 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 й активного регулювання зусиль у них, у тому числі за рахунок зварювання, зміни конструктивної і розрахункової схеми, а також розглядати пружно-пластичну роботу сталі, роботу тонкостінних елементів і обшивок конструкцій у закритичній стадії згідно з чинними нормами.

1.14.3.6 Конструктивні заходи з підсилення і методи їх виконання повинні передбачати заходи щодо зниження небажаних додаткових деформацій у процесі підсилення. Несуча здатність конструкцій у процесі виконання робіт із підсилення повинна бути забезпечена розрахунком з урахуванням послаблення розрахункових перерізів додатковими отворами під болти та несприятливого впливу зварювання.

У необхідних випадках у період підсилення конструкція повинна бути повністю або частково розвантажена.

1.14.3.7 У конструкціях груп Б, В відповідно до додатка В, які експлуатуються в неагресивному або слабоагресивному середовищах, для забезпечення сумісної роботи деталей підсилення та існуючої конструкції допускається застосовувати переривчасті фланкові зварні шви.

В усіх випадках застосування кутових зварних швів слід, як правило, призначати мінімально необхідні катети. Допускається кінцеві ділянки швів проектувати з катетом

більшим ніж катет проміжних ділянок, і визначати їх розміри розрахунком.

1.14.3.8 При підсиленні елементів конструкцій допускається застосовувати комбіновані з'єднання: заклепкові з фрикційними; заклепкові з болтовими, болти мають бути класу точності А.

1.14.3.9 В елементах конструкцій категорій за призначенням А, Б чи В згідно з додатком В, що підлягають при підсиленні нагріванню внаслідок зварювання, розрахункове напруження σ_d не повинне перевищувати значень відповідно $0{,}2R_y$; $0{,}4R_y$ чи $0{,}8R_y$.

Напруження σ_d слід визначати від навантажень, що діють при підсиленні для непідсиленого перерізу, з урахуванням фактичного стану конструкцій (послаблення перерізу, викривлень елемента тощо).

При перевищенні зазначених напружень необхідне розвантаження конструкцій або підведення тимчасових опор.

1.14.3.10 При розрахунку елементів конструкцій, підсилених за допомогою збільшення перерізу, слід, як правило, враховувати різні розрахункові опори матеріалів конструкції та підсилення. Допускається приймати один розрахунковий опір, що дорівнює меншому з них, якщо вони відрізняються не більше ніж на 15%.

1.14.3.11 При розрахунку на стійкість елементів при центральному стиску і стиску зі згином допускається приймати для підсилення перерізу в цілому приведене значення розрахункового опору, що обчислюється за формулою

$$R_{y,ef} = R_y\sqrt{K}, \qquad (1.14.1)$$

де R_y – розрахунковий опір основного металу, що визначається згідно з вимогами 1.14.2.2;
K – коефіцієнт, який обчислюється за формулою

$$K = \left[\frac{R_{ya}}{R_y} - \frac{A}{A_a}\left(\frac{R_{ya}}{R_y} - 1\right)\right] \times \left[\frac{R_{ya}}{R_y} - \frac{I}{I_a}\left(\frac{R_{ya}}{R_y} - 1\right)\right], \qquad (1.14.2)$$

де R_{ya} – розрахунковий опір металу підсилення;
A, I – відповідно площа і момент інерції непідсиленого перерізу елемента відносно осі, перпендикулярної до площини перевірки стійкості;
A_a, I_a – те саме підсиленого перерізу в цілому.

1.14.3.12 Розрахунок на міцність і стійкість елементів, підсилених способом збільшення перерізів, слід, як правило, виконувати з урахуванням напружень, які існували в елементі в момент підсилення (з урахуванням розвантаження конструкції). При цьому, необхідно враховувати початкові викривлення елементів, зміщення центра ваги підсиленого перерізу і викривлення, викликані зварюванням.

Викривлення від зварювання при перевірці стійкості елементів при центральному стиску і стиску зі згином допускається враховувати введенням додаткового коефіцієнта умов роботи $\gamma_{c,ad}$ =0,8.

Перевірку на міцність елементів, для яких згідно з 1.14.3.10 допускається приймати один розрахунковий опір, окрім розрахунку за формулами (1.5.10), (1.5.11) і (1.5.19), допускається виконувати на повний розрахунковий опір без урахування напружень, які існували до підсилення, а при перевірці стійкості стінок допускається використовувати додатковий коефіцієнт умов роботи $\gamma_{c,ad} = 0{,}8$.

1.14.3.13 Розрахунок на міцність елементів конструкцій, які підсилюються методом збільшення перерізів, слід виконувати за формулами:

а) для центрально-розтягнутих симетрично підсилюваних елементів - за формулою (1.4.1);

б) для центрально-стиснутих симетрично підсилюваних елементів

$$\frac{N}{AR_y\gamma_N\gamma_c} \le 1, \qquad (1.14.3)$$

де $\gamma_N = 0{,}95$ – при підсиленні без використання зварювання;

$\gamma_N = 0{,}95 - 0{,}25\sigma_d / R_y$ – при підсиленні з використанням зварювання;

в) для несиметрично підсилюваних центрально-розтягнутих, центрально-стиснутих і позацентрово стиснутих елементів

$$\frac{1}{R_y\gamma_M\gamma_c}\left(\frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x}y + \frac{M_y}{I_y}x\right) \le 1, \qquad (1.14.4)$$

де $\gamma_M = 0{,}95$ – для конструкцій категорії за призначенням А; $\gamma_M = 1{,}0$ – для конструкцій категорії за призначенням Б і В за таблицею В1 додатка В; при $N/(AR_y) \ge 0{,}6$ слід приймати $\gamma_M = \gamma_N$, тут γ_N слід визначати, як у формулі (1.14.3).

У формулі (1.14.4) необхідно приймати абсолютні значення розрахункових внутрішніх зусиль N, M_x і M_y. Моменти інерції перерізу I_x і I_y слід визначати відносно головних осей підсиленого перерізу.

1.14.3.14 Допускається не підсилювати існуючі сталеві конструкції, виконані з відхиленням від вимог 1.12.1.5, 1.12.1.10, 1.12.2.2, 1.13.2.1, 1.13.3.1, 1.13.3.3, 1.13.3.6, 1.13.6.1, 1.13.6.4, 1.13.14.1 і вимог до конструкцій за умови, що:

- відсутні пошкодження елементів конструкцій, викликані цими відхиленнями;
- виключені зміни у несприятливу сторону умов експлуатації конструкцій;
- несуча здатність і жорсткість обумовлені розрахунком з урахуванням вимог 1.14.3.2, 1.14.3.4, 1.14.3.8;
- виконуються заходи щодо запобігання руйнуванню конструкцій від утомленості, на які поширюються вказівки розділу 11 цих Норм.

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

2 ВИМОГИ ВИГОТОВЛЕННЯ

2.1 Загальні положення

2.1.1 Положення цього розділу регламентують загальні вимоги до виготовлення і контролю якості сталевих будівельних конструкцій та чинні для всіх підприємств, які займаються виготовленням сталевих конструкцій, а також наглядових органів для:

- затвердження при розробленні конструкторської і технологічної документації;
- здійснення контролю якості при виготовленні сталевих конструкцій.

2.1.2 Вимоги цього розділу можуть бути використані для сертифікації продукції, у тому числі обов'язкової.

2.1.3 Вимоги цього розділу не поширюються на конструкції зі сталі класу С440 - С590, що підлягають безпосередньому впливу вібраційних або динамічних навантажень.

2.1.4 Сталеві конструкції зі сталей класу до С390 включно, що зводяться або експлуатуються в кліматичних районах з розрахунковою температурою до - 40 °С, слід виготовляти за плюсової температури.

2.1.5 Для сталей класу до С390 включно за температури нижче -25 °С, а для сталі марки С440 - за температури нижче 0 °С забороняються ударні впливи при виготовленні, а також різання на ножицях і продавлювання отворів.

2.1.6 При виготовленні та прийманні сталевих конструкцій, окрім вимог цього розділу, слід керуватися відповідними додатковими правилами для окремих видів споруд, наведених в нормативних документах на ці споруди.

2.1.7 Положення цього розділу не поширюються на конструкції, виготовлення і приймання яких повинно проводитися за правилами, регламентованими Держпромтехнаглядом України.

2.2 Вимоги до конструкторської документації, контроль якості

2.2.1 Уся конструкторська документація, яка надходить до підприємства, має бути розглянута і проаналізована з метою виявлення помилок та перевірки технологічності складання.

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

2.2.3 При розробленні креслень стадії КМД слід враховувати вимоги, обумовлені технологією монтажних робіт (членування на відправні елементи, вказівки щодо загального та контрольного складання, укомплектування деталями для складання, установки та зварювання на монтажі тощо), і технологічні можливості підприємства-виробника.

2.2.4 Організація, що розробляє креслення стадії КМД, несе відповідальність за

відповідність їх кресленням стадії КМ, за розрахункову міцність усіх заводських і монтажних з'єднань конструкцій, за правильність розмірів елементів конструкцій і ув'язування їх між собою, а також за виконання вимог, обумовлених технологією монтажних робіт. Відхилення від креслень стадії КМ, як правило, не допускаються. У разі потреби вони повинні бути погоджені з розробниками креслень стадії КМ.

2.2.5 При виготовленні сталевих конструкцій повинен бути забезпечений контроль за виконанням вимог проектної документації, технологічних карт, проекту виконання робіт.

Контроль повинен здійснюватися при:

- виготовленні деталей;
- складанні конструкцій (або відправних марок) під зварювання або з'єднання болтами;
- зварюванні або постановці болтів;
- загальному або контрольному складанні;
- попередньому напруженні конструкцій;
- підготовці поверхонь під ґрунтування;
- підготовці поверхонь під фарбування;
- ґрунтуванні і фарбуванні;
- нанесенні захисних покриттів;
- випробуванні конструкцій.

2.2.6 Якість і марки матеріалів, які відповідно до проекту застосовують при виготовленні конструкцій, повинні задовольняти вимоги 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, зберігання металопрокату, зварювальних, лакофарбових матеріалів і металовиробів

2.3.1 Увесь сталевий прокат і гнуті профілі (далі - "сталь") повинні бути перевірені на відповідність його чинним стандартам або технічним умовам, розсортовані, замарковані, розкладені за профілями, марками та плавками і перед подачею у виробництво виправлені, очищені від окалини, іржі, масел, вологи, снігу, льоду та інших забруднень, а також захищені від корозії ґрунтовкою, що дозволяє виконувати зварювання.

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

2.3.3 При надходженні прокату до виробника слід перевіряти:

- кількість за теоретичною вагою;
- сортамент і марки сталей;

- клейма/бірки підприємств-постачальників;

- наявність видимих тріщин, раковин, розшарувань, закатів, загальних деформацій, які перевищують граничні значення, наведені у нормативних документах на прокат.

За наявності відхилень від вимог нормативних документів слід складати рекламаційний акт.

2.3.4 Вагу металоконструкцій слід визначати за теоретичною вагою, яка обчислюється за кресленнями проекту стадії КМ. Для уточнення ваги конструкції за робочими кресленнями стадії КМД визначену попередньо вагу необхідно збільшити на 3%. Отриману вагу слід збільшити на 1%, врахувавши у такий спосіб вагу зварних швів. Для складних (індивідуального виготовлення) конструкцій дозволяється фактичну вагу зварювальних швів визначати за розробленими деталювальними кресленнями стадії КМД.

До загальної ваги металоконструкцій за необхідності може бути додана вага монтажних пристосувань і вага для упаковки і транспортування конструкцій.

2.4 Підготовка металопрокату, зварювальних і лакофарбових матеріалів

2.4.1 Виправлення прокату в залежності від профілю необхідно виконувати, як правило, у холодному стані. Гранично-допустимі значення прогинів після холодного виправлення наведені в таблиці 2.4.1.

2.4.2 Допускається виправлення сталі місцевим нагріванням полум'ям газових пальників, при цьому температура зони нагрівання не повинна перевищувати 800 °С - для гарячекатаних і нормалізованих сталей, 650 °С - для термічно покращених сталей.

2.4.3 Після виправлення прокат повинен відповідати наступним вимогам:

- не мати тріщин і розшарувань; при цьому допускається наявність місцевих вм'ятин по товщині та ширині прокату на глибину, що не перевищує подвоєної величини мінусового допуску для даного виду прокату, передбаченого відповідними ГОСТ чи ТУ, але в усіх випадках не більше ніж 1 мм - за товщиною прокату та 3 мм - за габаритними розмірами поперечного перерізу;

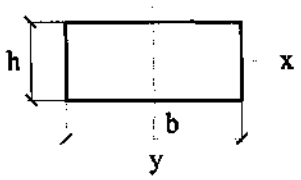
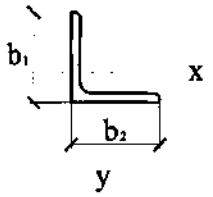
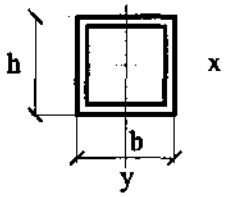
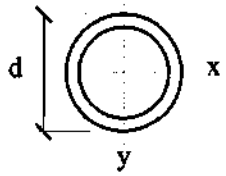
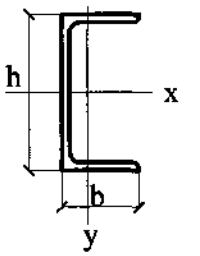
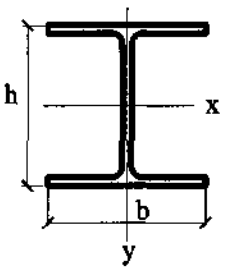
- розбіжність площини перерізів профільного прокату не повинна перевищувати відповідних допусків, установлених ДСТУ чи ТУ для даного виду прокату;

- граничні прогини профільного прокату по всій довжині елемента не повинні перевищувати $0{,}001l < 10$ мм, а прогини місцевого скривлення - 1 мм на ділянці елемента довжиною 1,0 м;

- площинність листового прокату повинна відповідати ГОСТ 19903.

2.4.4 Перед застосуванням лакофарбові матеріали повинні бути доведені до параметрів, установлених технологічним регламентом і НТД на конкретний матеріал.

Таблиця 2.4.1 - Гранично-допустимі значення прогинів після холодного виправлення

Профіль	Ескіз	Нейтральна вісь	Граничний прогин, що допускається, мм
Сталь листова, універсальна, смугова, квадратна		$x-x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{800b}$
Сталь кутикова		$x-x$	$\frac{l^2}{720b_1}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{720b_2}$
Гнутозварні профілі		$x-x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{400b}$
Труби, круг		$x-x$	$\frac{l^2}{400d}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{400d}$
Швелери		$x-x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{720b}$
Двотаври		$x-x$	$\frac{l^2}{400h}$
		$y-y$	$\frac{l^2}{400b}$

Примітка. l – довжина відрізка елемента з прогином одного знака.

2.5 Розмічання, намічання, виготовлення шаблонів і кондукторів, виправлення і згинання

2.5.1 Розмічання слід виконувати за допомогою рулеток, що відповідають точності другого класу згідно з ГОСТ 7502, і лінійок вимірювальних металевих згідно з ДСТУ 427.

При розмічанні необхідно враховувати припуски на механічну обробку й усадку від зварювання за вказівками, наведеними у таблиці 2.5.1.

Таблиця 2.5.1 - Припуски на механічну обробку й усадку від зварювання

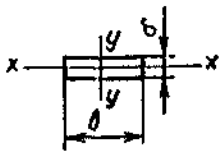
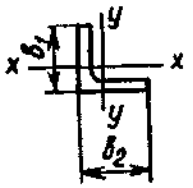
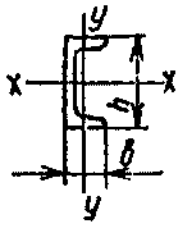
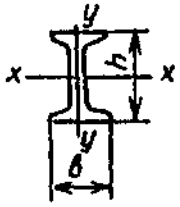
Призначення припуску	Характеристика припуску	Розмір припуску, мм
На ширину різання	При ручному кисневому різанні листового прокату для товщини сталі, мм:	
	5...25	4,0
	28...50	5,0
	50... 100	6,0
	При машинному кисневому і полум'яно-дуговому різанні листового прокату для товщини сталі, мм:	
	5...25	3,0
	28...50	4,0
	50...100	5,0
	При ручному кисневому різанні профільного прокату	4,0
На фрезерування торців	На кожен торець, що фрезерують	5,0
На стругання та фрезерування кромок	На кожну оброблювану кромку:	
	- при різанні на гільйотинних ножицях і кисневому ручному різанні	5,0
	- при різанні на газорізальних машинах	3,0
На усадку при зварюванні	Стикові шви (усадка перпендикулярно до стику):	
	- листовий прокат товщиною, мм:	
	до 16	1,0
	до 40	2,0
	понад 40	3,0...4,0
	- профільний прокат:	
	- кутики, швелери, труби, балки з висотою стінки, мм:	
	400 і менше	1,0
	понад 400	1,5
	поздовжні кутові шви, на кожен 1 м шва	1,0

2.5.2 Кондуктори для свердління отворів слід виготовляти зі сталі, при цьому запресовані втулки повинні бути загартовані. Кондуктори мають бути виготовлені з точністю, наведеною в таблиці 2.5.2.

Таблиця 2.5.2 - Точність виготовлення кондукторів

Найменування параметра	Граничний відхил, мм
Внутрішній діаметр втулок	+0,15
Відстань між центрами двох сусідніх втулок, у тому числі по діагоналі	±0,25
Відстань між будь-якими втулками в групі, у тому числі по діагоналі	±0,35
Відстань між групами отворів	±1,0

Таблиця 2.5.3 - Граничні величини радіуса кривизни і стріли прогину

Прокат	Ескіз	Вісь	Радіус кривизни ρ і стріла прогину f			
			при гнутті		при виправленні	
			ρ	f	ρ	f
Листова і смугова сталь універсальна та смугова сталь (шаблеподібність)		$x-x$	25δ	$\frac{l^2}{200\delta}$	50δ	$\frac{l^2}{400\delta}$
		$y-y$	–	–	–	$\frac{l^2}{800b}$
Кутик		$x-x$	$45b_1$	$\frac{l^2}{360b_1}$	$90b_1$	$\frac{l^2}{720b_1}$
		$y-y$	$45b_2$	$\frac{l^2}{360b_2}$	$90b_2$	$\frac{l^2}{720b_2}$
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		–	$30d$	–	$60d$	–

l – довжина погнутої частини; δ – товщина листа; b і h – ширина і висота профілю; d – діаметр труби.

Примітка 1. Виправлення універсальної і смугової сталі нагріванням опуклої сторони полум'ям газового пальника дозволяється робити при будь-якій стрілі шаблеподібності.

Примітка 2. Мінімальний радіус кривизни при гнутті листових деталей, що сприймають статичне навантаження, може бути прийнятий 12,5δ.

Примітка 3. Формули для визначення стріли прогину f при виправленні і гнутті сталі дійсні при довжині хорди, що не перевищує 1,5ρ.

2.5.3 Виправлення сталі повинно виконуватися способами, що виключають утворення вм'ятин, забоїн та інших пошкоджень на поверхні сталі.

Радіус кривизни ρ деталей у розрахункових елементах при виправленні та згинанні в холодному стані на вальцях і пресах не повинен бути меншим, а стріла прогину f не повинна бути більшою за граничні величини, наведені у таблиці 2.5.3.

2.5.4 Обробка деталей зі сталі класу до С345 включно в гарячому стані (тиском) повинна виконуватися після нагрівання до температури 900...1000 °С, а зі сталей класу С390

і С440, що поставляються в нормалізованому стані, - до температури 900...950 °С; обробка повинна припинятися за температури не нижче за 700 °С. Швидкість охолодження деталей після закінчення обробки повинна виключати загартування, жолоблення, появу тріщин і надривів. Термічно покращену сталь нагрівати до температури вище за 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 заокруглення повинні бути не меншими за 1,2*t* - для конструкцій, що сприймають статичне навантаження, і 2,5 *t* - для конструкцій, що сприймають динамічне навантаження, тут *t* - товщина сталі. Для деталей, виконаних з низьколегованої сталі, граничні розміри внутрішніх радіусів заокруглення приймають на 50% більшими ніж для вуглецевої сталі. Внутрішні радіуси заокруглень для деталей, виконаних зі сталі класу С440, повинні бути не меншими за 3*t*. У деталях з низьколегованої сталі класу до С440 включно до згинання слід прострогати кромки, що перетинають лінії згину, і видалити задирки.

2.6 Різання і обробка кромок

2.6.1 Різання профільного прокату можна виконувати фрикційними та абразивними пилками, зубчастими пилками, ручним і машинним термічним різанням без наступної механічної обробки торців деталей. Ці способи обробки допустимі для будь-яких марок сталі і будь-яких умов експлуатації конструкцій.

2.6.2 Різання листового прокату можна виконувати на прес-ножицях і гільйотинних ножицях, машинах для зарубки, у штампах, ручним і машинним термічним різанням.

2.6.3 Різання листового прокату на гільйотинних ножицях, машинах для зарубки і штампах забороняється виконувати при виготовленні деталей з будь-яких сталей для:

- конструкцій груп I і II згідно з 1.1.3.6, що працюють на розтяг, поздовжні кромки яких після складання і зварювання залишаються вільними, у тому числі стикових накладок;

- фасонок кроквяних і підкроквяних ферм, прольотних будівель транспортерних галерей, а також фасонок інших конструкцій групи I згідно з 1.1.3.6.

2.6.4 Можливе застосування без обмежень різання на гільйотинних ножицях, машинах для зарубки та в штампах з наступною механічною обробкою кромок на величину, не меншу за 0,2*t*, тут *t* - товщина листового прокату.

2.6.5 В інших випадках, за винятком вище викладених, різання на гільйотинних ножицях, машинах для зарубки та в штампах слід допускати без обмежень.

2.6.6 Кромки деталей, виконаних з низьколегованої сталі класу до С390 включно і термічно покращеної вуглецевої сталі, що не підлягають зварюванню або не повністю проплавляються при зварюванні, після ручного кисневого різання підлягають механічній обробці (струганню, фрезеруванню, обробці абразивним кругом тощо). Кромки деталей зі

сталі класу С440 підлягають струганню або фрезеруванню.

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

2.6.7 Механічна обробка виконується на глибину, що забезпечує видалення дефектів поверхні кромок, але не менше ніж на 2 мм; поверхні кромок не повинні мати надривів і тріщин. При обробці абразивним кругом сліди зачищення повинні бути спрямовані уздовж кромок.

Кромки деталей, виконаних з вуглецевої сталі класу С235, після ручного кисневого різання повинні бути очищені та не мати розшарування та задирок, що перевищують 1 мм.

2.6.8 Кромки деталей після машинного кисневого і плазмово-дугового різання, що не підлягають зварюванню або неповністю проплавляються при зварюванні, за шорсткістю поверхні різання повинні відповідати другому класу згідно з ГОСТ 14792 та у всіх випадках не мати нерівностей, що перевищують 0,3 мм.

Величина неперпендикулярності кромок, що з'єднуються, встановлюється за третім класом ГОСТ 14792, але не більше 2 мм.

Кромки деталей, виконаних з низьколегованої сталі, що працюють на розтяг, а також кромки всіх розрахункових деталей у конструкціях, що безпосередньо сприймають динамічні або вібраційні навантаження і не відповідають за шорсткістю поверхні різання вищевказаним вимогам, підлягають механічній обробці відповідно до вказівок 2.6.3 і 1.12.4. Окремі місця з висотою нерівностей, що перевищує 0,3 мм, а також вириви, які не призводять до відхилень розмірів деталей за межі допусків у кількості не більше ніж один на 1 м довжини різання, допускається виправляти плавним зачищенням.

У конструкціях, що працюють на статичне навантаження, допускається виправляти кромки з вихватами зварюванням за спеціальною технологією з наступним зачищенням місць виправлення.

2.6.9 Кромки деталей усіх товщин, які виконані з низьколегованої сталі і працюють на розтяг, та з вуглецевої сталі товщиною понад 10 мм, кромки фасонок ферм, виконаних з усіх марок сталей, а також кромки всіх розрахункових деталей у конструкціях, що сприймають динамічні навантаження, після різання на ножицях підлягають механічній обробці відповідно до вказівок 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 За температури навколишнього повітря нижче -15 °С кисневе різання кромок деталей, виконаних з низьколегованої сталі, що підлягають подальшій механічній обробці, слід робити з підігрівом металу в зоні різання до +100 °С.

2.6.11 При обробці кромок під зварювання допускається застосування різання (без подальшої обробки) способами, що забезпечують дотримання допусків на розміри і форму підготовки кромок, при цьому відхилення прямолінійних кромок від проектного положення обмежуються допусками на зазори згідно з ГОСТ 5264, ГОСТ 8713 і ГОСТ 14771.

Скоси по товщині на кінцях розтягнених деталей (при з'єднанні деталей різної товщини) у конструкціях, що сприймають динамічне навантаження, не повинні мати після механічної обробки виступів і пошкоджень поверхні, орієнтованих у поперечному напрямку відносно лінії дії зусилля. Рекомендується обробляти ці скоси фрезеруванням. Нерівності і пошкодження поверхні в деталях, що утворилися після поперечного стругання, повинні бути згладжені абразивною обробкою вздовж лінії дії зусилля.

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

2.6.13 Гострі кромки деталей і елементів конструкцій, котрі в подальшому мають бути пофарбовані або захищені від корозії шляхом нанесення захисних покриттів (алюмінування, цинкування тощо), повинні бути притуплені не менше ніж на 1 мм.

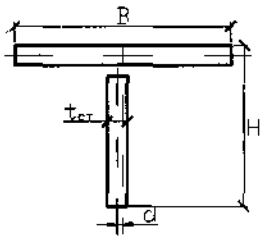
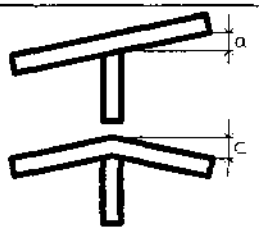
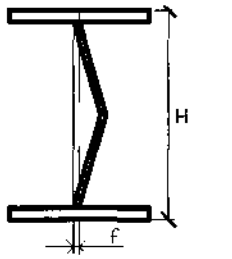
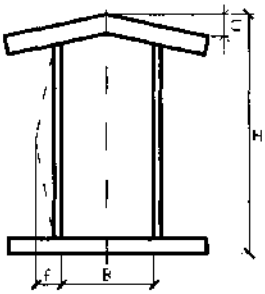
2.7 Складання

2.7.1 Складання конструкцій можна виконувати тільки з виправлених деталей і елементів, очищених від задирок, бруду, масел, іржі, вологи, льоду та снігу.

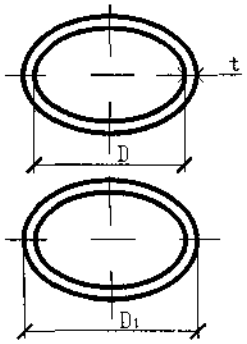
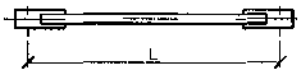
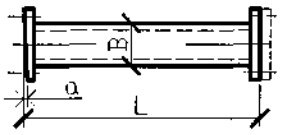
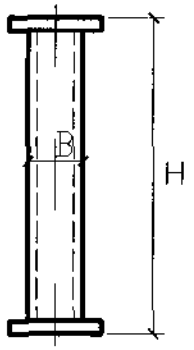
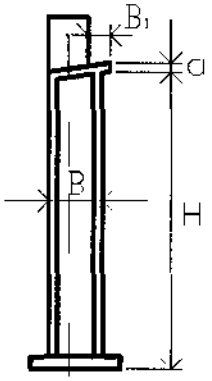
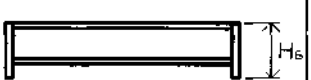
При складанні конструкцій і елементів не повинна допускатися зміна їх форми, не передбачена технологічним процесом, а при кантуванні і транспортуванні - їх залишкове деформування.

2.7.2 Граничні відхили геометричних розмірів деталей, що передаються на складання під зварювання, не повинні перевищувати граничних відхилів, наведених у проектній документації. У випадку, коли в проектній документації граничні відхили не наведені, слід дотримуватися вимог, наведених у таблиці 2.7.1.

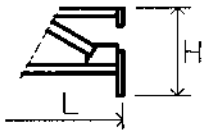
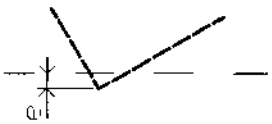
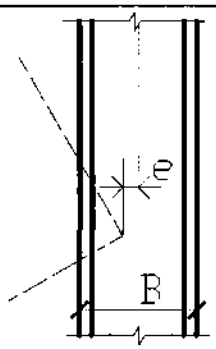
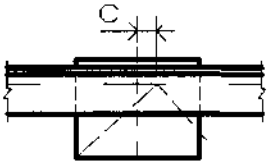
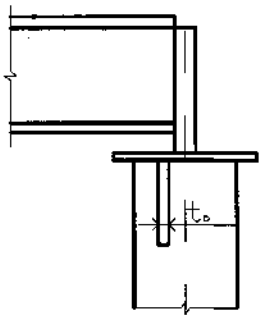
Таблиця 2.7.1 - Граничні відхили розмірів

Вид граничного відхилу	Ескіз	Величина граничного відхилу, мм
1. Відхили форми та лінійних розмірів перерізів елементів		
Двотаврові і таврові перерізи: – відхил по висоті *H*		± 3,0
Зсув стінки щодо осі полиці: – неперпендикулярність полиці *a* – неперпендикулярність полиці *c*		$\leq 0{,}5t_{ст}$, $t_{ст}$ – товщина стінки 0,01 *B*, *B* – ширина полиці
– стріла прогину стінки балки, не підкріпленої поперечними ребрами жорсткості *f* – те саме, укріпленої ребрами жорсткості		$0{,}01\ H \leq t_{ст}$ $0{,}05\ H \leq t_{ст}$
Двохстінчасті балки коробчастого перерізу: – відхил висоти *H* – відхил ширини *B* – неперпендикулярність полиць *c* – стріла прогину стінок *f*		± 3,0 ± 3,0 $\pm 0{,}015B \leq t_{ст}$, $t_{ст}$ – товщина стінки $\pm 0{,}015H \leq t_{ст}$

Продовження таблиці 2.7.1

Вид граничного відхилу	Ескіз	Величина граничного відхилу, мм
Трубчасті перерізи: – відхил зовнішнього периметра труби від теоретичного розміру $P = \pi D$, де D – діаметр труби – овальність перерізу труби в місцях, підкріплених ребрами жорсткості D_1 – те саме, у місцях, не підкріплених ребрами жорсткості		± 0,75$t_{ст}$, $t_{ст}$ – товщина стінки труби ± 0,01D ± 0,02D
2. Відхили розмірів елементів з болтовими з'єднаннями		
Фрикційні, зрізні та фрикційно-зрізні при: $L \le 6000$ мм $L \ge 6000$ мм		± 3,0 ± 5,0
Фланцеві з'єднання: – відхил довжини елемента L за наявності компенсаційних прокладок – неперпендикулярність фланця щодо осі елемента a – місцева нещільність робочої поверхні фланця		0…5,0 0,0007B, B – габарит перерізу елемента 0,3
3. Відхил розмірів L елементів з монтажними з'єднаннями: – стиковими зварними – на накладках		 0…5,0 0…10,0
4. Відхил розмірів H елементів, що передають опорні зусилля через торці: – відхил по висоті стояків і колон, що монтуються в один і два яруси – те саме, у три яруси і більше – неперпендикулярність торців щодо розміру перерізу торця – неплощинність опорної поверхні		 ± 5,0 ± 3,0 0,0007B, B – габарит перерізу 0,3
– відстань H від опорної плити стояка, колони до опорної поверхні столиків, консолей, траверс тощо – неперпендикулярність a опорної поверхні столиків, консолей, траверс щодо осі колон (по ширині опорної поверхні B_1)		± 3,0 0,001B_1
– відхил висоти балки $H_Б$ від верхнього пояса до опорної поверхні при передачі зусилля через торці опорних ребер – те саме, через опорні плити		± 2,0 ± 5,0

Кінець таблиці 2.7.1

Вид граничного відхилу	Ескіз	Величина граничного відхилу, мм
5. Ферми з передачею зусиль через торцеві опорні ребра: – відхил *H* від опорної поверхні ребра до зовнішньої поверхні верхнього пояса		± 5,0
Відхил лінійних розмірів елементів наскрізних конструкцій: – відхил довжини *L* складальних одиниць за наявності в монтажних з'єднаннях прокладок при зварному з'єднанні з накладками; – відхил висоти на опорі: – у стиках – в інших місцях		± 10,0 ± 5,0 ± 3,0
Розцентрування елементів решіток щодо осі пояса *e*: – для конструкцій із труб, прямокутних профілів, двотаврів і швелерів, стояків і колон – розцентрування відносно вертикальної осі – те саме, для конструкцій із парних кутників і таврів		± 10,0 ± 5,0 0,04*B*, *B* – габарит перерізу
6. Гранично-допустимі прогини елементів у площині та з площини по довжині *L* і висоті *H*		0,03 *B* 0,001 *H* 0,001 *L*
7. Відхил *c* вузлових фасонок наскрізних конструкцій і фасонок для приєднання в'язей, балок тощо		± 5,0
8. Зсув ребер і діафрагм жорсткості при передачі зосереджених навантажень у траверсах колон, опорних вузлах балок, рамних вузлах тощо Зсув і відхил від проектної осі ребер жорсткості і діафрагм, що забезпечують стійкість стінки		$0{,}25t_p$ t_p – товщина ребра ± 10,0

2.7.3 Прихватки, призначені для з'єднання складальних деталей, повинні розміщуватися в місцях розташування зварних швів.

Розміри перерізу прихваток повинні бути мінімально необхідними для забезпечення розплавлювання їх при накладанні швів проектного перерізу. Довжина прихваток у конструкціях, виконаних зі сталей класу до С390 включно, повинна бути не меншою ніж 50 мм, відстань між прихватками - не більшою 500 мм, а в конструкціях, виконаних зі сталі класу С440, - відповідно 100 і 400 мм при катеті шва прихватки, який приймається не більше

половини катета шва зварного з'єднання.

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

На деталях, виготовлених зі сталей класу до С390 включно, дозволяється виконання прихваток поза місцями розташування швів для тимчасового скріплення деталей у процесі їх обробки (пакетного свердління, гнуття тощо). Ці прихватки після виконання свого призначення повинні бути вилучені, а місця їх розміщення зачищені.

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

2.7.4 Форми кромок і розміри зазорів при складанні зварних з'єднань, а також вивідних планок повинні відповідати величинам, зазначеним у ГОСТ 5264, ГОСТ 8713 і ГОСТ 14771 на шви зварних з'єднань, а в конструкціях зі сталі класу С440 - відповідати спеціальним вказівкам у кресленнях.

Усі місцеві уступи і зосереджені нерівності на складальних деталях, що перешкоджають щільному їх з'єднанню, слід до складання усувати плавним зачищенням за допомогою абразивного круга.

2.7.5 Пакети з деталей під болтові з'єднання повинні бути щільно стягнуті болтами, а отвори в пакетах - суміщені складальними пробками.

Щільність стяжки пакета при складанні перевіряється щупом товщиною 0,3 мм, який не повинен проходити всередину між складеними деталями більше ніж на 20 мм, і простукуванням болтів контрольним молотком вагою 0,5 кг. Болти при цьому не повинні тремтіти або переміщуватися.

Зазор між деталями в з'єднаннях, для яких проектом передбачене щільне припасування, не повинен перевищувати 0,3 мм. При цьому щуп такої самої товщини не повинен проходити між приторцьованими поверхнями деталей.

Обушки парних кутиків, що лежать в одній площині, не повинні бути зміщені один відносно іншого більше ніж на 0,5 мм у границях вузлів і прикріплень і більше ніж на 1 мм на інших ділянках.

2.7.6 Загальне складання конструкцій повинно виконуватися шляхом послідовного з'єднання всіх елементів конструкції або окремих її частин. При цьому, повинно бути виконано припасування всіх з'єднань, включаючи розсвердлювання монтажних отворів і встановлення фіксуючих пристроїв. На всіх відправних елементах має бути проставлено індивідуальне маркування і нанесені риски.

2.7.7 Контрольне і загальне складання конструкцій з монтажними болтовими

з'єднаннями повинно виконуватися на підприємстві-виробнику, якщо це обумовлено в проектній документації; при цьому, якість виконання груп отворів у цих з'єднаннях повинна відповідати вимогам нормативної документації на монтаж конструкцій.

Контрольне складання конструкцій виконується також за вимогою технологічної документації виробника конструкцій під час періодичного контролю й випробування.

2.7.8 Загальне складання конструкцій, у тому числі негабаритних просторових конструкцій, монтаж яких здійснюється блоками, виконується за 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 більше;

-веж (площинами) посекційно з пристикуванням кожної секції до загального кондуктора;

- загальне складання башт прямокутного поперечного перерізу виконувати площинами із пристикуванням кожної площини до загального кондуктора;

- конічних частин труб;

- негабаритних бункерів;

- конструкцій транспортерних галерей - у межах одного конструктивного елемента (ферми, опори);

- листових конструкцій, при загальному складанні яких одночасно повинно бути зібрано не менше трьох царг.

2.7.10 Кожен перший і, в подальшому, кожен десятий екземпляр однотипних конструкцій, виготовлених в кондукторах, повинен проходити контрольне складання, в процесі якого проводиться перевірка відповідності виготовлених конструкцій технічній документації.

До обсягу контрольного складання однотипних конструкцій повинні входити всі елементи і деталі, виготовлені з застосуванням усього комплекту кондукторів. Кількість влаштованих повномірних складальних болтів і пробок повинна бути не більшою 30% від кількості отворів у групі, у тому числі пробок - не більше трьох.

Періодичність контрольного складання конструкцій, виготовлених в кондукторах, може бути іншою, якщо це передбачено в технічній документації.

2.7.11 Для однотипних масових конструкцій, виготовлених на спеціалізованих виробництвах в кондукторах, слід проводити (якщо інше не обумовлено технічною

документацією) контрольні складання за такою нормою: кожна п'ятдесята конструкція та не менше однієї від кожної виготовленої партії, обсяг якої становить менше 50 шт. Контрольному складанню підлягає також кожна перша конструкція.

2.8 Зварювання

2.8.1 Зварювання сталевих конструкцій слід здійснювати за розробленим на підприємстві технологічним процесом, оформленим у вигляді проекту виконання робіт (ПВР), технологічних карт тощо, у яких повинні враховуватися особливості і стан виробництва. Зварювання безпосередньо на будівництві рекомендується здійснювати за проектом виконання зварювальних робіт (ПВЗР).

2.8.2 Устаткування для зварювання повинно забезпечувати можливість ефективного виконання зварних з'єднань за технологічним регламентом. Стабільність параметрів режиму, заданого в технологічному регламенті, що забезпечується устаткуванням, повинна оцінюватися при операційному контролі процесу зварювання.

2.8.3 Механічні властивості металу зварних з'єднань повинні відповідати наступним вимогам:

- тимчасовий опір металу шва повинен бути не нижче ніж тимчасовий опір основного металу;

- твердість металу шва - не вище ніж 35 HV - для конструкцій 1-ї групи згідно з 1.1.3.4, і 400 HV - для конструкцій інших груп;

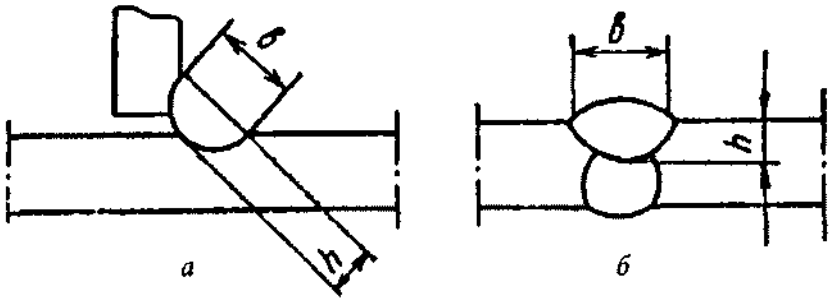
- ударна в'язкість - $KCV^{-20} \leq 29$ Дж/см^2;

- відносне видовження - не нижче 16%.

2.8.4 Зварювання наскрізних конструкцій, номенклатура яких визначається додатковими правилами для окремих видів споруд, дозволяється виконувати за загальними вказівками без спеціально розробленої технологічної документації.

2.8.5 Зварювання необхідно виконувати при стабільному режимі, встановленому технологічним процесом. Допускаються відхилення сили струму в розмірі ±5% та відхилення напруги дуги в розмірі ±5%. Режим зварювання слід підбирати так, щоб коефіцієнт форми провару шва складав: $b/h \geq$ 1,3 - для кутового шва (рисунок 2.8.1 а) і $b/h \geq 1{,}5$ - для стикового однопрохідного шва (рисунок 2.8.1 б).

2.8.6 При зварюванні особливо відповідальних і спеціальних конструкцій (категорій А, В згідно з ДБН В.1.2-14) біля шва зварного з'єднання повинен бути проставлений номер або знак зварника, що виконав цей шов. Номер або знак проставляється на відстані, не меншій 4 см від границі шва, якщо немає інших вказівок у технологічній документації.



а - кутового шва; б - стикового однопрохідного шва

Рисунок 2.8.1 - Форма провару зварних з'єднань

2.8.7 При використанні металопрокату, який не підлягав консервації, поверхні, що проплавляються, і прилеглі до них зони металу завширшки не менше 20 мм, а також кромки листів у місцях примикання вивідних планок перед складанням повинні бути очищені до чистого металу з видаленням конденсаційної вологи. За 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 їх 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 шляхом добору режимів зварювання та відповідним розташуванням зварюваних деталей. 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 шва кутового і таврового зварного з'єднання, виконаного автоматом, повинні виводитися за межі зварюваних деталей на початкові і вивідні планки. Ці планки видаляються кисневим

різанням після закінчення зварювання. Місця, де були встановлені планки, слід зачищати. Запалювати дугу і виводити кратер на основний метал конструкції за межі шва забороняється.

2.8.12 Відхили розмірів перерізу швів зварних з'єднань від проектних, що допускаються, не повинні перевищувати величин, зазначених у ГОСТ 5264, ГОСТ 8713 і ГОСТ 14771, а в конструкціях зі сталі класу С440 - відповідно до вказівок, наведених у технічній документації.

Риски від абразивної обробки після видалення вивідних планок повинні бути орієнтовані вздовж кромок зварюваних деталей. Всі опіки на поверхні основного металу від зварювання повинні бути зачищені абразивним кругом на глибину, не меншу 0,5 мм.

Ослаблення перерізу при обробці зварних з'єднань (заглиблення в основний метал) не повинно перевищувати 3 % від товщини металу.

Для видалення поверхневих дефектів з торця шва механічною обробкою дозволяється заглиблюватися в товщину металу на його вільній кромці з ухилом, що не перевищує 1:20, на величину 0,02*B*, тут *B* - ширини листа, що зварюється, але не більше ніж на 8 мм із кожної сторони без підварювання. Після обробки торців швів необхідно закруглювати гострі грані.

2.8.13 Ручне і напівавтоматичне дугове зварювання конструкцій, виконаних зі сталей класу до С440 включно, за температури сталі нижче зазначеної у таблиці 2.8.1, слід виконувати з попереднім підігрівом сталі до 120...160 °С в зоні зварювання на ширину 100 мм з кожної сторони з'єднання.

Зварювання листових об'ємних конструкцій зі сталі товщиною понад 20 мм має виконуватися способами, що забезпечують зменшення швидкості охолодження: каскадом, гіркою, двостороннім зварюванням секціями.

Зварювання конструкцій, виконаних зі сталі класу С590, слід здійснювати за температури не нижче -15 °С при товщині сталі до 16 мм і не нижче 0 °С - при товщині сталі більше 16 мм до 25 мм. При більш низьких температурах зварювання сталі зазначених товщин необхідно виконувати з попереднім підігрівом до температури 120...160 °С.

При товщині сталі понад 25 мм попередній підігрів слід виконувати в усіх випадках незалежно від температури навколишнього середовища.

Таблиця 2.8.1 - Ручне і напівавтоматичне дугове зварювання конструкцій зі сталей класу до С440 включно

Товщина сталі, мм	Мінімально допустима температура сталі, °С			
	вуглецевої		низьколегованої марок до С390 включно	
	Шви зварних з'єднань у конструкціях			
	наскрізних	листових об'ємних і суцільностінчастих	наскрізних	листових об'ємних і суцільностінчастих
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 дозволяється проводити без підігріву у конструкціях, виготовлених:

- з вуглецевої сталі завтовшки до 30 мм, якщо температура сталі не нижча -30 °С, а при більших товщинах - нижчою за -20 °С;

- з низьколегованої сталі завтовшки до 30 мм, якщо температура сталі не нижча -20 °С, а при більших товщинах - нижча - 10 °С.

2.8.15 Автоматичне зварювання за температури, нижчої за наведеної у 2.8.14, може виконуватися тільки на підвищених режимах, які забезпечують збільшену подачу тепла і уповільнюють процес охолодження.

2.8.16 Електрошлакове зварювання конструкцій, виготовлених із вуглецевої і низьколегованої сталей, може виконуватися без обмеження температури сталі.

2.8.17 За температури сталі, нижчої -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 до температури, що відповідає технологічному процесу, розробленому для зварюваних конструкцій.

2.8.18 Якість швів зварних з'єднань для кріплення складальних і монтажних пристроїв повинна бути не нижчою за якість основних швів.

2.8.19 Шви зварних з'єднань і конструкцій після закінчення зварювання повинні бути очищені від шлаку, бризок і напливів металу. Приварені складальні пристрої слід видаляти без застосування ударних впливів і пошкодження основного металу, а місця їх приварки зачищати до основного металу з видаленням усіх дефектів.

2.8.20 Контроль якості зварних швів сталевих конструкцій здійснюється методами,

наведеними у таблиці 2.8.2. Кількість швів, які контролюються, має бути зазначена в технічній документації на конструкцію.

Таблиця 2.8.2 (на заміну таблиці 3 СНиП III-18-75) - Методи контролю якості зварних швів

Метод контролю	Конструкції
1. Систематична перевірка виконання заданого технологічного процесу складання і зварювання	Усі типи конструкцій
2. Зовнішній огляд всіх швів з перевіркою розмірів	Те саме
3. Вибірковий контроль[1)] швів ультразвуковою дефектоскопією або просвічуванням проникаючим випромінюванням[1)]	Усі типи конструкцій за винятком зазначених у п. 6 цієї таблиці
4. Випробування всіх швів на непроникність одним із таких 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 непроникність і міцність повітряним, гідравлічним чи газовим тиском	Резервуари, трубопроводи і посудини; при цьому, випробувальне середовище і величина тиску приймаються відповідно за додатковими правилами або проектом
6. Контроль фізичними методами без руйнування з'єднань, що контролюються	Типи конструкцій, для яких методи і норми контролю передбачаються додатковими правилами або проектом
7. Механічне випробування контрольних зразків	Те саме
8. Металографічне дослідження макрошліфів на торцях швів контрольних зразків або на торцях стикових швів зварних з'єднань	»
[1)] Для вибіркового контролю дозволяється застосовувати інші методи контролю згідно з ДСТ 3242-69.	

2.8.21 За зовнішнім виглядом шви зварних з'єднань повинні задовольняти такі вимоги:

- мати гладку чи рівномірно лускату поверхню (без напливів, пропалів, звужень і розривів) і не мати різкого переходу до основного металу; у конструкціях, що сприймають динамічні навантаження, кутові шви повинні виконуватися з плавним переходом до основного металу;

- наплавлений метал повинен бути щільним по всій довжині шва, не мати тріщин і дефектів, окрім тих, що передбачені в 2.8.25;

- глибина підрізів основного металу не повинна перевищувати 0,5 мм - при товщині сталі від 4 мм до 10 мм і 1 мм - при товщині сталі понад 10 мм, за винятком випадків, наведених у додаткових правилах;

- усі кратери повинні бути заварені.

2.8.22 Вибірковий контроль якості швів зварних з'єднань відповідно до п.3 таблиці

2.8.2 проводиться, як правило, у місцях перетинання швів і в місцях з ознаками дефектів.

Якщо в результаті вибіркового контролю буде встановлена незадовільна якість шва, контроль продовжують до виявлення фактичних меж дефектної ділянки, після чого весь шов на цій ділянці видаляють, знову заварюють і перевіряють повторно.

2.8.23 Перевірку герметичності швів зварних з'єднань гасом слід робити рясним обприскуванням стикових швів і введенням гасу під напуск. Обробка швів гасом повинна проводитися не менше двох разів з перервою 10 хв. На протилежній стороні, вкритій водяною суспензією крейди або каоліну, протягом 4 год - при плюсовій температурі навколишнього повітря і 8 год - при мінусовій температурі не повинні з'являтися плями.

2.8.24 При перевірці непроникності швів зварних з'єднань надлишковим тиском повітря або вакуумом на поверхні шва, вкритого мильною емульсією, не повинні з'являтися бульбашки.

2.8.25 Допускаються наступні дефекти швів зварних з'єднань, що виявляються фізичними методами контролю (за винятком випадків, зазначених у додаткових правилах і спеціальних нормативних документах):

а) непровари по перерізу швів у з'єднаннях, доступних для зварювання з двох сторін, глибиною до 5% товщини металу, але не більше 2 мм при довжині непроварів не більше 50 мм, відстані між ними не менше 250 мм і загальній довжині ділянок непровару не більше 200 мм на 1 м шва;

б) непровари в корені шва в з'єднаннях без підкладок, доступних для зварювання тільки з одного боку, глибиною до 15% товщини металу, але не більше 3 мм;

в) окремі шлакові включення або пори, або скупчення їх (за групою П(Ш) і В відповідно до ГОСТ 7512) розміром (за діаметром), що не перевищує 10% товщини металу, що зварюється, але не більше 3 мм;

г) шлакові включення або пори, розташовані ланцюжком уздовж шва (за групою ЦП(ЦШ) відповідно до ГОСТ 7512), при сумарній їх довжині, що не перевищує 200 мм на 1 м шва;

д) скупчення газових пор і шлакових включень (за групою СП(СШ) відповідно до ГОСТ 7512) в окремих ділянках шва в кількості, що не перевищує 5 одиниць на 1 м^2 площі шва, при діаметрі одного дефекту не більше 1,5 мм;

е) сумарна величина непровару, шлакових включень і пор, розташованих окремо чи ланцюжком (за групами П(Ш) і ЦП(ЦШ) відповідно до ГОСТ 7512), що не перевищує в розглянутому перерізі при двосторонньому зварюванні 10% від товщини зварюваних елементів, але не більше 2 мм, і при однобічному зварюванні без підкладок - 15%, але не більше 3 мм.

У конструкціях, виконаних зі сталі марки С440, не допускаються дефекти швів, зазначені в підпунктах а) і б).

Шлакові включення або пори, що утворюють суцільну лінію вздовж шва, не допускаються.

2.8.26 У стикових і кутових швах зварних з'єднань конструкцій, що сприймають динамічні навантаження, а також у статично навантажених розтягнутих елементах допускаються одиничні пори або шлакові включення діаметром, що не перевищує 1 мм, - для сталі завтовшки до 25 мм і не більше 4% від товщини - для сталі завтовшки понад 25 мм у кількості не більше чотирьох дефектів на ділянці шва довжиною 400 мм. Відстань між дефектами повинна бути не меншою 50 мм.

У стикових і кутових швах статично навантажених стиснутих 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 самих дефектів на цій самій ділянці шва. Відстань між дефектами повинна бути не меншою 10 мм.

Характер роботи елементів приймається за технічною документацією.

2.8.27 Якщо при вибірковому контролі були виявлені недопустимі дефекти, то необхідно виявити межі дефектної ділянки додатковим контролем поблизу місць із виявленими дефектами. Якщо при додатковому контролі будуть також виявлені недопустимі дефекти, контролю повинен підлягати весь шов.

2.8.28 Тріщини у швах зварних з'єднань не допускаються. Ділянка шва з тріщиною повинна бути засвердлена (з діаметром отвору 5...8 мм) у межах габариту 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 самої сталі, що й основний виріб. Пластини прилаштовуються до виробу так, щоб шов пластин виконувався в тому самому просторовому положенні, що і шов зварюваного виробу, і був його продовженням. Пластини зварюються тим самим зварником із застосуванням тих самих режимів зварювання, матеріалів і устаткування, що і при зварюванні виробу.

2.8.30 Розміри пластин, форма і розміри зразків, а також спосіб вирізки зразків із заготовок повинні відповідати вимогам ГОСТ 6996. При цьому повинні бути проведені наступні випробування:

- на статичний розтяг стикового зварного з'єднання - 2 зразки; металу шва стикового, кутового і таврового з'єднання - по 3 зразки;

- на ударний вигин металу шва стикового з'єднання й навколошовної зони вздовж

лінії сплавлення - по 3 зразки;

- на статичний вигин стикового з'єднання - 2 зразки;

- на твердість за алмазною пірамідою всіх з'єднань елементів, виготовлених з низьколегованої сталі, - не менше ніж у чотирьох точках як металу шва, так і навколошовної зони - на одному зразку.

Нормовані показники механічних властивостей приймаються за нормами проектування металевих конструкцій. При незадовільних результатах випробувань відповідний шов повинен бути видалений, якість зварювальних матеріалів і режими зварювання, а також кваліфікація зварника додатково перевірені.

2.8.31 Дефекти зварних з'єднань повинні усуватися такими способами:

- виявлені розриви швів і кратери заварюються; шви з іншими дефектами, що перевищують допустимі, видаляються на довжину дефектного місця плюс по 15 мм із кожної сторони і заварюються знову;

- підрізи основного металу, що перевищують допустимі, зачищаються і заварюються з наступним зачищенням, що забезпечує плавний перехід від наплавленого металу до основного.

Виправлення негерметичних швів зварних з'єднань шляхом закарбування забороняється. Виправлені дефектні шви або частини їх повинні бути знову оглянуті.

2.8.32 Залишкові деформації конструкцій, що виникли після зварювання і перевищують допустимі величини, повинні бути виправлені способами термічного, механічного або термомеханічного впливу відповідно до вимог 2.5.3 і 2.5.4.

2.8.33 Під час виконання зварювальних робіт потрібно дотримуватися вимог НАПБ А.01.001.

2.9 Влаштування отворів і контрольне складання

2.9.1 Усі монтажні отвори повинні бути влаштованими на проектний діаметр на підприємстві-виробнику за винятком отворів, обумовлених у проекті відповідно до технології виконання монтажних робіт.

Утворення отворів на менший діаметр із наступним розсвердлюванням на проектний виконується тільки у випадках, передбачених технічною документацією.

2.9.2 Влаштування отворів продавлюванням забороняється застосовувати для сталей з границею текучості понад 350 МПа.

2.9.3 Співвідношення між товщиною металу і діаметром отвору при продавлюванні не повинно перевищувати таких величин:

- для болтів класів міцності 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 8.8 - не більше $0{,}7t/d_b$, де $t \le 20$ мм;

- для болтів класів міцності 10.9 і вище - не більше $0{,}5t/d_b$, де $t \le 12$ мм.

2.9.4 Забороняється виконувати продавлювання отворів у конструкціях I групи за додатком В при співвідношенні товщини металу і діаметра отвору, що перевищує $0{,}5t / d_b$.

2.9.5 У випадках, не передбачених у 2.9.2 - 2.9.4, влаштування отворів продавлюванням можна допускати без обмежень.

2.9.6 Номінальні діаметри болтів класу точності В і С, а також високоміцних і відповідні їм номінальні діаметри отворів наведені в табл. 2.9.1.

Таблиця 2.9.1 - Номінальні діаметри болтів

Металовироби і отвори	Номінальний діаметр*, мм					
Стрижні болтів класу точності В, С, а також високоміцних	12	16	20	24	30	36
Отвори для болтів:						
- не високоміцних	15	19	23	28	33	39
- високоміцних	– - -	– - -	21 23 25	25 28 30	31 33 35	– - -
* діаметр отвору приймається за проектом						

2.9.7 Номінальні діаметри отворів для болтів підвищеної точності приймаються такими, що дорівнюють номінальним діаметрам стрижнів болтів.

2.9.8 Граничні відхили діаметрів отворів залежно від способу їх утворення наведені в таблиці 2.9.2.

Таблиця 2.9.2 - Граничні відхили діаметрів отворів

Спосіб утворення отвору	Діаметр отвору	Граничний відхил діаметра, мм
Продавлювання	До 15	+ 0,6
	Понад 15 до 23	+ 0,9
Свердління	Понад 23 до 25	+ 1,2
	До 27	+ 0,6
	Понад 27	+ 0,9

2.9.9 Свердління або розсвердлювання монтажних отворів повинно виконуватись після завершення зварювання елементів.

Допускається свердління монтажних отворів у складальних деталях і гілках конструкцій за умови складання елементів у кондукторах.

Розсвердлювання отворів при загальному складанні слід виконувати після закінчення складання і перевірки всіх розмірів, включаючи ординати будівельного підйому.

2.9.10 Заводські отвори, виконані на проектний діаметр для болтів грубої і нормальної точності, а також високоміцних, повинні задовольняти у складеній конструкції такі вимоги:

- калібр, діаметр якого на 1,5 мм менший за номінальний діаметр отвору, до

прочищення отворів повинен пройти не менше ніж у 75% отворів кожної групи, в іншому випадку виконується повторне складання і перевірка отворів калібром;

- якщо при повторному складанні кількість отворів, у які пройде калібр, буде меншою за 75% від загальної кількості отворів у групі, допускається виконувати розсвердлювання отворів на наступний більший діаметр із перевіркою міцності болтового з'єднання розрахунком.

2.9.11 Контроль якості і розташування монтажних отворів, просвердлених в елементах конструкцій по кондукторах, проводиться:

а) перевіркою, після контрольного складання з вивіркою будівельного підйому усіх монтажних отворів калібром, діаметр якого на 1 мм менший за проектний діаметр отвору. При цьому калібр повинен пройти не менше ніж у 85% отворів кожної групи.

У випадку, якщо калібр проходить менше ніж у 85% отворів кожної групи, а також у випадку недотримання вимог 2.9.10, виконується повторне контрольне складання з інших елементів даної конструкції. Якщо при повторному контрольному складанні якість отворів не буде задовольняти висунуті вище вимоги, кондуктори, за якими оброблялися ці монтажні отвори, підлягають виправленню, а всі конструкції, виготовлені з застосуванням цих кондукторів, підлягають загальному складанню для виправлення дефектних отворів способами, передбаченими для заводських отворів. Конструкції, в яких монтажні отвори виправлені, повинні мати індивідуальне маркування відправних елементів;

б) перевіркою складальними кондукторами, пристроями (фіксаторами) або спеціальними контрольними шаблонами, що дозволяють контролювати взаємне розташування отворів одночасно в декількох монтажних вузлах.

2.9.12 Приймання розсвердлених отворів при загальному складанні конструкцій виконується до їх розбирання. Задирки на краях отворів повинні бути вилучені без зняття фасок.

2.10 Ґрунтування і фарбування

2.10.1 Усі сталеві конструкції повинні бути погрунтовані і пофарбовані на підприємстві-виробнику відповідно до вказівок проекту.

2.10.2 При ґрунтуванні і фарбуванні слід виконувати такі вимоги:

а) перед ґрунтуванням сталеві конструкції повинні бути очищені від забруднень і знежирені;

б) ґрунтування може виконуватися тільки після перевірки якості очищення сталевих конструкцій, а нанесення фарбувальних матеріалів - після перевірки якості ґрунтування; при виконанні робіт слід дотримуватися технології, що наведена в нормативних документах і технічних умовах на матеріали, які застосовуються;

в) у конструкціях не підлягають ґрунтуванню і фарбуванню зони монтажного зварювання на ширину 100 мм по обидві сторони від шва, а також поверхні, обумовлені в кресленнях, і контактні поверхні монтажних з'єднань на високоміцних болтах;

г) ґрунтування і фарбування слід проводити при плюсовій температурі навколишнього повітря і конструкцій (не нижче 5 °С); нанесення ґрунтовок і фарбувальних матеріалів при мінусовій температурі допускається при застосуванні матеріалів і методів проведення робіт, що забезпечують належну якість ґрунтування і фарбування;

д) частини сталевих конструкцій, що підлягають бетонуванню, не ґрунтуються, не фарбуються, а покриваються цементним молоком;

е) рулоновані конструкції слід ґрунтувати на заводі-виробнику ґрунтом, який швидко висихає;

ж) ґрунтовки і покривні матеріали повинні наноситися рівними шарами без пропусків і патьоків; товщина шарів визначається технологічними інструкціями;

з) при ґрунтуванні і фарбуванні пневматичними розпилювачами стиснене повітря повинно бути очищене від вологи, масел і пилу та відповідати вимогам ГОСТ 9.010.

2.10.3 Конструкції, виготовлені в польових майстернях за температури зовнішнього повітря нижчої 5 °С, дозволяється ґрунтувати та фарбувати в процесі монтажу за температури 5 °С і вище.

2.10.4 Башмаки колон, у яких бетон не включений в роботу споруди, можуть бути поґрунтовані і пофарбовані.

2.11 Покриття конструкцій гарячим цинкуванням і алюмінізація

2.11.1 Поверхні конструкцій перед покриттям гарячим цинкуванням або алюмінізацією повинні бути оброблені методом травлення або підлягати дробометальній чи піскоструминній обробці колотим чавунним дробом.

2.11.2 З метою запобігання утворенню тріщин у цинкових і алюмінізованих покриттях у процесі експлуатації їх товщина не повинна перевищувати 250 мкм.

Рекомендована товщина покриттів у залежності від товщини металу для сталей із вмістом кремнію до 0,07% і в межах від 0,12% до 0,4% наведена в таблиці 2.11.4.

Таблиця 2.11.4 - Рекомендована товщина покриттів

Товщина прокату t, мм, виріб	Товщина одного шару покриття, мкм	
	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 саме

2.11.3 При гарячому цинкуванні і алюмінізації на поверхні конструкцій допускають: дрібні крупинки гартцинку (діаметром не більше 2 мм), дрібні напливи цинку, що не перешкоджають з'єднанню елементів у місцях примикань, а також матові плями, сірий тон, невеликі ділянки кольору мінливості за відсутності пошкодження цинкового покриття, нерівномірну поверхню, що виникла під час складування і зберігання, пористість, невеликі темні продукти корозії цинку і алюмінію.

2.11.4 Під час цинкування або алюмінізації металовиробів і деталей з нарізними з'єднаннями зовнішнє різьблення слід нарізати з мінусовим допуском на величину цинкового шару, а внутрішнє різьблення - після цинкування.

2.11.5 Дозволено електрозварювання оцинкованих і алюмінізованих конструкцій за спеціальною технологією з наступним очищенням і фарбуванням зон зварювання силікатними лакофарбовими матеріалами.

2.11.6 Оцинковані і алюмінізовані конструкції, призначені для експлуатації в ґрунті, повинні бути додатково покриті товстошаровими матеріалами на бітумній основі.

2.11.7 У разі необхідності тривалої експлуатації оцинкованих і алюмінізованих конструкцій в середньо і сильно агресивних середовищах вони повинні бути додатково пофарбовані.

2.11.8 Розміри конструкцій, що підлягають гарячому цинкуванню або алюмінізації, повинні бути погоджені з підприємством-виробником і відповідати розмірам ванн для травлення і цинкування.

2.12 Маркування, приймання і відвантаження

2.12.1 Виготовлені конструкції повинні бути замарковані відповідно до технічної документації.

2.12.2 Виготовлені конструкції повинні бути прийняті відділом технічного контролю (ВТК) підприємства-виробника до ґрунтування та підготовки для цинкування або алюмінізації. Приймання якості ґрунтування, фарбування чи цинкування слід проводити додатково після їх виконання.

2.12.3 Відхили від проектних лінійних розмірів відправних елементів конструкцій і від проектної геометричної форми не повинні перевищувати величин, наведених у таблиці 2.7.1.

2.12.4 Шорсткість поверхні після стругання, фрезерування та свердління повинна бути не грубішою ніж для третього класу чистоти поверхні згідно з ГОСТ 2789.

2.12.5 Підприємство-виробник сталевих конструкцій після закінчення всього замовлення або окремих його частин повинен видавати сертифікати на виготовлені сталеві конструкції.

2.12.6 Виступні частини конструкцій, що транспортуються, повинні бути підкріплені, а місця монтажних з'єднань захищені від забруднення.

2.12.7 Оброблені (фрезеровані) торці, що передають зусилля, і поверхні тертя шарнірів і інших механічних деталей, а також поверхні кочення опорних частин повинні бути змащеними. Окрім того, отвори для шарнірів повинні бути захищені дерев'яними заглушками.

3 ВИМОГИ МОНТАЖУ

Вимоги даного розділу поширюються на виконання і приймання робіт, що виконуються під час монтажу (демонтажу) сталевих конструкцій при будівництві і реконструкції підприємств, будівель і споруд загального призначення.

3.1 Загальні положення

3.1.1 Монтаж і демонтаж сталевих конструкцій мають здійснювати організації незалежно від форм власності і належності, що мають необхідні ліцензії відповідно до чинного законодавства України.

3.1.2 Усі роботи з монтажу, демонтажу і реконструкції будівель та споруд із металевих конструкцій належить виконувати відповідно до затвердженого проекту виконання робіт (ПВР), для будівель та споруд із масою металевих конструкцій до 100 т - згідно з технологічними картами.

3.1.3 Під час виконання монтажних та демонтажних робіт слід дотримуватись відповідних стандартів, будівельних норм та правил з організації будівельного виробництва і охорони праці та промислової безпеки в будівництві, правил пожежної безпеки при проведенні будівельно-монтажних робіт, а також вимоги органів державного нагляду.

3.1.4 У проекті виконання робіт (ПВР) поряд із загальними вимогами ДБН А.3.1-5 мають бути передбачені:

- послідовність монтажу;
- заходи, що забезпечують необхідну точність монтажу, в тому числі геодезичні заходи;
- просторова геометрична незмінюваність конструкцій у процесі їх укрупнювального складання та встановлення в проектне положення;
- стійкість конструкцій та частин будівлі (споруди) в процесі зведення;
- ступінь укрупнення конструкцій з урахуванням вантажопідйомності механізмів;
- безпечні умови праці.

3.1.5 Виконання подальших будівельно-монтажних робіт дозволяється починати лише після повного закінчення всіх робіт зі складання, зварювання, встановлення болтів на

даній (попередній за черговістю монтажу) секції або поверсі при зведенні багатоповерхової споруди.

3.1.6 Дані про виконання будівельно-монтажних робіт слід у ході їх виконання заносити до журналів робіт із монтажу будівельних конструкцій, зварювальних робіт, антикорозійного захисту зварних з'єднань, замонолічування монтажних стиків і вузлів, виконання монтажних з'єднань на болтах з контрольованим натягом, а також фіксувати під час монтажу конструкцій їх положення на геодезичних виконавчих схемах.

3.1.7 Під час монтажу повинен бути забезпечений контроль за виконанням правил цього розділу, робочих креслень, ПВР та технологічних карт із занесенням результатів контролю у журнали проміжного приймання робіт, а також у виконавчу документацію.

3.1.8 Контроль повинен здійснюватися на стадіях монтажу та приймання робіт при:

- виготовленні деталей;
- складанні елементів і конструкцій під зварювання або встановлення болтів;
- зварюванні і постановці болтів;
- загальному або контрольному складанні;
- попередньому напруженні конструкцій;
- укрупнювальному складанні та встановленні;
- випробуванні конструкцій.

3.1.9 Контроль якості здійснюється лінійним інженерно-технічним персоналом.

Якість і марки матеріалів, що використовуються під час монтажу конструкцій відповідно до проекту, повинні задовольняти вимоги відповідних стандартів і технічних умов та засвідчуватись сертифікатами або паспортами заводів-постачальників; допускається засвідчувати якість і марки лабораторними випробуваннями відповідно до вимог, встановлених стандартами.

3.1.10 Деформовані конструкції слід виправляти. Правлення може бути виконане без нагріву пошкодженого елемента (холодне правлення) або з попереднім нагрівом (правлення в гарячому стані) термічним або термомеханічним методом. Холодне правлення конструкцій необхідно проводити способами, що виключають утворення вм'ятин, вибоїн та інших пошкоджень на поверхні прокату.

Холодне правлення допускається лише для плавно деформованих елементів.

3.1.11 Для роботи за низьких температур необхідно застосовувати монтажне та слюсарне обладнання, придатне для експлуатації в цих умовах відповідно до чинних нормативно-технічних вимог.

3.1.12 При виконанні монтажних робіт забороняються ударні дії на зварні конструкції, виготовлені зі сталей з границею текучості:

- до 390 МПа (40 кгс/мм^2) включно - за температури нижче -25 °С;

- понад 390 МПа (40 кгс/мм^2) - за температури нижче ±0 °С.

3.2 Транспортування, зберігання і подавання до монтажу

3.2.1 Перевезення та тимчасове складування конструкцій (виробів) у зоні монтажу слід виконувати відповідно до вимог стандартів на ці конструкції (вироби), ПВР та технологічних карт.

3.2.2 Для нестандартизованих конструкцій (виробів) слід дотримуватися таких вимог:

- конструкції повинні знаходитися, як правило, в положенні, що відповідає проектному, а за неможливості виконання цієї умови - в положенні, зручному для транспортування і передавання до монтажу за умови забезпечення їх міцності та стійкості;

- конструкції повинні обпиратися на інвентарні підкладки та прокладки прямокутного перерізу, що розташовуються в місцях, зазначених у проекті на виконання робіт;

- конструкції повинні бути надійно закріплені від перекидання, поздовжнього та поперечного зсуву, взаємних ударів одна об одну або об конструкцію транспортних засобів;

- заводське маркування повинно бути доступним для огляду;

- дрібні деталі для монтажних з'єднань слід прикріплювати до відправних елементів або відправляти одночасно з конструкціями в тарі, забезпеченій бирками із зазначенням марок деталей та їх кількості, ці деталі слід оберігати від прямої дії атмосферних опадів.

3.2.3 Усі конструкції на складі повинні бути:

- розсортованими за об'єктами, марками та черговістю монтажу;

- оглянуті (при цьому виявлені пошкодження повинні бути усунуті);

- підготовлені до монтажу (очищені від бруду та іржі, опорні частини змащені, облаштовані монтажними пристосуваннями; на елементи конструкцій нанесені риски осей, центрів ваги, позначені місця стропування).

3.2.4 Розвантаження і зберігання конструкцій, а також їх транспортування повинні проводитися без пошкодження конструкції і фарбування. Скидання конструкцій з транспортних засобів забороняється.

3.2.5 Під час укладання конструкцій на складі і на транспортні засоби повинні виконуватися наступні вимоги:

- конструкції повинні бути укладені на підкладки, відстань між якими повинна виключати утворення залишкових деформацій;

- ферми і балки, а також завальцьовані 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 складання

3.3.1 Граничні відхили розмірів, що визначають складаність конструкцій, мають бути наведені в технічній документації.

3.3.2 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхили розмірів, що визначають складаність конструкцій (довжина елементів, відстань між групами монтажних отворів), при складанні окремих конструктивних елементів і блоків не повинні перевищувати величин, наведених у таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 - Граничні відхили розмірів

Інтервали номінальних розмірів, мм	Граничні відхили, мм		Контроль
	лінійних розмірів	рівність діагоналей	
Від 2 500 до 4 000	±5	±12	Вимірювальними методами для кожного конструктивного в журналі робіг
Понад 4 000 до 8 000	±6	±15	
Понад 8 000 до 16000	±8	±20	
Понад 16 000 до 25 000	±10	±25	
Понад 25 000 до 40 000	±12	±30	

3.4 Стропування, підйом, встановлення конструкцій у проектне положення

3.4.1 Підйом гнучких конструкцій слід виконувати із застосуванням елементів підсилення або пристроїв, які перешкоджають виникненню в елементах залишкових деформацій.

3.4.2 Рекомендується об'єднувати елементи в монтажні блоки, з'єднуючи сусідні елементи в'язями, розпірками і металевими панелями, що забезпечує стійкість і відповідну міцність монтажного блока.

3.4.3 Під час кріплення конструкцій шляхом безпосередньої ув'язки стропів точки стропування вибирають так, щоб у цих місцях були розташовані ребра жорсткості, діафрагми та інші елементи, що оберігають конструкцію від пошкодження в місцях стропування. Якщо ця умова не може бути дотримана, в розрахункових точках стропування слід передбачати елементи підсилення, що необхідно обумовити в додаткових технічних вимогах до заводу-виготовлювача.

3.4.4 Підняту конструкцію необхідно орієнтувати в просторі, наводити на проектні опори і плавно опускати на них відразу в проектне положення, при цьому розбивочні осі на опорах слід поєднувати з осями на встановлюваних елементах. У момент встановлення на опори особливу увагу необхідно звертати на збереження конструкцій від поштовхів і ударів.

3.4.5 При встановленні конструкції в проектне положення для його фіксації достатньо сумістити хоча б один отвір у деталях, що з'єднуються. Отвори сполучають у

процесі опускання або повороту конструкції за допомогою монтажних ломиків або штирів (пальців), в необхідних випадках - за допомогою талів ,або домкратів. Не дозволяється проводити суміщення отворів конусними штирями, ударами кувалди та іншими силовими впливами.

3.4.6 Стропування елементів під час монтажу слід проводити в місцях, вказаних у робочих кресленнях та ПВР, і забезпечувати їх підіймання і подачу до місця встановлення в положення, близьке до проектного.

3.4.7 Забороняється стропування конструкцій у довільних місцях. Схеми стропування укрупнених плоских та просторових блоків повинні забезпечувати при підійманні їх міцність, стійкість і незмінність геометричних розмірів і форм.

3.4.8 Піднімати конструкції необхідно за два прийоми: спочатку на висоту 20...30 см, пізніше, після перевірки надійності стропування, виконувати подальше підіймання. Конструкції слід встановлювати в проектне положення за прийнятими орієнтирами (рисками, штирями, упорами, гранями тощо). Конструкції, які мають спеціальні закладні або інші фіксуючі пристрої, належить встановлювати за цими пристроями.

3.4.9 Отвори в монтажних з'єднаннях на болтах підвищеної точності при установці конструкцій повинні бути заповнені тимчасовими болтами і пробками. Діаметр пробок повинен відповідати діаметру отворів.

3.4.10 Кількість пробок визначається розрахунком, при цьому зусилля, що припадає на пробку, допускається приймати таким самим, як на болт. Болтами заповнюється не менше 1/3, а пробками не менше 1/10 від загальної кількості отворів. При кількості отворів 5 і менше у вузлі необхідно встановити не менше одного болта і однієї пробки.

3.4.11 Отвори в з'єднаннях на болтах грубої та нормальної точності при установці конструкцій заповнюються постійними болтами та пробками у такій самій кількості, яка зазначена у 3.4.10.

3.4.12 Балки шляхів підвісного транспорту та інші елементи, які обпираються на конструкції покриття (містки для обслуговування світильників, балки та монорельси для експлуатаційних ремонтів мостових кранів з площадками обслуговування), доцільно встановлювати під час складання блоків.

3.5 Монтаж (демонтаж) основних конструктивних елементів

3.5.1 На всіх стадіях виконання робіт необхідно забезпечувати стійкість і геометричну незмінюваність зведеної (демонтованої) частини споруди, що досягається дотриманням певної послідовності монтажу (демонтажу) вертикальних і горизонтальних елементів конструкцій, а також встановленням постійних або тимчасових в'язей.

3.5.2 Під час монтажу (демонтажу) конструкцій слід забезпечувати:

- стійкість і незмінюваність положення частини конструкцій споруди на всіх стадіях;

- безпеку провадження монтажних робіт на об'єкті;

- виконання правил пожежної безпеки під час проведення монтажних робіт;

- перевірку точності положення конструкцій за допомогою постійного геодезичного контролю;

- міцність монтажних з'єднань.

3.5.3 Заходи щодо забезпечення стійкості в процесі монтажу (демонтажу) конструкцій слід передбачати в проекті виконання робіт (ПВР) з урахуванням конструктивно-компонувальних рішень (включаючи монтажні з'єднання), матеріалу конструктивних елементів і місцевих умов.

3.5.4 Стійкість і геометричну незмінюваність положення конструкцій будівель і споруд, які монтуються (демонтуються), слід забезпечувати дотриманням послідовності встановлення і монтажу конструктивних елементів і блоків. Це досягається шляхом членуванням будівель у плані і по висоті на окремі стійкі секції (прольоти, поверхи, яруси, частини каркаса між температурними швами тощо), послідовність монтажу (демонтажу) яких забезпечує стійкість і геометричну незмінюваність змонтованих (демонтованих) конструкцій у даній частині будівлі.

3.5.5 Для одноповерхових виробничих будівель слід дотримуватися наступної послідовності монтажу (демонтажу) конструктивних елементів:

- монтаж колон у секції слід розпочинати з в'язевої панелі. Якщо за якихось умов вказану вимогу виконати неможливо, то необхідно обладнати тимчасову в'язеву панель із перших встановлених колон ряду, підкранової балки (або розпірки) і тимчасових вертикальних в'язей між ними, які влаштовують нижче за рівень підкранової балки (розпірки). Далі слід встановити наступну колону і розкріпити (прив'язати) її до тимчасової в'язевої панелі за допомогою підкранової балки або розпірки;

- демонтаж колон у секції слід виконувати у зворотній послідовності, тобто спочатку слід знімати підкранову балку (або розпірку) рядової панелі і колону, що розкріплена даною балкою (розпіркою), з розрахунку, що решта колон залишаються розкріпленими підкрановими балками (розпірками) з в'язевою панеллю. Останніми слід демонтувати колони в'язевої панелі;

- монтаж конструкцій покриттів слід розпочинати з в'язевої панелі (а якщо це неможливо, то з будь-якої панелі, встановивши між сусідніми фермами горизонтальні і вертикальні в'язі). Наступну змонтовану ферму необхідно розкріплювати (прив'язувати) до в'язевої панелі розпірками;

- демонтаж конструкцій покриттів слід виконувати у зворотній послідовності, тобто

спочатку необхідно демонтувати елементи рядових панелей із розрахунку, що решта ферм залишатимуться розкріпленими розпірками з в'язевою панеллю. Останніми слід демонтувати ферми в'язевої панелі.

Монтаж (демонтаж) проводити на основі попередньо розробленого ПВР.

3.5.6 Під час монтажу конструкцій багатоповерхових будівель після встановлення колон вздовж осі в секції необхідно змонтувати ригелі, які забезпечують стійкість утвореної рами в поперечному напрямку. У поздовжньому напрямку стійкість слід забезпечувати за допомогою вертикальних в'язей між колонами і елементів розпірок. Якщо стійкість споруди в поздовжньому напрямку забезпечується стіновими конструкціями (про що повинно бути вказано в робочій документації), то їх слід зводити одночасно з конструкціями каркаса і перекриттів.

3.5.7 Під час підіймання будь-якої конструкції слід вживати заходів, які перешкоджають виникненню залишкових деформацій.

3.5.8 Необхідність влаштування елементів монтажного підсилення визначається розрахунковим шляхом і наводиться у проекті виконання робіт.

3.5.9 Ґратчасті конструкції слід підсилювати за допомогою дерев'яних брусів або металевих прокатних профілів, які прикріплюються до елемента, стійкість якого може бути втраченою під час монтажу. Під час монтажного підсилення великої кількості ферм раціональною є розробка ПВР, який передбачає монтаж ферм просторовими жорсткими блоками із застосуванням інвентарних в'язей, що забезпечують просторову жорсткість і геометричну незмінюваність блока, і монтажних механізмів підвищеної вантажопідйомності.

3.5.10 Для тимчасового закріплення конструкцій у проектному положенні, що виконується до монтажу постійних в'язей, слід використовувати елементи тимчасового закріплення, переріз яких добирається за результатами розрахунку відповідно до величини діючих монтажних навантажень.

3.5.11 Конструкція тимчасових кріплень і в'язей повинна забезпечувати стійкість елемента, що монтується, і дозволяти виконувати вивірку його просторового положення.

3.5.12 Змонтовані елементи конструкцій перед їх звільненням від монтажного механізму повинні бути надійно закріплені болтами, пробками, прихватками, з влаштуванням постійних або тимчасових в'язей, розпірок, розчалок тощо, передбачених ПВР.

3.5.13 В усіх випадках при зведенні будівель обов'язковою умовою є повна готовність змонтованих сталевих конструкцій у секції до виконання подальших робіт (загальнобудівельних, електро- і механомонтажних тощо) незалежно від стану монтажу конструкцій у сусідніх секціях. Готовність змонтованих сталевих конструкцій до виконання

подальших робіт має бути задокументована.

3.5.14 Демонтаж конструкцій у секції слід починати тільки після повного розвантаження їх від технологічного устаткування, будівельних виробів, деталей і сміття.

3.5.15 Розрахунок стійкості елементів конструкцій під час монтажу/демонтажу слід виконувати відповідно до вимог нормативних документів щодо проектування металевих конструкцій та навантажень і впливів з урахуванням додаткових станів, які визначаються умовами монтажу/демонтажу. За необхідності забезпечення стійкості конструкцій під час монтажу необхідні вказівки повинні бути наведені у ПВР.

3.5.16 Конструкції з монтажними зварними з'єднаннями слід закріплювати за два етапи - спочатку тимчасово, потім за проектом. Спосіб тимчасового закріплення з урахуванням вимог 2.7.3 повинен бути вказаний у проекті.

3.5.17 Інструментальна перевірка правильності встановлення конструкцій, а також їх остаточна вивірка та закріплення повинні проводитись по ходу монтажу кожної просторової жорсткої секції споруди.

3.5.18 Зварювання та остаточне закріплення постійних болтів можуть проводитись тільки після перевірки правильності положення встановлених конструкцій відповідних частин будівель і споруд.

3.5.19 Використання встановлених конструкцій для прикріплення до них вантажних поліспастів, відвідних блоків і інших вантажопідйомних пристосувань допускається тільки у випадках, передбачених проектом виконання робіт за узгодженням з розробниками проекту.

3.5.20 Кріплення деталей для електротехнічних пристроїв, технологічних трубопроводів, систем сигналізації і автоматики до сталевих конструкцій повинні бути узгоджені з розробниками проекту.

3.5.21 Монтаж конструкцій кожного вище розташованого ярусу висотних споруд повинен проводитись після надійного закріплення елементів конструкцій нижче розташованого ярусу постійними або тимчасовими кріпленнями, передбаченими проектом виконання робіт. До закінчення перевірки проектного положення і надійного (тимчасового або проектного) закріплення встановленого елемента не допускається обпирати на нього вище розташовані конструкції, якщо таке обпирання не передбачене ПВР.

3.5.22 За відсутності в технічній документації спеціальних вимог граничні відхили суміщення орієнтирів (граней або рисок) при встановленні збірних елементів, а також відхили від проектного положення змонтованих (зведених) конструкцій не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 3.5.1.

3.5.23 Відхили 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 відхилу елементів при встановленні не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 3.5.1.

Таблиця 3.5.1 - Величина граничних відхилів

Найменування відхилу	Відхили, що допускаються
Колони і опори	
1. Відхили відмітки опорної поверхні колон і опор, що монтуються:	
а) на заздалегідь встановлені, вивірені і підліті цементним розчином сталеві опорні плити з верхньою струганою поверхнею (для колон з фрезерованими опорними торцями)	±1,5 мм
б) безпосередньо на поверхні фундаментів або на заздалегідь встановлені і вивірені опорні плити з наступною підливкою цементним розчином	±5 мм
2. Зсув осей колон і опор по відношенню до модульної сітки осей (в опорному перерізі)	±5 мм
3. Відхили осі колони і опори від вертикалі у верхньому перерізі при висоті, м:	
до 15	15 мм
більше 15	0,001 висоти колони або опори, але не більше 35 мм
4. Стріла прогину (кривизна):	
- колони	1/750 висоти колони, але не більше 15 мм
- опори	1/750 довжини елемента між точками закріплення, але не більше 15 мм
5. Найбільший односторонній зазор між поверхнями, що фрезеруються, в стиках колон, а також між колоною і опорною плитою	1/1500 розміру поперечного перерізу колони в стику
Ферми, ригелі прольотних будов, прогони	
6. Відхили відміток опорних вузлів, ферм і ригелів	±20 мм
прольотних будов	±15 мм
7. Стріла прогину (кривизна) між точками закріплення ділянок стиснутого пояса з площини ферми, ригеля або балки	1/750 величини закріпленої ділянки, але не більше 15 мм
8. Відхил відстаней між осями ферм по верхньому поясу	±15 мм
9. Відхил відстаней між прогонами і між балками для установки опор транспортера	±5 мм
Підкранові шляхи	
10. Відхил відстаней між осями підкранових рейок одного прольоту	±10 мм
11. Зсув осі підкранової рейки з осі підкранової балки	15 мм
12. Відхил осі підкранової рейки від прямої	15 мм на ділянці довжиною 40 м

Кінець таблиці 3.5.1

Найменування відхилу	Відхили, що допускаються
13. Різниця відміток головки підкранових рейок в одному розрізі прольоту будівлі:	
- на опорах	15 мм
- у прольоті	20 мм
14. Різниця відміток підкранових рейок на сусідніх колонах при L, м (тут L - відстань між колонами):	
- L<10	10 мм
- L>10	L/750, але не більше 15 мм
15. Взаємний зсув торців суміжних підкранових рейок по висоті і в плані	2 мм
16. Зазор у стиках рейок (за температури ± 0 °С і довжині рейки 12,5 м)	4 мм
Сталевий оцинкований профільований настил	
17. Відхил довжини обпирання настилу на прогони в місцях поперечних стиків	0...5 мм
Відхил у положенні центрів отворів:	
- для самонарізних болтів	±5 мм
- для комбінованих заклепок:	
- вздовж настилу	±20 мм
- впоперек настилу	±5 мм
Примітка 1. Перелам осей підкранових рейок не допускається. **Примітка 2.** При зміні температури на 10 °С допуск за поз. 16 змінюється на ± 1,5 мм. **Примітка 3.** Різниця в довжині ділянок обпирання (при їх довжині 50 мм і більше) кожного елемента (балки, ферми, ригеля, плити перекриттів і покриттів) не повинна перевищувати 10 мм.	

3.6 Попереднє напруження конструкцій

3.6.1 Попереднє напруження конструкцій здійснюється методом, що вказаний у проекті.

3.6.2 У конструкціях, попереднє напруження яких здійснюється натягом гнучких елементів, це напруження повинно виконуватися із забезпеченням таких вимог:

- гнучкі елементи із сталевих канатів повинні бути витягнуті на стенді зусиллям, що перевищує проектне на 20%, і витримані під натягом протягом години;

- попереднє напруження конструкцій повинно бути виконано наступними етапами:

- напруження зусиллям, значення якого сягає до 50% проектного, з витримкою під цим напруженням протягом 10 хв для огляду і вимірів;

- напруження зусиллям, що сягає 100% проектного;

- допустимі відхили на обох етапах складають ±5 %; у передбачених проектом випадках попереднє напруження проводиться за декілька етапів із поступовим доведенням його до проектної величини.

3.6.3 Величина зусиль і деформацій, а також граничні відхили конструкцій, що

напружуються гнучкими елементами, повинні бути наведені в проекті.

3.6.4 Контроль попереднього напруження конструкцій, виконаного методом штучного вигину (піддомкрачуванням, зміною положення опор тощо), здійснюється нівелюванням положення опор в заданих точках, а також геометричної форми конструкції. Допустимі відхили приймаються відповідно до проекту.

3.6.5 У попередньо напружених конструкціях забороняється приварювання елементів в місцях, що не вказані у проекті, особливо поблизу місць примикання канатів і пучків дроту.

3.6.6 Не дозволяється застосовувати натяжні пристрої для гнучких елементів без паспорта заводу-виробника, де наводяться дані про тарування пристроїв.

3.6.7 Величину попереднього напруження конструкцій і результати його контролю необхідно фіксувати в журналі виконання робіт.

3.7 Монтажні з'єднання

До монтажних з'єднань слід відносити:

- з'єднання на болтах класів точності А, В і С;
- з'єднання на високоміцних болтах із контрольованим натягом;
- фланцеві з'єднання;
- спеціальні монтажні з'єднання (за допомогою втулок, пальців, коушів тощо);
- з'єднання за допомогою зварювання.

3.7.1 Загальні вимоги до болтових з'єднань

3.7.1.1 При складанні 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 один із них.

3.7.1.2 У складеному пакеті болти заданого в проекті діаметра повинні пройти у всі отвори. Допускається прочищення отворів кількістю до 20% від загальної кількості отворів у з'єднанні свердлом, діаметр якого дорівнює діаметру отвору, вказаному в технічній документації. При цьому в з'єднаннях, що працюють на зріз болта і зминання металу з'єднуваних елементів в отворі, допускається незбіжність отворів у суміжних деталях складаного пакета величиною до 1 мм - для отворів в кількості до 50% від загальної кількості отворів у з'єднанні і до 1,5 мм - для отворів в кількості до 10%. У випадку недотримання цієї вимоги з дозволу розробника технічної документації отвори слід розсвердлити на найближчий більший діаметр з установкою болта відповідного діаметра.

3.7.1.3 У з'єднаннях з роботою болтів на розтяг, а також у з'єднаннях, де болти встановлені конструктивно, чорнота не повинна перевищувати різниці номінальних діаметрів отвору і болта.

3.7.1.4 Забороняється використання болтів і гайок, що не мають клейма підприємства-виробника і маркування, що позначає клас міцності.

3.7.2 Монтажні з'єднання на болтах класів точності А, В і С

3.7.2.1 Головки і гайки болтів, у тому числі анкерних, повинні щільно стикатися з площинами елементів конструкцій і шайб. Під головки і гайки постійних болтів повинні обов'язково ставитись круглі шайби, не більше двох під гайку і однієї під головку. В місцях примикання головки або гайки до похилих площин необхідно влаштовувати косі шайби. При цьому нарізка болта повинна знаходитися ззовні отвору з'єднуваних елементів, а гладка частина стрижня не повинна виступати за межі шайби.

3.7.2.2 У кожному болті з боку гайки повинно залишатись не менше однієї нитки нарізки з повним профілем.

3.7.2.3 Закріплення гайок на постійних болтах, а також анкерних повинно здійснюватися відповідно до вказівок технічної документації шляхом встановлення 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 із контрольованим натягом

3.7.3.1 До монтажних з'єднань на високоміцних болтах із контрольованим натягом відносяться:

- фрикційні або зсувостійкі з'єднання, в яких зовнішні зусилля сприймаються за рахунок опору сил тертя, що виникають по контактних площинах з'єднуваних елементів від попереднього натягу болтів;

- фрикційно-зрізні з'єднання, в яких зовнішні зусилля сприймаються, головним чином, за рахунок подолання опору стисненню фланців від попереднього натягу високоміцних болтів.

3.7.3.2 У фрикційних і фрикційно-зрізних з'єднаннях поверхні контакту деталей повинні бути оброблені способом, передбаченим у технічній документації. З поверхонь, що підлягають обробці, необхідно заздалегідь видалити масляні забруднення.

3.7.3.3 Вогняна обробка допускається при товщині металу не меншою 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, які не підлягають обробці, необхідно заздалегідь видалити мастильні забруднення. Стан

поверхонь після обробки і перед складанням необхідно контролювати і фіксувати в журналі виконання робіт.

3.7.3.5 Перед складанням з'єднань оброблені поверхні необхідно оберігати від попадання на них бруду, мастила, фарби і утворення льоду. У випадку недотримання цієї вимоги або початку складання з'єднання після більше трьох діб після підготовки поверхонь їх обробку слід повторити.

3.7.3.6 Перепад поверхонь (депланація) з'єднуваних деталей не повинен перевищувати 0,5 мм. Величина перепаду визначається до влаштування болтів, що перекривають з'єднання, за допомогою лінійки та щупа в зоні першого від стику ряду отворів. У разі перепаду площин з'єднуваних деталей величиною від 0,5 мм до 3 мм на деталі, яка виступає, повинен бути зроблений скіс з ухилом 1:10. Утворення скосу кисневим і повітряно-дуговим різанням забороняється. У випадку перепаду величиною понад 3 мм необхідно встановлювати прокладки, оброблені тим самим способом, що і деталі з'єднання.

3.7.3.7 Складання з'єднань на високоміцних болтах згідно з 3.7.3.13 повинно виконуватись одразу на постійних болтах з установкою пробок в кількості 10% від загальної кількості отворів. Установка тимчасових болтів забороняється.

3.7.3.8 Отвори в деталях під час складання мають бути суміщені та зафіксовані від зсуву пробками. Кількість пробок визначають розрахунком на дію монтажних навантажень, але їх повинно бути не менше 10% при кількості отворів у з'єднанні 20 і більше, і не менше двох – при меншій кількості отворів.

3.7.3.9 У складеному пакеті, зафіксованому пробками, допускається незбіжність отворів, яка не перешкоджає влаштуванню болтів без перекосу. Калібр, діаметр якого на 0,5 мм перевищує номінальний діаметр болта, повинен пройти у всі отвори з'єднання.

3.7.3.10 Допускається, як виняток, прочищення отворів щільно стягнутих пакетів свердлом, діаметр якого дорівнює номінальному діаметру отвору за умови, що чорнота не перевищує різниці між номінальними діаметрами отвору і болта. Використання води, емульсій і масла для прочищення отворів забороняється.

3.7.3.11 Допустима максимальна різниця між номінальними діаметрами отворів і болтів складає: для фрикційних з'єднань - не більше 6 мм, для фрикційно-зрізних з'єднань - не більше 3 мм.

3.7.3.12 Забороняється установка болтів, що не мають на головці заводського маркування тимчасового опору, клейма підприємства-виробника, умовної познаки номера плавки.

3.7.3.13 Високоміцні болти, гайки та шайби перед встановленням в конструкцію повинні бути очищені від бруду, консервуючого мастила і підготовлені так, щоб при натягу

забезпечувались значення коефіцієнтів закручування і виключалось забруднення контактних поверхонь. Гайка повинна вільно (від руки) накручуватися по нарізці болта.

3.7.3.14 Задане технічною документацією зусилля натягу високоміцних болтів слід забезпечувати закручуванням гайки необхідним розрахунковим крутильним моментом (натяг за моментом закручування).

3.7.3.15 Допускається здійснювати натяг високоміцних болтів за кутом повороту гайки. Цей спосіб допускається тільки для болтів діаметром до 24 мм із тимчасовим опором розриву не менше 1100 МПа при загальній товщині стягуваних деталей до 140 мм і кількості деталей у пакеті до 7. Допускається використання інших способів натягу високоміцних болтів, що гарантують отримання заданого зусилля їх натягу. Кожний із цих способів повинен бути наведений у технічній документації. Порядок натягу високоміцних болтів у з'єднаннях повинен забезпечувати щільний дотик поверхонь контакту з'єднуваних елементів у пакетах, які стягуються.

3.7.3.16 Динамометричні ключі для натягу і контролю натягу високоміцних болтів необхідно тарувати не менше одного разу на зміну за відсутності механічних пошкоджень ключів, а також після кожної заміни контрольного приладу або ремонту ключів.

3.7.3.17 Розрахунковий момент закручування *M,* необхідний для натягу болта, слід визначати за формулою

$$M = kPd, \qquad (3.7.1)$$

де k – середнє значення коефіцієнта закручування, наведене для кожної партії болтів у сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P – розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d – номінальний діаметр болта.

3.7.3.18 Після натягу всіх болтів у з'єднанні слід у передбаченому для цього місці поставити клеймо відповідального за виконання робіт із натягу болтів.

3.7.3.19 Натяг болтів повинен контролюватися вибірковою перевіркою:

- при кількості болтів у з'єднанні, що не перевищує 5, контролюються всі болти, при кількості болтів від 6 до 20 - не менше 5, і при більшій кількості - не менше 25% від загальної кількості болтів у з'єднанні;

- якщо при контролі виявиться, що натяг хоча б одного болта не задовольняє вимоги 3.7.3.17, тоді контролю повинні підлягати всі болти з'єднання; при цьому, натяг болтів має бути доведений до необхідної величини;

- фактичний момент закручування повинен бути не менше за розрахункове значення, визначене за формулою (3.7.1), і не перевищувати його більше ніж на 15%; при цьому допускається відхил кута повороту гайки в межах ±30°;

- при виявленні хоча б одного болта, що не задовольняє ці вимоги, контролю повинна підлягати подвоєна кількість болтів. У разі виявлення при повторній перевірці хоча б одного болта з меншим значенням фактичного моменту закручування або з меншим кутом повороту гайки, мають бути перевірені всі болти з доведенням моменту закручування або кута повороту гайки до необхідної величини;

- порядок натягу болтів повинен забезпечувати щільний дотик поверхонь контакту з'єднуваних елементів у пакетах, що стягуються. Щуп завтовшки 0,3 мм не повинен входити в зазори між деталями з'єднання безпосередньо поблизу болтів. Допускається проходження щупа між деталями з'єднання на глибину до зони дії шайби.

3.7.3.20 Після контролю натягу і приймання з'єднання всі зовнішні поверхні стиків, включаючи головки болтів, гайки і виступні з них частини нарізки болтів повинні бути очищені, поґрунтовані, пофарбовані, а щілини в місцях перепаду товщини і зазори в стиках зашпакльованими.

3.7.3.21 Усі роботи з установки болтів повинні реєструватися в журналах контролю підготовки стиків і установки високоміцних болтів.

3.7.4 Фланцеві з'єднання

3.7.4.1 Підготовку контактних поверхонь фланців слід здійснювати відповідно до вказівок технічної документації. За відсутності таких вказівок контактні поверхні очищають ручними або механічними сталевими щітками від бруду, напливів ґрунтовки і фарби, іржі, снігу і льоду.

3.7.4.2 Болти у фланцевих з'єднаннях повинні бути натягнуті на зусилля, значення яких наводяться в технічній документації, обертанням гайки до розрахункового моменту закручування. Контролю натягу підлягають усі болти з'єднання. Болти потрібно натягувати у визначеній послідовності, починаючи з болтів, розташованих найближче до зони найбільшої жорсткості з'єднання.

3.7.4.3 Натяг болтів слід здійснювати тільки за моментом закручування *M,* величина якого визначається за формулою

$$M = 0{,}9kPd\,, \qquad (3.7.2)$$

де k – середнє значення коефіцієнта закручування, наведене для кожної партії болтів у сертифікаті підприємства-виробника або таке, що визначається при виконанні робіт за допомогою контрольних приладів;

P – розрахункове зусилля натягу болта, наведене в технічній документації;

d – номінальний діаметр болта.

Можливе відхилення фактичного моменту закручування від моменту, що обчислюється за формулою (3.7.2), у більшу сторону на величину до 10% від значення моменту закручування.

3.7.4.4 Зазор між контактними поверхнями фланців, що стикуються, у місцях розташування болтів не допускається. Щуп завтовшки 0,1 мм не повинен проникати в зону радіусом 40 мм від осі кожного болта.

3.7.4.5 Якість виконання фланцевих з'єднань слід перевіряти шляхом післяопераційного контролю. Контролю підлягають:

- якість підготовки (розконсервування) болтів;
- якість підготовки контактних поверхонь фланців;
- відповідність встановлюваних болтів, гайок, шайб вимогам стандартів на вироби, а також вимогам, наведеним у технічній документації;
- наявність шайб під гайками і головками болтів;
- довжина частини болта, що виступає над гайкою;
- наявність клейма монтажника, що здійснив складання з'єднання.

3.7.4.6 Контроль зусилля натягу слід виконувати для всіх болтів тарованими динамометричними ключами і проводити його не раніше ніж через 8 год після виконання натягу всіх болтів; при цьому зусилля у болтах повинні відповідати значенням, вказаним в таблиці 3.7.4.1.

Таблиця 3.7.4.1 - Значення зусиль у болтах

Зусилля натягу болтів (контрольоване), кН (тс)		
Номінальні діаметри високоміцних болтів із тимчасовим опором не менше 1100 МПа (110 кгс/мм^2)		
М20	М24	М27
167(17)	239(24,4)	312(31,8)

3.7.4.7 Документація, що пред'являється при прийманні робіт, повинна містити сертифікати або документи заводу-виробника, що засвідчують якість сталі фланців, болтів, гайок і шайб, документи заводу-виробника щодо контролю якості зварних з'єднань фланців, відомості про контроль за виконанням монтажних з'єднань.

3.7.4.8 Перед складанням з'єднань болти, гайки і шайби повинні бути підготовлені. Підготовка виробів повинна включати:

- очищення від бруду й іржі;
- прогин нарізки відбракованих болтів і гайок;
- нанесення мастила.

3.7.4.9 Підготовлені металеві вироби до з'єднання слід зберігати в закритих ящиках не більше 10 діб. При перевищенні цього терміну металеві вироби повинні бути оброблені повторно.

3.7.4.10 Під головку болта і гайки необхідно встановити по одній шайбі.

3.7.4.11 Допускається при різниці між номінальними діаметрами отвору і болта, що не перевищує 4 мм, установка однієї шайби тільки під елемент (гайку або головку болта), обертання якого забезпечує натяг болта. При цьому, частина стрижня болта, яка виступає за межі гайки, повинна мати не менше однієї нитки нарізки.

3.7.4.12 Забороняється закріплення гайок шляхом забивання нарізки болта або приварення їх до стрижня болта.

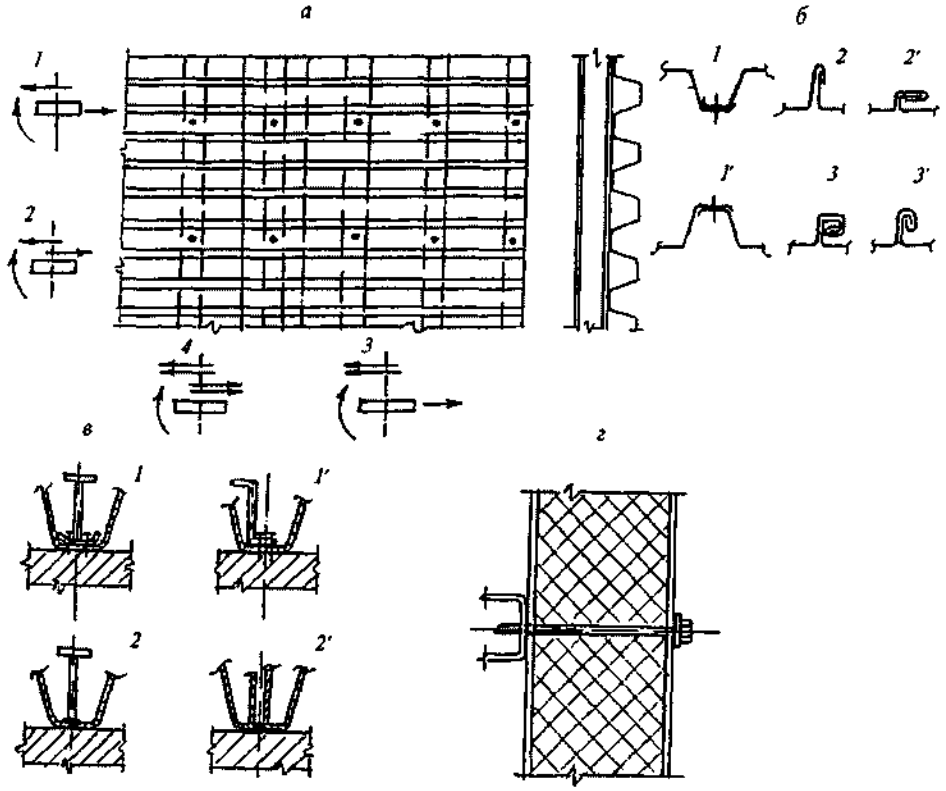
3.7.5 Спеціальні монтажні з'єднання

3.7.5.1 Основною галуззю застосування спеціальних монтажних з'єднань (СМЗ) є закріплення огороджувальних конструкцій будівель і споруд. В окремих випадках допускається застосування СМЗ для закріплення конструкцій, які одночасно виконують огороджувальні та несучі функції (діафрагми жорсткості, мембранно-каркасні конструкції тощо).

3.7.5.2 До спеціальних монтажних з'єднань (СМЗ) слід відносити:

- пристрілку високоміцними дюбелями;
- установку самонарізних і самозасвердлюваних гвинтів;
- сумісну пластичну деформацію кромок;
- контактне точкове зварювання;
- електрозаклепки;
- фальцювання поздовжніх кромок.

3.7.5.3 Типи СМЗ наведені в таблиці 3.7.5.1. Основні конструктивні форми СМЗ представлені на рисунку 3.7.5.1.



а - фрагмент конструкції покриття зі сталевим профільованим настилом і схема дії сил на опорах (1 - з'єднання в середній ділянці; 2 і 3 - з'єднання відповідно вздовж поздовжніх і поперечних полиць; 4 - з'єднання в місці закінчення поздовжніх і поперечних полиць); *б* - схема з'єднань вздовж поздовжніх полиць (1 і 1' - при розташуванні полиць з напуском у нижньому і верхньому положеннях відповідно для утеплених і холодних покриттів; 2 і 2' - простий стоячий і лежачий фальці; 3 і 3' -варіанти подвійного фальця); *в* - елементи, стояки до зсуву (1 і 1' - на високоміцних дюбелях; 2 - на контактному зварюванні; 2' - на дуговому зварюванні); г - фрагмент тришарової стінової панелі на самозасвердлюваних гвинтах

Рисунок 3.7.5.1 - Конструктивні форми СМЗ

Таблиця 3.7.5.1 - Типи спеціальних монтажних з'єднань

Технологічний процес	СМЗ на опорі		СМЗ з повздовжнім з'єднанням кромок	
	без метизів	на метизах	без метизів	на метизах
Автономний (ручний)	-	Високоміцні дюбелі	Контактне точкове зварювання	Комбіновані заклепки
			Фальцювання ручне	
З енергетичними комунікаціями	Точкове зварювання, електрозаклепки	Самонарізні гвинти	Фальцювання механічне	-

3.7.5.4 Для застосування СМЗ при з'єднанні деталей (елементів) у пакет необхідно,

щоб товщина принаймні однієї деталі (елемента) становила приблизно 1 мм.

3.7.5.5 Для самонарізних і самозасвердлюваних гвинтів тимчасовий опір сталі опорного елемента, що допускається, не повинен перевищувати 450 Н/мм^2.

Товщина елемента, який приєднується, визначається довжиною стрижня гвинта і може досягати 230 мм, наприклад, для тришарових стінових панелей.

Товщина опорного сталевого елемента для самонарізних гвинтів діаметром *d* - 5...6 мм обмежується граничною величиною, яка складає (2,0...3,0)d.

3.7.5.6 Комбіновані заклепки застосовують переважно для з'єднання поздовжніх полиць тонкостінних елементів. Сумарна товщина *t* елементів для з'єднань на комбінованих заклепках при довжині корпусу заклепки 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 стрижня 6 мм;
- шайби металеві для болтів М6;
- неметалеві ущільнювачі або східчасті ущільнювачі для гвинтів;
- заклепки комбіновані завдовжки 8, 10 і 12 мм;
- машини свердлувальні;
- шуруповерти електричні для загвинчування металевих виробів із нарізкою до 6 мм;
- свердла для утворення отворів відповідно до таблиці 3.7.5.2.

Таблиця 3.7.5.2 - Виконання з'єднань на самонарізних гвинтах і комбінованих заклепках

Найменування і марка метизу	Діаметр свердла для постановки метизу, мм	Граничний відхил, м
Заклепка комбінована	4,6	+0,16
	4,9	
Гвинт самонарізний метчиковий типу ВСМ 6хL	5,3	Даних немає
Гвинт самонарізний типу ВС6хL при товщині $t_0 + t$, мм:		+0,10
3...4	5,3	
5...6	5,5	
7...8	5,6	
9...10	5,7	

3.7.5.8 Дюбельні з'єднання виконуються пристрілкою пістолетами або ударами пневмоім-пульсного молотка.

3.7.5.9 До керівництва роботами і виконання дюбельних з'єднань можуть бути допущені фахівці, які пройшли навчання, підтверджене відповідним посвідченням.

3.7.5.10 При виконанні робіт слід дотримуватись вимог інструкцій з експлуатації монтажних інструментів, які регламентують порядок введення їх в експлуатацію, правила експлуатації, технічного обслуговування, вимоги безпеки, зберігання, обліку і контролю піротехнічних пістолетів і монтажних патронів до них.

3.7.5.11 Перед початком роботи належить виконати контрольну пристрілку із зовнішнім оглядом і оцінкою якості з'єднання для уточнення потужності пострілу.

3.7.5.12 Відстань від осі дюбеля до краю опорного елемента повинна бути не меншою 10 мм в будь-якому напрямку.

3.7.5.13 За необхідності встановлення поряд двох дюбелів мінімальна відстань між ними визначається умовою розташування сталевих шайб впритул одна до одної.

3.7.5.14 Встановлений дюбель повинен щільно притискувати шайбу до закріплюваної деталі, а цю деталь - до опорного елемента. При цьому циліндрова частина стрижня дюбеля не повинна виступати над поверхнею сталевої шайби. Щільність притиснення перевіряють візуально при операційному (перевіряються усі дюбелі) і приймальному (дюбелі перевіряються вибірково у кількості, яка складає не менше 5 % від загальної кількості дюбелів у з'єднанні) контролі дюбелів.

3.7.5.15 Фальцеві з'єднання, які утворюються сумісною пластичною деформацією тонкостінних елементів вздовж поздовжніх полиць, застосовуються при виготовленні захисних конструкцій як на фасадах будівель, так і на покрівлі. Основна перевага фальцевих з'єднань - герметичність, що досягається за рахунок неперервності поздовжнього шва і використання клямерів, що є своєрідними закладними елементами.

3.7.5.16 Для виконання фальцевого з'єднання використовують профілі, що формуються плющенням із рулонної оцинкованої сталі товщиною 0,5...1,0 мм як на місці монтажу (в цьому випадку довжина профілю дорівнює довжині скату покрівлі або висоті фасаду), так і з заводських заготовок мірної довжини зі спеціально підготовленими поздовжніми кромками.

3.7.5.17 Клямери, закріплені на елементах каркаса або прогонах з кроком 0,7...1,5 м, фальцюються одночасно з виконанням шва. Конструкції клямерів мають як жорстке, так і рухоме у напрямку шва кріплення, що допускає температурну деформацію профілю.

3.7.5.18 Монтаж профілів виконується рядами на всю довжину фасаду або скату покрівлі з установкою клямерів з кроком 0,7...1,5 м після кожного змонтованого ряду. Після укладання наступного ряду необхідно добитися повного суміщення кромок суміжних профілів і встановити прихватки з використанням ручних фальцювальних кліщів до

виконання машинного загортання фальця.

3.8 Випробування конструкцій

3.8.1 Номенклатура конструкцій будівель і споруд, які підлягають випробуванню, має бути наведена в технічній документації.

3.8.2 Методи, схеми і програми проведення випробування мають бути наведені в технічній документації. Порядок проведення випробування слід розробляти в спеціальному ПВР.

3.8.3 Випробовувані конструкції, що перебувають під навантаженням, забороняється обстукувати, а також проводити їх ремонт і виправлення дефектів.

3.8.4 Виявлені в ході випробування дефекти слід усунути, після чого випробування повторити або продовжити. За наслідками випробувань повинен бути складений акт.

3.9 Контроль якості і приймання монтажних робіт

3.9.1 Приймання змонтованих сталевих конструкцій повинно проводитись із здійсненням післяопераційного контролю монтажних робіт на стадіях, наведених в 3.1.8, а саме:

- проміжне приймання - прихованих робіт;

- приймання змонтованих конструкцій усієї споруди або її частини - під виконання подальших будівельно-монтажних робіт;

- остаточне приймання - повністю змонтованих конструкцій усієї будівлі чи споруди при здачі об'єкта в експлуатацію.

3.9.2 Проміжному прийманню прихованих робіт підлягають:

- фундаменти і місця обпирання сталевих конструкцій і різні деталі, що бетонуються і закладаються;

- інші конструкції, проміжне приймання яких обумовлене в технічній документації.

3.9.3 Приймання прихованих робіт, а також змонтованих конструкцій під виконання подальших будівельно-монтажних робіт проводиться за актами, що складаються відповідальними представниками замовника, проектної, будівельної і монтажної організацій.

3.9.4 Приймання монтажною організацією фундаментів і місць обпирання сталевих конструкцій під виконання монтажних робіт повинно проводитись для окремих просторово-жорстких секцій споруди до початку монтажу конструкцій. При прийманні слід перевіряти відповідність розмірів і положення опорних поверхонь, спеціальних опорних пристроїв і анкерних болтів проектним розмірам і положенням з урахуванням допустимих відхилів, наведених у таблиці 3.9.1.

Таблиця 3.9.1 - Допустимі відхили при прийманні

Найменування відхилу	Відхили, що допускається
Верхня площина опорної плити (відповідно до 1 а таблиці 3.5.1):	
- за висотою	± 1,5 мм
- за ухилом	1/1500
Поверхня фундаменту (відповідно до 1 6 таблиці 3.5.1):	
- за висотою	± 5 мм
- за ухилом	1/1000
Зсуви анкерних болтів у плані:	
- розташованих усередині контуру опори конструкції	5 мм
- розташованих ззовні контуру опори конструкцій	10 мм
Відхил відмітки верхнього торця анкерного болта від проектної	+20 мм; - 0 мм
Відхил довжини нарізки анкерного болта	+30 мм; - 0 мм

3.9.5 Приймання будівельною організацією і замовником змонтованих сталевих конструкцій всієї споруди або окремих її просторово-жорстких секцій повинно здійснюватись після остаточного закріплення конструкцій відповідно до проекту. Приймання конструкцій проводиться до їх фарбування, що виконується під час монтажу. Фарбування конструкцій під час монтажу повинно бути оформлене окремим актом.

3.9.6 Документація, яка пред'являється при прийманні змонтованих сталевих конструкцій, повинна містити:

а) креслення сталевих конструкцій (за наявності робочі креслення стадії КМ і деталювальні креслення стадії КМД);

б) заводські сертифікати на поставлені сталеві конструкції;

в) документи про узгодження відхилень від технічної документації, які були допущені при виготовленні і монтажі; при цьому, узгоджені відхилення від технічної документації повинні бути нанесені монтажною організацією на кресленнях, що пред'являються під час здачі робіт;

г) акти приймання прихованих робіт;

д) документи (сертифікати, паспорти тощо), що засвідчують якість матеріалів (сталі, сталевих канатів, металевих виробів, електродів, електродного дроту та інших зварювальних матеріалів, а також матеріалів для фарбування), використаних під час монтажу і які ввійшли до складу споруди;

е) дані про результати геодезичних вимірів при перевірці сітки осей фундаментів і установці конструкцій;

ж) журнали робіт;

з) акти випробування сталевих конструкцій;

і) документи про контроль якості зварних з'єднань;

к) описи посвідчень (дипломів) про кваліфікацію зварювальників, котрі виконували зварювання конструкцій під час монтажу;

л) описи посвідчень про кваліфікацію робітників, котрі виконували встановлення високоміцних болтів;

м) додаткову документацію, передбачену для попередньо напружених конструкцій;

н) акти на фарбування, яке виконувалось під час монтажу.

ДОДАТОК А

(довідковий)

НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих Нормах є посилання на такі нормативні акти та нормативні документи:

ДБН 362-92 Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації

ДБН А.3.1-5-96 Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва

ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва

ДБН В.1.1 -12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України

ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека

ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування

ДБН Г.1-4-95 Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві

ДСТУ 3242-79 (ГОСТ 3242-79) Соединения сварные. Методы контроля качества (З'єднання зварні. Методи контролю якості)

ДСТУ 4817-2007 Двоокис вуглецю газоподібний і рідкий. Технічні умови

ДСТУ 21.513-83 Антикорозійний захист конструкцій будівель і споруд. Робочі креслення

ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-94) Сталь вуглецева звичайної якості. Марки

ДСТУ Б В.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ) Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності

ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення, вимоги проектування

ДСТУ Б В.2.6-75:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції металеві будівельні. Загальні технічні умови

ДСТУ ГОСТ 427:2009 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова

ДСТУ-НБ В.2.6-ХХ:201Х* Настанова. Проектування сталевих конструкцій. Основні положення. Вогнестійкість (EN 1993-1-2:2004, MOD)

ГОСТ 9.010-80 ЕСЗКС. Воздух сжатый для распыления лакокрасочных материалов. Технические требования и методы контроля (ЄСЗКС. Повітря стисле для розпилювання лакофарбових матеріалів. Технічні вимоги і методи контролю)

ГОСТ 839-80 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия (Дроти неізольовані для повітряних ліній електропередачі. Технічні умови)

ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия (Відливки сталеві. Загальні технічні умови)

ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки (Чавун з пластинчастим графітом для відливок. Марки)

ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение (Метали. Методи випробувань на розтягування)

ГОСТ 1759.0-87 Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия (Болти, гвинти, шпильки і гайки. Технічні умови)

ГОСТ 1759.5-87(ИСО 898-2-80) Гайки. Механические свойства и методы испытаний (Гайки. Механічні властивості і методи випробувань)

ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия (Дріт сталевий зварювальний. Технічні умови)

ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики (Шорсткість поверхні. Параметри і характеристики)

ГОСТ 3062-80 Канаты стальные. Сортамент. Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7(1+6) (Канати сталеві. Сортамент. Канат одинарного звивання типу ЛК-О конструкції 1х7(1+6))

ГОСТ 3063-80 Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х19 (1+6+12). Сортамент (Канат одинарного звивання типу ТК конструкції 1х19 (1+6+12). Сортамент)

ГОСТ 3064-80 Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37 (1+6+12+18). Сортамент (Канат одинарного звивання типу ТК конструкції 1х37 (1+6+12+18). Сортамент)

ГОСТ 3066-80 Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х7 (1+6) + 1х7 (1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-О конструкції 6х7 (1+6) + 1х7 (1+6). Сортамент)

ГОСТ 3067-88 Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х19(1+6+12)+1х19(1+6+12). Сортамент (Канат сталевого подвійного звивання типу ТК

* На стадії розробки.

конструкції 6х19(1+6+12)+1х19(1+6+12). Сортамент)

ГОСТ 3068-88 Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6х37(1+6+12+18)+1х37(1+6+12+18). Сортамент (Канат сталевого подвійного звивання типу ТК конструкції 6х37(1+6+12+18)+1х37(1+6+12+18). Сортамент)

ГОСТ 3081-80 Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х19(1+9+9)+7х7(1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-О конструкції 6х19(1+9+9)+7х7(1+6). Сортамент)

ГОСТ 3090-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з одним шаром зетоподібного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)

ГОСТ 3822-79 Проволока биметаллическая сталемедная. Технические условия (Дріт біметалевий сталемідний. Технічні умови)

ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Ручна дугова зварка. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 5521-93 Прокат стальной для судостроения. Технические условия (Прокат сталевий для суднобудування. Технічні умови)

ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна (Сталі і сплави. Методи виявлення і визначення величини зерна)

ГОСТ 5915-70 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры (Гайки шестигранні класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 6402-70 Шайбы пружинные. Технические условия (Шайби пружинні. Технічні умови)

ГОСТ 6713-91 Прокат низколегированный конструкционный для мостостроения. Технические условия (Прокат низьколегований конструкційний для мостобудування. Технічні умови)

ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств (Зварні з'єднання. Методи визначення механічних властивостей)

ГОСТ 7372-79 Проволока стальная канатная. Технические условия (Дріт сталевий канатний. Технічні умови)

ГОСТ 7502-98* Рулетки измерительные металлические. Технические условия (Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови)

ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (Контроль неруйнівний. З'єднання зварні. Радіографічний метод)

ГОСТ 7564-97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для

механических и технологических испытаний (Прокат. Загальні правила відбору проб, заготовок і зразків для механічних і технологічних випробувань)

ГОСТ 7669-80 Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7 (1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-РО конструкції 6х36 (1+7+7/7+14)+7х7 (1+6). Сортамент)

ГОСТ 7675-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з одним шаром клиноподібного і одним шаром зетоподібного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)

ГОСТ 7676-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з двома шарами клиноподібного і одним шаром зетоподібного Дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)

ГОСТ 7795-70* Болты с шестигранной уменьшенной головкой и направляющим подголовком класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою і напрямним підголовком класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 7796-70* Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 7798-70* Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною головкою класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 7805-70 (ИСО 898-1-78)-85 Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною головкою класу точності А. Конструкція і розміри)

ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Зварювання під флюсом. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия (Труби сталеві безшовні гарячедеформовані. Технічні умови)

ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленые. Технические условия (Флюси зварювальні плавлені. Технічні умови)

ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах (Метали. Метод випробування на ударний вигин при знижених, кімнатній і підвищених температурах)

ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки

конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы (Електроди покриті металеві для ручного дугового зварювання конструкційних і теплостійких сталей. Типи)

ГОСТ 10157-79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия (Аргон газоподібний і рідкий. Технічні умови)

ГОСТ 10243-75 Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры (Сталь. Методи випробувань і оцінки макроструктури)

ГОСТ 10605-94 (ИСО 4032-86) Гайки шестигранные с диаметром резьбы свыше 48 мм класса точности В. Технические условия (Гайки шестигранні з діаметром нарізки понад 48 мм класу точності В. Технічні умови)

ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. Технические условия (Труби сталеві електрозварювальні. Технічні умови)

ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования (Труби сталеві електрозварювальні прямошовні. Технічні вимоги)

ГОСТ 10906-78 Шайбы косые. Технические условия (Шайби косі. Технічні умови) ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия (Шайби. Технічні умови)

ГОСТ 11533-75 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Автоматичне і напівавтоматичне дугове зварювання під флюсом. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 11534-75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Ручне дугове зварювання. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия (Прокат товстолистовий з вуглецевої сталі звичайної якості. Технічні умови)

ГОСТ 14771-76 (ИСО 4995-78) Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугове зварювання в захисному газі. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 14776-79 Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугове зварювання. З'єднання зварні точкові. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвукове (Не-руйнівний контроль. Зварні з'єднання. Ультразвукові методи)

ГОСТ 14792-80 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза (Деталі і заготовки, що вирізаються кисневим і плазмено-ду-говим різанням. Точність, якість поверхні зрізу)

ГОСТ 14954-80 Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент (Канат подвійного звивання типу ЛК-Р конструкції 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент)

ГОСТ 15589-70* Болты с шестигранной головкой класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною головкою класу точності С. Конструкція і розміри)

ГОСТ 15590-70* Болты с шестригранной уменьшенной головкой и направляющим подголовком класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестригранною зменшеною головкою і напрямним підголовком класу точності С. Конструкція і розміри)

ГОСТ 15591-70* Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности С. Конструкция и размеры (Болти з шестигранною зменшеною головкою класу точності С. Конструкція і розміри)

ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Зварні з'єднання сталевих трубопроводів. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 16523-97 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия (Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі якісної і звичайної якості загального призначення. Технічні умови)

ГОСТ 17066-80 Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия (Прокат тонколистовий із сталі підвищеної міцності. Технічні умови)

ГОСТ 18123-82 Шайбы. Общие технические условия (Шайби. Загальні технічні умови)

ГОСТ 18126-94 Болты и гайки с диаметром резьбы свыше 48 мм. Общие технические условия (Болти і гайки з діаметром нарізки понад 48 мм. Загальні технічні умови)

ГОСТ 19281 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия (Прокат із сталі підвищеної міцності. Загальні технічні умови)

ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования (Неруй-нівний контроль. Капілярні методи. Загальні вимоги)

ГОСТ 18889-73 Канаты стальные. Канаты закрытые несущие. Технические условия. (Канати сталеві. Канати закриті несучі. Технічні умови)

ГОСТ 18901-73 Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями зетообразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент (Канати сталеві. Канат закритий несучий з двома шарами зетоподібного дроту і сердечником типу ТК. Сортамент)

ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия (Прокат із сталі підвищеної міцності. Загальні технічні умови)

ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатанный. Сортамент (Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент)

ГОСТ 21105-87 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод (Неруйнівний контроль. Магнітопорошковий метод)

ГОСТ 22353-77* Болты высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры (Болти високоміцні класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 22354-77* Гайки высокопрочные класса точности В. Конструкция и размеры (Гайки високоміцні класу точності В. Конструкція і розміри)

ГОСТ 22355-77* Шайбы класса точности С к высокопрочным болтам. Конструкция и размеры (Шайби класу точності С до високоміцних болтів. Конструкція і розміри)

ГОСТ 22356-77 Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические условия (Болти і гайки високоміцні і шайби. Загальні технічні умови)

ГОСТ 23518-79 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні під гострими і тупими кутами. Основні типи, конструктивні елементи і розміри)

ГОСТ 24379.0-80 Болты фундаментные. Общие технические условия (Болти фундаментні. Загальні технічні умови)

ГОСТ 24379.1-80* Болты фундаментные. Конструкция и размеры (Болти фундаментні. Конструкція и розміри)

ГОСТ 24839-81 Конструкции строительные стальные. Расположение отверстий в пакетных профилях. Размеры (Конструкції будівельні сталеві. Розташування отворів у пакетних профілях. Розміри)

ГОСТ 25225-82 Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод (Неруйнівний контроль. Шви зварних з'єднань трубопроводів. Магніто-графічний метод)

ГОСТ 25546-82 Краны грузоподъемные. Режимы работы (Крани вантажопідйомні. Режими роботи)

ГОСТ 26271-84 Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия (Дріт порошковий для дугового зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей. Загальні технічні умови)

ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия (Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови)

ГОСТ 28870-90 Сталь. Методы испытания на растяжение толстолистового проката в направлении толщины (Сталь. Методи випробування на розтягування товстолистового прокату у напрямку товщини)

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии (Захист будівельних конструкцій від корозії)

СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий (Споруди промислових підприємств)

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции (Несучі та огороджувальні конструкції)

СНиП II-23-81* Стальные конструкции (Сталеві конструкції)

СНиП III-4-80* Техника безопасности в строительстве (Техніка безпеки у будівництві)

СНиП III-18-75 Металлические конструкции (Металеві конструкції)

СТ СЭВ 3972 Надежность строительных конструкций и оснований. Конструкции стальные. Основные положения по расчёту (Надійність будівельних конструкцій і основ. Конструкції сталеві. Основні положення по розрахунку)

НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні

ДОДАТОК Б

(довідковий)

ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ І ПОЗНАКИ

Б.1 Терміни та їх визначення

Безпечність - властивість будівельного об'єкта за нормальної експлуатації і аваріях обмежувати допустимим рівнем ризику наслідки, небезпечні для життєдіяльності людини, функціонування економіки, соціальної сфери чи природного середовища

В'язке руйнування - руйнування, яке супроводжується утворенням пластичних деформацій і, як правило, відбувається повільно

Геометрична нелінійність - нелінійна або кусково-лінійна залежність між деформаціями і переміщеннями

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 якої враховуються переміщення від початкового навантаженого стану та зміна розташування цих навантажень внаслідок деформації системи

Депланація поперечного перерізу - переміщення точки плоского поперечного перерізу, що перетворює його в поверхню або сукупність площин

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 так, що при досягненні критичного рівня внаслідок втрати стійкості можлива поява якісно нових переміщень (біфуркація)

Якісна зміна конфігурації - стан, за якого необхідно припинити експлуатацію у зв'язку 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 із метою контролю геометричних параметрів конструкції і сумісності укрупнювальних і монтажних стиків

Надійність - властивість об'єкта виконувати задані функції протягом потрібного проміжку часу

Початкові недосконалості - сукупність несприятливих факторів (відхилень форми або розмірів від номінальних, відступів від розрахункової схеми, власні початкові напруження тощо), які можуть виникати при виготовленні, транспортуванні та зведенні і знижувати несучу здатність конструкцій

Несуча здатність - здатність конструкції або її елементів чинити опір певному виду і рівню навантажень і впливів

Загальне складання - складання відправних марок споруди чи її частини з метою контролю складальності і проектних геометричних розмірів

Поверхня взаємодії - поверхня в просторі напружень чи зусиль, точки якої характеризують граничний або критичний стан перерізу елемента або системи

Граничний стан - стан, за якого конструкція, основа, будівля або споруда в цілому або її частина перестають задовольняти задані вимоги

Приведена гнучкість наскрізного стрижня - гнучкість ідеально прямого пружного стрижня з абсолютно жорсткими з'єднувальними елементами, значення критичної сили якого є таким самим, як і для заданого наскрізного стрижня з піддатливими з'єднувальними елементами

Приведене напруження - напруження при простому розтягуванні чи стисканні, яке викликає такий самий небезпечний стан матеріалу, як і при складному напруженому стані

Розрахункова довжина - умовна довжина розглядуваного стрижня, для якого при шарнірному обпиранні кінців значення критичної сили є таким самим, як і для заданого стрижня (СТ СЭВ 3972)

Вільне кручення - кручення тонкостінного стрижня, за якого всі поперечні перерізи характеризуються однаковою депланацією та наявністю у них лише дотичних напружень

Складний напружений стан - напружений стан, за якого в розглядуваних точках поперечного перерізу виникають не менше двох компонент напружень (СТ СЭВ 3972)

Руйнування від утомленості - руйнування, яке супроводжується утворенням і розвитком тріщини внаслідок дії багатократно повторюваних навантажень і впливів

Фізична нелінійність - нелінійна або кусково-лінійна залежність між деформаціями і напруженнями, обумовлена фізичними властивостями застосовуваних у конструкції матеріалів

Крихке руйнування - руйнування (як правило, раптове), що супроводжується утворенням малих деформацій, яке виникає, зазвичай, за наявності концентраторів напружень, низьких температур і ударних впливів (дій)

Цикл вантаження - цикл навантаження (напруження) при дії нестатичного навантаження -це одноразова зміна навантаження (напруження), що відповідає повному періоду його зміни

Проектна історія навантаження - проектна історія (гістограма) навантаження - це запис або/і у відповідному вигляді представлені коливання навантаження втомленості, віднесені до часу. Вона описує зміну напружень від максимуму до мінімуму залежно від дії навантаження

Б.2 Індекси у буквених познаках і пояснювальні слова

(дво- і трибуквені індекси відділяються від інших індексів комою)

c - стиск, стискання *(compression);*
c - колона, стояк (column);
c - пояс колони *(chord of column);*
c - умова *(condition);*
d- розрахунковий *(design);*
d- розкіс *(diagonal);*
e - ексцентриситет *(eccentricity);*
a - анкерний *(anchor);*
a - осьовий, центральний *(axial);*
b - балка *(beam);*
b - болт *(bolt);*
f - пояс, полиця балки *(flang);*
f - сила *(force);*
f - тертя *(friction);*
f - шов зварний кутовий *(fillet weld);*
i - нижній *(inferiol);*
l - поздовжній *(longitudinal);*
m - середній *(middle);*
m - момент *(moment);*
m - матеріал *(material);*
n - характеристичний *(character);*
n - нетто *(net);*
p - зминання, тиск *(pressure);*
r - заклепка *(rivet);*
r - ребро *(rib);*
s - зсув, зріз *(shear);*
s - верхній *(super);*
h - високоміцний, найвищий *(hignstrength);*
t - розтяг, розтягування *(tension);*
u - граничний *(ultimate);*
u - тимчасовий опір *(ultimate strength);*
v - вібрація *(vibration);*
w - стінка балки *(web);*
w - зварювання *(welding);*
y - границя текучості *(yield point);*
z - зона *(zone);*
abs - абсолютний *(absolute);*
ad - додатковий *(additional);*
cr - критичний *(critical);*
ef - ефектний *(effective);*
fic - фіктивний *(fictitions);*
loc - місцевий *(local);*
max - максимальний *(maximum);*
min - мінімальний *(minimum);*
rel - відносний *(relative);*
tot - загальний, сумарний *(total).*

Б.3 Основні буквені познаки

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 кутового шва у площині наплавленого металу;
A_{wz} - площа перерізу кутового шва у площині металу межі сплавлення;
E - модуль пружності;
F - сила;
G - модуль зсуву;
I - момент інерції перерізу брутто;
I_b - момент інерції перерізу гілки;

I_{fn}, I_d - момент інерції перерізів полиці і розкосів ферми;
I_r - момент інерції перерізу ребра, планки;
I_{rl} - момент інерції перерізу поздовжнього 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 - згинальний момент;
M_x, M_y - згинальний момент відносно осей *x-x* і *y-y* відповідно;
N - поздовжня сила;
n_{ad} - додаткове зусилля;
N_{bm} - поздовжня сила, викликана дією згинального моменту в гілці колони;
Q - поперечна сила, сила зсуву;
Q_{fic} - умовна поперечна сила для з'єднувальних елементів;
Q_s - умовна поперечна сила, що припадає на систему планок, розташованих в одній площині;
R_{ba} - розрахунковий опір розтягу фундаментних болтів;
R_{bh} - розрахунковий опір розтягу високоміцних болтів;
R_{bp} - розрахунковий опір зминанню одноболтового з'єднання;
R_{bs} - розрахунковий опір зрізу одноболтового з'єднання;
R_{bt} - розрахунковий опір розтягу одноболтового з'єднання;
R_{bun} - нормальний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює тимчасовому опору $\sigma_в$ за державними стандартами і технічними умовами на болти;
R_{bu} - розрахунковий опір розтягу U-подібних болтів;
R_{byn} - нормальний опір сталі болтів, який приймається таким, що дорівнює границі текучості σ_t за державними стандартами і технічними умовами на болти;
R_{cd} - розрахунковий опір діаметральному стиску котків при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю
R_{dh} - розрахунковий опір розтягу високоміцного дроту
R_{lp} - розрахунковий опір місцевому зминанню у циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні
R_p - розрахунковий опір сталі зминанню торцевої поверхні (за наявності пригонки)
R_s - розрахунковий опір сталі зсуву
R_{th} - розрахунковий опір розтягу у напрямку товщини прокату
R_u - розрахунковий опір сталі розтягу і згину за тимчасовим опором
R_{un} - тимчасовий опір сталі, який приймається таким, що дорівнює мінімальному значенню $\sigma_в$ за державними стандартами і технічними умовами на сталь;
R_v - розрахунковий опір сталі утомленості
R_{wf} - розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) у площині наплавленого металу
R_{wu} - розрахунковий опір стикових зварних швів стиску, розтягу і згину за тимчасовим опором;
R_{wun} - характеристичний опір металу шва за тимчасовим опором;
R_{ws} - розрахунковий опір стикових зварних швів зсуву;
R_{wy} - розрахунковий опір стикових зварних швів стиску, розтягу та зсуву за границею текучості;
R_{wz} - розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) у площині металу границі сплавлення;
R_y - розрахунковий опір сталі розтягу, стиску та згину за границею текучості;
R_{yf} - те саме для полиці (пояса);
R_{yw} - те саме для стінки;
R_{yn} - границя текучості сталі, яка приймається такою, що дорівнює значенню границі текучості σ_t за державними стандартами і технічними умовами на сталь;

S - статичний момент зсувної частини перерізу брутто відносно нейтральної осі;
W_x, W_y - моменти опору перерізу брутто відносно осей *x-x* і *y-y;*
W_c, W_t - моменти опору перерізу, обчислені відповідно для найбільш стиснутого і розтягнутого волокна пеперізу;
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 виступної частини ребра, звис ребра;
c_x, c_y - коефіцієнти для розрахунку з урахуванням розвитку пластичних деформацій при згині відносно осей *x-x, y-y,*
d - діаметр отвору болта;
d_b - зовнішній діаметр стрижня болта;
e - ексцентриситет сили;
h - висота;
h_{ef} - розрахункова висота стінки;
h_w - висота стінки;
i - радіус інерції перерізу;
$i_{\min}$ - найменший радіус інерції перерізу;
i_x, i_y - радіус інерції перерізу відносно осей *x - x* і *y - y* відповідно;
k - катет кутового шва;
l - довжина, проліт;
l_c - довжина стояка, колони, розпірки;
l_d - довжина розкосу;
l_{ef} - розрахункова довжина;
l_m - довжина панелі пояса ферми чи колони;
l_s - довжина планки;
l_w - розрахункова довжина зварного шва;
l_x, l_y - розрахункові довжини елемента у площинах перпендикулярних до осей *x - x* і *y - y* відповідно;
M - відносний ексцентриситет $(m = eA / W_c)$;
R - радіус;
t - товщина;
t_f - товщина полиці (пояса);
t_w - товщина стінки;
α - відношення площ перерізів полиці (пояса) і стінки $(\alpha_f = A_f / A_w)$;
β_f, β_z - коефіцієнти переходу від катета кутового шва до розрахункової ширини перерізу кутового шва відповідно у площині наплавленого металу і у площині металу границі сплавлення;
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 $\left(\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y / E}\right)$;
λ_{ef} - приведена гнучкість стрижня наскрізного перерізу;
$\bar{\lambda}_{ef}$ - умовна приведена гнучкість стрижня наскрізного перерізу $\left(\bar{\lambda}_{ef} = \lambda_{ef}\sqrt{R_y / E}\right)$;

$\bar{\lambda}_f$ - умовна гнучкість звису пояса $\left(\bar{\lambda}_f = \frac{b_{ef}}{t_f}\sqrt{R_y / E}\right)$;

$\bar{\lambda}_{f,1}$ - умовна гнучкість поясного листа $\left(\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f}\sqrt{R_y / E}\right)$;

$\bar{\lambda}_w$ - умовна гнучкість стінки $\left(\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{R_y / E}\right)$;

$\bar{\lambda}_{uf}$ - гранична умовна гнучкість звису пояса (поясного листа);

$\bar{\lambda}_{uw}$ - гранична умовна гнучкість стінки;

λ_x, λ_y - розрахункові гнучкості елемента у площинах перпендикулярних до осей *x-x і y-y* відповідно;

ν - коефіцієнт поперечної деформації сталі (Пуассона);

σ_{loc} - місцеві нормальні напруження;

σ_x, σ_y - нормальні напруження, паралельні до осей *x-x* і *y-y* відповідно;

τ - дотичне напруження;

φ, φ_x, φ_y - коефіцієнт стійкості при центральному стиску;

φ_b - коефіцієнт стійкості при згині;

φ_e - коефіцієнт стійкості при згині зі стиском;

φ_{exy} - коефіцієнт стійкості при згині у двох головних площинах зі стиском.

ДОДАТОК В

(довідковий)

КАТЕГОРІЇ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ І ЗА НАПРУЖЕНИМ СТАНОМ ТА ГРУПИ КОНСТРУКЦІЙ

Таблиця В.1 - Класифікація конструкцій

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призначенням	за напруженим станом
1. Конструкції кранових колій:		
а) підкранові балки (крім ребер жорсткості) і ферми (пояси, елементи ґраток, фасонки)	А	I
б) гальмові балки і ферми, деталі кріплення до колон, ребра жорсткості	А	II
в) балки колій підвісного транспорту:		
- зварні	А	I
- прокатні під технологічні електричні талі і кран-балки або ручні талі і кран-балки	Б	I
- прокатні під ремонтні або ручні талі и кран-балки	Б	II
г) допоміжні горизонтальні ферми, вертикальні ферми, тупикові упори	Б	II
д) деталі кріплення рейок	В	III
2. Робочі площадки за наявності рухомого транспорту:		
а) балки при залізничному рухомому складі	А	I
б) балки при автонавантажувачах та іншому транспорті	А	II
в) металевий настил, включений у сумісну роботу з балками настилу, ребра жорсткості балок	Б	I
г) металевий настил, не включений до сумісної роботи з балками настилу, ребра жорсткості настилу	Б	II
3. Конструкції технологічних площадок і покриттів:		
а) головні балки і ригелі рам при динамічному навантаженні	А	I
б) головні балки при статичному навантаженні	А	III
в) другорядні балки при динамічному навантаженні	А	II
г) другорядні балки при статичному навантаженні	А	III
д) металевий настил, включений до сумісної роботи з балками настилу при динамічному навантаженні	Б	I
е) металевий настил, окрім зазначеного в поз. 3, д)	Б	II
ж) ребра жорсткості балок	В	III
4. Колони виробничих будівель і відкритих кранових естакад, стояки робочих і технологічних площадок:		
а) основні елементи поперечного перерізу (у тому числі пояси і ґратки при наскрізному перерізі), опорні плити, підкранові траверси колон	А	III
б) вертикальні в'язі між колонами	А	III
в) ребра жорсткості і діафрагми колон, елементи ґраток двоплощинних в'язей, в'язі з напруженням, меншим 0,4Ry	В	III

Продовження таблиці В.1

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призначенням	за напруженим станом
5. Конструкції покриття:		
а) ферми, ригелі та інші елементи, що підлягають безпосередній дії динамічних навантажень від технологічного чи транспортного устаткування	А	I
б) те саме при статичному навантаженні	А	II
в) вузлові фасонки	А	II
г) ліхтарні панелі, панелі покрівлі, прогони, горизонтальні торцеві в'язі в рівні покрівлі, поздовжні в'язі при кроці колон, що є більшим за крок кроквяних ферм	Б	II
д) інші в'язі	В	III
6. Конструкції фахверка		
а) ригелі під цегляні стіни і над воротами	А	III
б) стояки, торцеві і вітрові ферми	Б	II
в) ригелі, крім зазначених у поз. 6, а) та інші елементи	В	III
7. Допоміжні конструкції виробничих будівель:		
а) косоури сходів	А	III
б) сходи, перехідні площадки, огорожі, площадки світильників, посадкові площадки на крани, балки підвісних стель, імпости, віконні і ліхтарні рами	В	III
8. Транспортерні галереї:		
а) прольотні будівлі галереї, несучі балки під конвеєри, фасонки ферм	А	I
б) опори, в'язі між колонами, опорні ребра балок	А	II
в) елементи фахверка, в'язі, прогони і балки покриттів прольотних будівель, ребра жорсткості балок	Б	II
9. Опори повітряних ліній (ПЛ) електропередачі, конструкцій відкритих розподільних пристроїв (ВРП):		
а) зварні спеціальні опори великих переходів заввишки понад 60 м	А	I
б) опори ПЛ, окрім зазначених у поз. 9, а), опори під вимикачі і портали під ошинування ВРЧ	А	III
в) опори під устаткування ВРЧ тощо, крім зазначених у поз. 9, а) і б)	В	II
10. Антенні споруди зв'язку заввишки до 500 м		
а) стовбури щогл і башт, ґратки, елементи обпирання на фундаменти	А	II
б) елементи (механічні деталі) відтяжок щогл і антенних полотен, деталі кріплення відтяжок до фундаментів і до стовбурів сталевих опор	А	I
в) діафрагми баштових опор, хідники, перехідні площадки	Б	III
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, огорожі, настил площадок, балок і площадки діафрагм, що не сприймають вагу стовбура	В	III

Кінець таблиці В.1

Конструкція і елемент	Категорія	
	за призначенням	за напруженим станом
12. Димові труби:		
а) сталева оболонка і ребра жорсткості труби	А	II
б) площадки, опорні кільця, хідники та огорожі	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	I
б) стінки інших бункерів, ребра жорсткості бункерів	А	III
15. Резервуари і газгольдери:		
а) стінки та кромки днищ резервуарів місткістю 10 тис. $м^3$ і більше, фасонки покриттів	А	I
б) стінки та кромки днищ резервуарів місткістю менше ніж 10 тис. $м^3$	А	II
в) центральні частини днищ, опорні кільця покриття, кільця жорсткості, плавучі покрівлі і понтони покриття	А	III
д) внутрішні корпуси ізотермічних резервуарів за температури зберігання не вище -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 поперечини, 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

Примітка 1. Вимоги цієї таблиці не поширюються на сталеві конструкції спеціальних споруд: магістральні і технологічні трубопроводи, резервуари спеціального призначення, кожухи доменних печей і повітронагрівачів тощо.

Примітка 2. Для конструкцій і елементів, не зазначених у цій таблиці, допускається приймати категорії з урахуванням їх призначення і напруженого стану стосовно аналогічних конструкцій і елементів, зазначених у таблиці.

Таблиця В.2 - Показники груп конструкцій

Чинник	Познака	Характеристика	Показник, баллів
Клас відповідальності	S_1	I II, III	4 0
Категорія за призначенням	S_2	А Б В	11 4 I
Категорія за напруженим станом	S_3	I II III	8 5 I
Наявність розтягувальних напружень від розрахункового навантаження	S_4	є немає	7 2
Несприятливий вплив зварних з'єднань	S_5	є немає	6 2
Примітка. Несприятливий вплив зварних з'єднань слід враховувати, якщо вони розташовані у місцях дії значних розрахункових розтягувальних напружень $(\sigma > 0{,}3R_y; \sigma > 0{,}3R_{wz})$, або в місцях, де міцність зварного з'єднання визначає придатність до експлуатації конструкції в цілому.			

В.1 Залежно від категорії конструкцій за призначенням і за напруженим станом, а також від інших чинників, наведених у таблиці В.2, конструкції та елементи поділяються на чотири групи.

Групи конструкцій слід приймати залежно від показника групи S, який дорівнює сумі балів показників окремих чинників $S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$, які приймаються відповідно до таблиці В.2.

- група 1 - при $S > 26$;
- група 2 - при $23 \le S \le 26$;
- група 3 - при $19 \le S \le 22$;
- група 4 - при $S \le 18$.

Слід враховувати, що показники факторів при експлуатації, транспортуванні та монтажі можуть відрізнятися один від одного.

В.2 Після підбору перерізів слід уточнити групу конструкцій шляхом коригування показника групи *S*, визначеного згідно з В.1 цього додатка, не більше ніж на ±4 бали. При цьому рекомендується прийняти такі категорії за напруженим станом, де α - відношення абсолютного найбільшого значення нормального розтягувального напруження, викликаного дією динамічних навантажень, до найбільшого значення сумарного розтягувального напруження, викликаного дією усіх навантажень, у тому самому розрахунковому перерізі:

- I - при $\alpha \ge 0{,}5$;
- II - при $0{,}2 < \alpha < 0{,}5$;
- III - при $\alpha \le 0{,}2$.

При товщині прокату понад 20 мм до 40 мм, за наявності кромок після гільйотинного різання, наклепу від деформування в холодному стані, що не враховуються в розрахунку, високих початкових напружень (у тому числі зварювальних), значення показника групи *S* необхідно збільшити на 1 бал; при товщині прокату понад 40 мм - на 2 бали.

При дії статичного навантаження і значенні нормального напруження стискання, що обчислене з урахуванням коефіцієнтів φ, φ_e, φ_b і не перевищує $0{,}4R_y\gamma_c$ (наприклад, при обмеженні гнучкості, конструктивних вимогах тощо), значення показника групи S необхідно зменшити на 4 бали.

ДОДАТОК Г

(довідковий)

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$^{-1}$	0,12x10^{-4}
Модуль пружності Е , Н/мм^2:	
- прокатної сталі, сталевих виливків	2,06x10^5
- виливків з чавуну марок:	
- СЧ15	0,83x10^5
- СЧ20, СЧ25, СЧ30	0,98x10^5
- пучків і пасом паралельних дротів	1,96x10^5
- канатів сталевих:	
- спіральних і закритих	1,67x10^5
- несучих	
- подвійного звивання	1,47x10^5
- подвійного звивання з неметалевим сердечником	1,27x10^5
Модуль зсуву прокатної сталі і сталевих виливків G, Н/мм^2	0,79x10^5
Коефіцієнт поперечної деформації (Пуассона) 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 Е, Н/мм^2	Коефіцієнт лінійного розширення α, °С$^{-1}$
Алюмінієві проводи за ГОСТ 839	А, АНП; 16-800	0,630x10^5	0,23x10^{-4}
Мідні проводи згідно з ГОСТ 839	М; 4-800	1,300x10^5	0,17x10^{-4}
Сталеві алюмінієві проводи згідно з ГОСТ 839 при відношенні площ алюмінію до сталі, що дорівнює:	АС, АСК; АСКП, АСКС		
6...6,25	10 і більше	0,825x10^5	0,192x10^{-4}
0,65	95	1,460x10^5	0,139x10^{-4}
4,29...4,39	120 і більше	0,890x10^5	0,183x10^{-4}
7,71...8,04	150 і більше	0,770x10^5	0,198x10^{-4}
1,46	185 і більше	1,140x10^5	0,155x10^{-4}
12,22	330	0,665x10^5	0,212x10^{-4}
18,2...18,5	400 і 500	0,665x10^5	0,212x10^{-4}
Бісталевий сталемідний дріт згідно з ГОСТ 3822 діаметром, мм:	БСМ І		
1,6...4	2,0...12,5	1,870x10^5	0,127x10^{-4}
6	28,2	1,900x10^5	0,124x10^{-4}
Примітка. Значення маси проводів і дроту слід приймати згідно з ГОСТ 839 і ГОСТ 3822.			

ДОДАТОК Д

(обов'язковий)

ВИМОГИ ДО СТАЛЕЙ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Таблиця Д.1 - Характеристичні показники ударної в'язкості прокату за розрахункової температури

Група конструкцій	Нормативні показники ударної в'язкості для прокату з границею текучості, Н/мм^2		
	R_{yn} <290	290≤ R_{yn}< 390	R_{yn} ≥ 390
1	KCA + KCV^0	KCV^{-20}	KCV^{-40}
2	Те саме	Те саме	Те саме
3	»	»	»

Примітка 1. KCV - ударна в'язкість на зразках з V-подібним надрізом (тип II згідно з ГОСТ 9454), індекс *t* (KCV ^{t}) - регламентована температура випробувань на ударний згин, відсутність індексу означає температуру +20 °С, KCA - ударна в'язкість за температури + 20 °С при випробуванні зразків I-го типу згідно з ГОСТ 9454 з V-подібним надрізом після деформаційного старіння

Примітка 2. Розрахункова температура визначається відповідно до 1.1.3.1 цих Норм.

Примітка 3. Норми ударної в'язкості:

1)KCA = 29 Дж/см^2;

2) для сталей з R_{yn}< 290 Н/мм^2 - KCV = 34 Дж/см^2 на поздовжніх зразках і 25 Дж/см^2 на поперечних зразках;

3) для сталей з 290≤ R_{yn}< 390 Н/мм^2 - KCV^{-20} = 34 Дж/см^2 на поздовжніх зразках і 25 Дж/см^2 на поперечних зразках; KCV^0 = KCV^{-20} = KCV^{-40} = 34 Дж/см^2 на поздовжніх зразках і 25 Дж/см^2 на поперечних зразках;

4) для сталей з R_{yn} ≥ 390 Н/мм^2 - KCV^{-40} = 25 Дж/см^2.

Таблиця Д.2 - Вимоги до хімічного складу низьколегованої сталі для сталевих конструкцій

Конструкції будівель і споруд при границі текучості сталі, Н/мм^2	Масова частка елементів [1], %, не більше			Вуглецевий еквівалент $C_э$, не більше
	вуглець	фосфор	сірка	
До 290	0,22	0,040	0,050[2]	0,38
Понад 290 до 390	0,15	0,035	0,010[2]	0,42
Понад 390 до 490	0,15	0,020[3]	0,010[3]	0,45
Понад 490 до 590	0,15	0,015	0,010	0,47
Понад 590	0,15	0,010	0,005	0,50

[1] Граничні відхили за хімічним складом у готовому прокаті згідно з ГОСТ 27772.

[2] У разі термічної обробки сталі, призначеної подрібнити зерно, вміст сірки повинен складати не більше за 0,025%.

[3] Сумарний вміст сірки і фосфору не повинен перевищувати 0,020%. Примітка. Значення вуглецевого еквівалента ($C_э$, %) обчислюється за формулою

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

де C, Mn, Cr, V, Ni, Cu, Mo - масові частки вуглецю, марганцю, хрому, ванадію, нікелю, міді і молібдену відповідно, %.

Таблиця Д.3 - Вимоги до застосування сталевого прокату

Характеристика сталі	Група конструкцій	Ступінь розкислення	Вимоги щодо ударної в'язкості
Низьковуглецева 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		
Високоміцна сталь	1		KCV^{-40}
	2		
	3		

сп - спокійна;
пс - напівспокійна;
кп - кипляча.
KCA, KCV - вимоги до ударної в'язкості, що приймаються за таблицею Д.1.

ДОДАТОК Е

(обов'язковий)

ВИБІР СТАЛЕЙ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Таблиця Е.1 - Сталі для сталевих конструкцій будівель і споруд

Сталь	Умови застосування сталі для груп конструкцій			
	1	2	3	4
Конструкції з фасонного, сортового, листового, широкополичкового 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			+	
С355[1, 2]	-	+	+	-
С375 ГОСТ 27772, [1, 2]	+3	+1	+1	-
С390 ГОСТ 27772, [1, 2]	+	+	+	-
С440 ГОСТ 27772, [1, 2]	+	+	+	-
С490 ГОСТ 27772, [1, 2]				-
С590 ГОСТ 27772, [1, 2]	-	+	+	-
С590К ГОСТ 27772	-	-	-	-
Конструкції з труб				
ВСт3кп (до 4) ГОСТ 10705[а)]	+2[д)]	+2 [д)]	+2 [д)]	
ВСт3кп (от 4,5 до 10) ГОСТ 10705[в)]	-	+2 [д)]	+2[д)]	
ВСт3пс (до 5,5) ГОСТ 10705[в)]	+2 [д)]	+2 [д)]	+2 [д)]	
ВСт3пс (от 6 до 10) ГОСТ 10705[в)]	+6	+6	+6	
ВСт3сп (от 6 до 10) ГОСТ 10705[в)]	-	-	-	
ВСт3пс (от 5 до 15) ГОСТ 10706[г)]	-	+4	+4	
ВСт3сп (от 5 до 15) ГОСТ 10706[г)]	-	-	-	
20 ГОСТ 8731[е)]	+	+	-	
09Г2С ГОСТ 8731[е)]	+	+	-	

Знаки "+" і "-" означають, що дану сталь застосовувати відповідно слід чи не слід.

Цифра за знаком "+" означає категорію сталі за ударною в'язкістю.

а) окрім неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, а також окрім опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільних пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ);

б) для неопалюваних будівель і конструкцій, що експлуатуються на відкритому повітрі, слід застосовувати прокат завтовшки до 10 мм;

в) група В, табл. 1 ГОСТ 10705;

г) група В з додатковими вимогами за 1.6 ГОСТ 10706;

д) окрім 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).

Примітка 1. За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці.

Примітка 2. Вимоги цієї таблиці поширюються на листовий прокат завтовшки понад 3 мм. При товщині прокату меншій за 3 мм наведені в таблиці сталі слід застосовувати без вимог до ударної в'язкості (без зазначення категорії).

Примітка 3. Прокат завтовшки менше за 5 мм із сталі класу С235 допускається застосовувати для конструкцій усіх груп, окрім опор ПЛ, ВРП і КМ.

Примітка 4. Застосування термозміцненого з прокатного нагріву фасонного прокату зі сталі класу С345Т і С375Т, який постачається як сталь класу С345 і С375, не допускається в конструкціях, які при виготовленні підлягають металізації або пластичним деформаціям за температури понад +700°С.

Примітка 5. До сортового прокату (круг, смуга, квадрат) згідно з ГОСТ 535, ГОСТ 19281 та іншими технічними умовами і стандартами висуваються такі самі вимоги, як до фасонного прокату такої самої товщини згідно з ГОСТ 27772.

Примітка 6. Відповідність марок сталі сортового прокату маркам сталей згідно з ГОСТ 27772 слід визначити за таблицею Е.5 цього додатка.

Таблиця Е.2 - Характеристичні і розрахункові опори при розтягу, стиску та згині для листового, широкоштабового універсального і фасонного прокату згідно з ГОСТ 27772

Сталь	Товщина прокату[1)], мм	Характеристичний опір[2)], Н/мм^2, прокату				Розрахунковий опір[3)] Н/мм^2, прокату			
		листового, широкоштабового, універсального		фасонного		листового, широкоштабового, універсального		фасонного	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	R_y	R_u
С235	від 2 до 20	235	360	235	360	230	350	230	350
	понад 20 до 40	225	360	225	360	220	350	220	350
	понад 40 до 100	215	360	-	-	210	350	-	-
	понад 100	195	360	-	-	190	350	-	-
С245	від 2 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	понад 20 до 30	-	-	235	370	-	-	230	360
С255	від 2 до 3,9	255	380	-	-	250	370	-	-
	від 4 до 10	245	380	255	380	240	370	250	370
	понад 10 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	понад 20 до 40	235	370	235	370	230	360	230	360
С275	від 2 до 10	275	380	275	390	270	370	270	380
	понад 10 до 20	265	370	275	380	260	360	270	370
С285	від 2 до 3,9	285	390	-	-	280	380	-	-
	від 4 до 10	275	390	285	400	270	380	280	390
	понад 10 до 20	265	380	275	390	260	370	270	380
С345	від 2 до 10	345	490	345	490	335	480	335	480
	понад 10 до 20	325	470	325	470	315	460	315	460
	понад 20 до 40	305	460	305	460	300	450	300	450
	понад 40 до 60	285	450	-	-	280	440	-	-
	понад 60 до 80	275	440	-	-	270	430	-	-
	понад 80 до 100	265	430	-	-	260	420	-	-
С345К	від 4 до 10	345	470	345	470	335	460	335	460
С355	від 8 до 50	355	450	-	-	340	430	-	-
С375	від 2 до 10	375	510	375	510	365	500	365	500
	понад 10 до 20	355	490	355	490	345	480	345	480
	понад 20 до 40	335	480	335	480	325	470	325	470
С390	від 4 до 50	390	540	-	-	380	530	-	-
С390К	від 4 до 30	390	540	-	-	380	530	-	-
С440	від 4 до 30	440	590	-	-	430	575	-	-
	понад 30 до 50	410	570	-	-	400	555	-	-
С590	від 8 до 50	590	700	-	-	540	630	-	-
С590К	від 16 до 40	540	635	-	-	515	605	-	-

[1)] За товщину фасонного прокату слід приймати товщину полиці.

[2)] За характеристичні опори прийняті гарантовані значення границі текучості і тимчасового опору.

[3)] Значення розрахункових опорів одержані діленням характеристичних опорів на коефіцієнти надійності за матеріалом, визначені згідно з 1.3.2 із заокругленням до 5 Н/мм^2.

Примітка. Розрахункові опори R_{yw} стінок гарячекатаних двотаврів і швелерів допускається збільшувати на 10% порівняно з R_y.

Таблиця Е.3 - Характеристичні і розрахункові опори при розтягу, стиску і згині труб для сталевих конструкцій будівель і споруд

Марка сталі	ГОСТ	Товщина стінки, мм	Характеристичний опір[1], Н/мм^2		Розрахунковий опір[2], Н/мм^2	
			R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u
ВСт3кп, ВСт3пс	ГОСТ 10705	До 10	225	370	215	350
ВСт3сп						
ВСт3пс4	ГОСТ 10706	4...15	245	370	235	350
ВСт3сп4						
20	ГОСТ 8731	4...36	245	410	225	375

[1] За характеристичні опори прийнято гарантовані значення границі текучості і тимчасового опору, які наводяться у державних стандартах або технічних умовах.

[2] Значення розрахункових опорів одержано діленням характеристичних опорів, Н/мм^2, на коефіцієнти надійності за матеріалом, які визначаються згідно з 1.3.2 і округленням до 5 Н/мм^2.

Примітка 1. Характеристичні опори для труб із сталі марки 09Г2С згідно з ГОСТ 8731 установлюються за погодженням сторін згідно з вимогами цього стандарту; розрахункові опори для труб зі сталі цих марок обчислюють за формулами, наведеними у таблиці 1.3.1 цих Норм.

Примітка 2. Для труб марок сталей і товщин, що поставляються за іншими нормативними документами, характеристичні опори установлюються за погодженням сторін згідно з вимогами цього стандарту; розрахункові опори обчислюють за формулами, наведеними у таблиці 1.3.1 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		Діаметральному стисканню котків (при вільному дотиканні в конструкціях з обмеженою рухомістю)
	торцевої поверхні (за наявності пригонки)	місцевому в циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	
360	327	164	8
370	336	168	8
380	346	173	9
390	355	178	9
400	364	182	10
430	391	196	10
440	400	200	10
450	409	205	10
460	418	209	10
470	427	214	11
480	436	218	11
490	445	223	11
510	464	232	12
540	482	241	12
570	504	252	13
590	522	261	13

Примітка. У таблиці наведено значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих Норм при $\gamma_m = 1{,}1$.

Таблиця Е.5 - Марки сталі, що відповідають маркам сталей згідно з ГОСТ 27772

Клас сталі	Стандарт	Сталь, яка відповідає сталі згідно з ГОСТ 27772	
		марки сталі, товщина прокату, мм	Стандарт
С235	ГОСТ 27772	СтЗкп2	ГОСТ 380
С245		СтЗпс5 (листовий - до 20, фасонний - до 30)	ГОСТ 380
С255		СтЗсп5, СтЗГпс5, СтЗпс5 (листовий - понад 20 до 40, фасонний - понад 30)	ГОСТ 380
С275		СтЗпс5	ГОСТ 380
С285		СтЗсп5, СтЗГпс5	ГОСТ 380
С345, С345Т		09Г2	ГОСТ 19281-89
		09Г2С 15ХСНД (листовий до 10, фасонний до 20) 14Г2 (листовий, фасонний до 20)	ГОСТ 19281-89
		СтТпс	ГОСТ 14637
С345К	ГОСТ 27772 категорій 1, 2, 3, 4	10ХНДП	ГОСТ 19281 категорій 6, 7, 9, 12, 13 і 15
С355	ТУ У 27.1-5416923-085	06ГБ-355	ТУ У 27.1-5416923-085
		14Г2 (листовий, фасонний - понад 20) 10Г2С1, 15ХСНД (листовий - понад 10, фасонний - понад 20), 10ХСНД (листовий -до 10, фасонний - без обмежень)	ГОСТ 19281, ГОСТ 19281-89
С375	ГОСТ 27772 категорій 1, 2, 3, 4	09Г2С, гр. 2 12Г2С, гр. 2	ГОСТ 19281 категорій 6, 7, 9, 12, 13 і 15
С390	ГОСТ 27772	14Г2АФ, 10Г2С1 термозміцнена, 10ХСНД (листовий - понад 10) 06ГБ-390	ГОСТ 19281-89 сталі категорій 1-15
С390К		15Г2АФДпс	ГОСТ 19281-89
С440		16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термозміцнена 06Г2Б	ГОСТ 19281-89 сталі категорій 1-15
С490		06Г2Б	ГОСТ 19281-89
С590		12Г2СМФ 12ХН2МД	ГОСТ 19281-89 сталі категорій 1-15
С590К		12ГН2МФАЮ	

Таблиця Е.6 - Розрахункові опори виливків з вуглецевої сталі

Напружений стан	Умовна познака	Розрахункові опори, Н/мм^2 відливків з вуглецевої сталі марок			
		15Л	25Л	35Л	45Л
Розтяг, стиск, згин	R_u	150	180	210	250
Зсув	R_s	90	110	130	150
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	R_p	230	270	320	370
Зминання місцеве в циліндричних шарнірах (цапфах) при щільному дотиканні	R_{lp}	110	130	160	180
Діаметральне стисканню котків при вільному дотиканні (в конструкціях з обмеженою рухливістю)	R_{cd}	6	7	8	10

Таблиця Е.7 - Розрахункові опори відливків із сірого чавуну

Напружений стан	Умовна познака	Розрахункові опори, Н/мм^2, відливків із сірого чавуну марок			
		СЧ15	СЧ20	СЧ25	СЧ30
Розтяг центральний при згині	R_t	55	65	85	100
Стиск центральний при згині	R_c	160	200	230	250
Зминання торцевої поверхні (за наявності пригонки)	R_p	240	300	340	370
Зсув	R_s	40	50	65	75

ДОДАТОК Ж

(обов'язковий)

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ З'ЄДНАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Таблиця Ж.1 - Матеріали для зварних з'єднань

Група конструкцій	Клас міцності прокату (найменування, марка сталі)	Державний стандарт, технічні умови	Марки матеріалів для зварювання					
			під флюсом		у вуглекислому газі згідно з ГОСТ 8050 або в суміші його з аргоном згідно з ГОСТ 10157		самозахисним порошковим дротом згідно з ГОСТ 26271	покритими електродами типу згідно з ГОСТ 9467
			флюс згідно з ГОСТ 9087	зварювальний дріт згідно з ГОСТ 2246	дротом суцільного перерізу згідно з ГОСТ 2246	порошковим дротом згідно з ГОСТ 26271		
1,2	Від 235 до 285 вкл. (типу Ст3сп)	ГОСТ 27772 ДСТУ 2651 (ГОСТ 380) ГОСТ 14637 ГОСТ 535-88 ГОСТ 6713	АН-348А АН-348АД[1)]	Св-08А Св-08ГА	Св-08Г2С			Э42А УОНИ 13/45 УОНИ 13/45 СМ УОНИ 13/45А СМ11
	Від 295 до 375 вкл. (типу 09Г2С)	ГОСТ 27772 ГОСТ 19281-89 [2]	АН-47 АН-47Д АН-348 АН-348АД	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	Св-08Г2С	ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9 ПП-АН45	Э50А УОНИ 13/55, УОНИ 13/55СМ УОНИ 13/55ФК ДСК-55ФК
	Від 325 до 390 вкл. (типу 10ХСНД)	ГОСТ 1928 ГОСТ 6713	АН-47 АН-47Д АН-348А АН-348АД АН-43	Св-08ГА[1)] Св-10ГА[1)] Св-10Г2[1)] Св-08ХМ Св-10НМА	Св-08Г2С	ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н 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 ГОСТ 19281 ГОСТ 5521 [1,2]	АН-47 АН-47Д АН-17М АН-348А АН-348АД АН-43	Св-08ГА[1)] Св-10ГА[1)] Св-10Г2[1)] Св-08ХМ Св-10НМА Св-08ХГСМА Св-10ХГ2СМА	Св-08Г2С	ПП-АН9 ПП-АН29 ПП-АН59 ПП-АН61 ПП-АН69	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н ПП-АН45	
	345 (С345К, 10ХНДП)	ГОСТ 27772 ГОСТ 19281	АН-348А АН-348АД	Св-08ГА[1)] Св-10ГА[1)] Св-10Г2[1)] Св-08ХМ Св-10НМА	Св-08Г2С	ПП-АН59 ПП-АН61	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н	Э50АОЗС-18 КД-11
	Від 440 до 590 вкл.	ГОСТ 27772 [1]	АН-17М	Св-08ХН2ГМЮ Св-10НМА	Св-08ХГСМА Св-10ХГ2СМА Св-08Г2С			Э60 УОНИ 13/65 АНО-33 АНО-ТМ60 Э70, АНП-2 АНП-11 АНО-ТМ70

Кінець таблиці Ж.1

Група конструкцій	Клас міцності прокату (найменування, марка сталі)	Державний стандарт, технічні умови	Марки матеріалів для зварювання					
			під флюсом		у вуглекислому газі згідно з ГОСТ 8050 або в суміші його з аргоном згідно з ГОСТ 10157		самозахисним порошковим дротом згідно з ГОСТ 26271	покритими електродами типу згідно з ГОСТ 9467
			флюс згідно з ГОСТ 9087	зварювальний дріт згідно з ГОСТ 2246	дротом суцільного перерізу ЗГІДНО з ГОСТ 2246	порошковим дротом згідно з ГОСТ 26271		
3,4	Від 235 до 285 вкл. (типу Ст3сп)	ГОСТ 27772 ДСТУ 2651 (ГОСТ 380) ГОСТ 14637 ГОСТ 535	АН-348А АН-348АД[1)]	Св-08 Св-08А Св-08ГА	Св-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. (типу 09Г2С)	ГОСТ 27772 ГОСТ 19281	АН-47 АН-47Д АН-348 АН-348АД	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	Св-08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8 ПП-АН59	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н ПП-АН45	Э50А УОНИ 13/55 УОНИ 13/55СМ УОНИ 13/55ФК ДСК-55ФК
	Від 325 до 390 вкл. (типу 10ХСНД)	ГОСТ 19281 ГОСТ 6713	АН-47 АН-47Д АН-348А АН-348АД	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	Св-08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н 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 ГОСТ 19289 ГОСТ 55213 [3]	АН-47 АН-47Д АН-17М АН-348А АН-348АД	Св-08ГА Св-10ГА Св-10Г2	Св-08Г2С	ПП-АН3 ПП-АН8	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н ПП-АН45	
	345 (С345К, 10ХНДП)	ГОСТ 27772 ГОСТ 19281	АН-348А АН-348АД	Св-08Х1ДЮ	Св-08Г2С	ПП-АН59 ПП-АН61	ПП-АНІ9 ПП-АНІ9Н	Э50А ОЗС-18 КД-11

[1] Застосування флюсу АН-348А (АН-348АД) вимагає проведення додаткового контролю механічних властивостей металу шва при зварюванні з'єднань елементів завтовшки понад 32 мм.

Примітка. При відповідному обґрунтуванні для зварювання конструкцій допускається використовувати зварювальні матеріали (дроти, флюси, захисні гази, електроди), не зазначені в цій таблиці. При цьому властивості металу шва, що виконується з їх застосуванням, повинні бути не гірші від властивостей, які забезпечуються застосуванням матеріалів згідно з цією таблицею.

Таблиця Ж.2 - Характеристичні та розрахункові опори металу кутових швів

Рекомендований клас міцності основного металу	Метал кутового шва	
	Характристичний опір R_{wun}, Н/мм^2	Розрахунковий опір R_{wf}, Н/мм^2
С315 і нижче	410	180
Вище С315 до С355 включно	450	200
Вище С355 до С390 включно	490	215
Вище С390 до С440 включно	590	240
Вище С440	685	280

Таблиця Ж.3 - Вимоги до болтів за різних умов їх застосування

Клас міцності болтів і вимоги до них згідно з ГОСТ 1759.4 у конструкціях, які			
не розраховуються на витривалість		розраховуються на витривалість	
при роботі болтів на			
розтяг або зріз	зріз	розтяг або зріз	зріз
5.6	5.6	5.6	5.6
-	5.8	_	-
8.8	8.8	8.8	8.8
10.9	10.9	10.9	10.9
-	12.9	-	12.9
Примітка 1. Високоміцні болти згідно з ГОСТ 22356 із сталі марки 40Х "селект" застосовуються у тих самих конструкціях, що й болти класів міцності 10.9 і 12.9.			
Примітка 2. У з'єднаннях, які не розраховуються на витривалість, допускається застосовувати болти з підголовком класу точності В і С згідно з ГОСТ 7795, ГОСТ 15590.			

Таблиця Ж.4 - Характеристичні опори сталі болтів і розрахункові опори одноболтових з'єднань зрізу і розтягу, Н/мм^2

Клас міцності болтів	R_{bun}	R_{byn}	R_{bs}	R_{bt}
5.6	500	300	210	225
5.8	500	400	210	235
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. У таблиці вказані значення розрахункових опорів, обчислені із округленням до 5 Н/мм^2.				

Таблиця Ж.5 - Розрахункові опори одноболтових з'єднань зминанню R_{bp} елементів, що з'єднуються болтами

Тимчасовий опір сталі з'єднуваних елементів R_{un}, Н/мм^2	R_{bp}, Н/мм^2, при болтах	
	класу точності А	класів точності В і С, високоміцних
360	560	475
370	580	485
380	590	500
390	610	515
430	670	565

Кінець таблиці Ж.5

Тимчасовий опір сталі з'єднуваних елементів R_{un}, Н/мм^2	R_{bp}, Н/мм^2, при болтах	
	класу точності А	класів точності В і С, високоміцних
440	685	580
450	700	595
460	720	605
470	735	620
480	750	630
490	765	645
510	795	670
540	845	710
570	890	750
590	920	775
Примітка. У таблиці наведені значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих Норм із округленням до 5 Н/мм^2.		

Таблиця Ж.6 - Розрахункові опори розтягу фундаментних болтів R_{ba}

Номінальний діаметр болтів, мм	R_{ba}, Н/мм^2 для болтів із сталі марок			
	згідно з ГОСТ 535 *)		згідно з ГОСТ 19281 *)	
	Ст3кп2-И	Ст3пс4-П, Ст3пс2-П, Ст3сп4-П, Ст3сп2-П	09Г2С-6, 09Г2С-8	10Г2С1-6, 10Г2С1-8
12, 16, 20	190	200	265	270
24, 30	180	190	245	265
36	180	190	230	265
42, 48, 56	175	180	230	265
64, 72, 80	175	180	220	235
90, 100	175	180	210	235
110, 125, 140	150	165	210	-
*) Розрахункові опори для болтів із інших сталей обчислюються за формулами 1.3.7. **Примітка 1.** Сталь згідно з ГОСТ 535 повинна постачатися за 1 групою за призначенням. **Примітка 2.** У таблиці наведені значення розрахункових опорів, обчислені за формулами розділу 1.3 цих Норм з округленням до 5 Н/мм^2.				

Таблиця Ж.7 - Характеристичні і розрахункові опори на розтяг, Н/мм^2, високоміцних болтів згідно з ГОСТ 22356 із сталі марки 40Х "селект"

Номінальний діаметр нарізки, мм	R_{bun}	R_{bh}
16, 20, (22), 24, (27)	1100	770
30	950	665
36	750	525
42	650	455
48	600	420
Примітка. Розміри, наведені в дужках, застосовувати не рекомендується.		

Таблиця Ж.8 - Площі перерізів болтів, см^2, згідно з 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

Примітка 1. Площі перерізу болтів діаметром понад 48 мм слід приймати згідно з ГОСТ 24379.0.

Примітка 2. Розміри, наведені в дужках, не рекомендується застосовувати в конструкціях, окрім опор повітряних ліній (ПЛ), відкритих розподільних пристроїв (ВРП) та контактних мереж (КМ).

ДОДАТОК І

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТИ УМОВ РОБОТИ ДЛЯ РОЗТЯГНУТОГО ОДИНОЧНОГО КУТИКА, ЯКИЙ ПРИКРІПЛЮЄТЬСЯ ОДНІЄЮ ПОЛИЦЕЮ БОЛТАМИ

Коефіцієнт умов роботи γ_{c1} при розрахунку за формулою (1.4.2) перерізу розтягнутого одиночного кутика зі сталі з границею текучості до 380 Н/мм^2, який прикріплюється однією полицею болтами, поставленими в один ряд вздовж осі, розташованої на відстані не менше за 0,5*b* від обушка кутика і не менше 1,2*d* від пера кутика, слід визначити за формулою

$$\gamma_{c1} = \left(\alpha_1 \frac{A_{n1}}{A_n} + \alpha_2 \right) \alpha_3 , \qquad (I.1)$$

де A_{n1} – площа частини поперечного перерізу прикріплюваної полиці кутика між краєм отвору і пером;

A_n – площа поперечного перерізу кутика нетто;

α_1, α_2, α_3 – коефіцієнти, що визначаються за таблицею 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 $e_1 \geq 1{,}5d$ та $p_1 \geq 2d$ при кількості болтів у ряду		
	1,35d [1)]	1,5*d*	2,0*d*	2	3	4
a_1	1,70	1,70	1,70	1,77	1,45	1,17
a_2	0,05	0,05	0,05	0,19	0,36	0,47
a_3	0,65	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0
[1)] - тільки для елементів ґраток (розкосів і розпірок), окрім тих, що постійно працюють на розтяг при товщині полиці до 6 мм.						

ДОДАТОК К

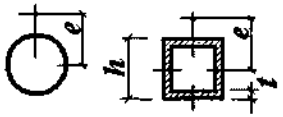
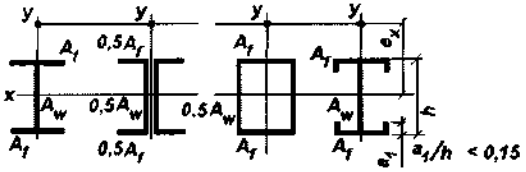
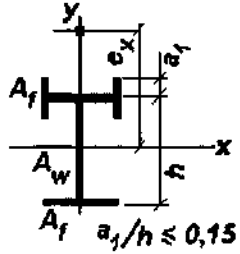
(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО І ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

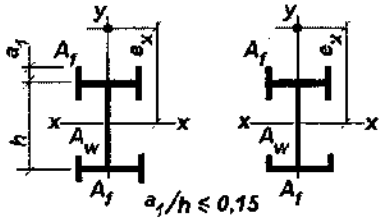
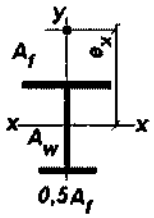
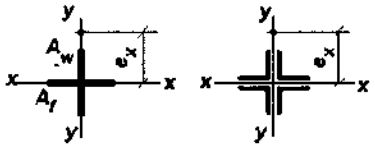
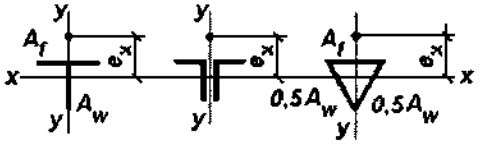
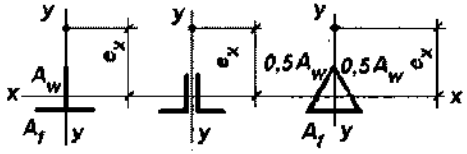
Таблиця К.1 - Коефіцієнти стійкості при центральному стиску

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Коефіцієнт φ для типів кривих стійкості			Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Коефіцієнт φ для типів кривих стійкості		
	a	*b*	*c*		*a*	*b*	*c*
0,4	999	998	992	5,4	261	261	255
0,6	994	986	950	5,6	242	242	240
0,8	981	967	929	5,8	226	226	226
1,0	968	948	901	6,0		211	
1,2	954	927	878	6,2		198	
1,4	938	905	842	6,4		186	
1,6	920	881	811	6,6		174	
1,8	900	855	778	6,8		164	
2,0	877	826	744	7,0		155	
2,2	851	794	709	7,2		147	
2,4	820	760	672	7,4		139	
2,6	785	722	635	7,6		132	
2,8	747	683	598	7,8		125	
3,0	704	643	562	8,0		119	
3,2	660	602	526	8,5		105	
3,4	615	562	492	9,0		094	
3,6	572	524	460	9,5		084	
3,8	530	487	430	10,0		076	
4,0	475	453	401	10,5		069	
4,2	431	421	375	11,0		063	
4,4	393	392	351	11,5		057	
4,6	359	359	328	12,0		053	
4,8	330	330	308	12,5		049	
5,0	304	304	289	13,0		045	
5,2	281	281	271	14,0		039	
Примітка. Наведені у таблиці значення коефіцієнта φ збільшені в 1000 разів.							

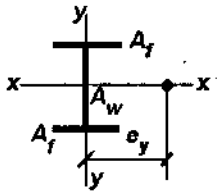
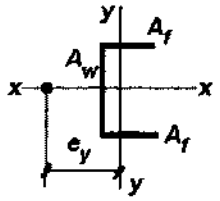
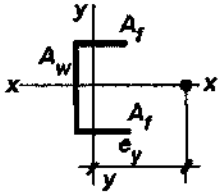
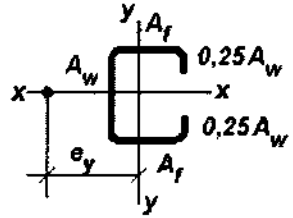
Таблиця К.2 - Коефіцієнти впливу форми перерізу η

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \le \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \le 5$		$\bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0{,}1 \le m_x (m_y) \le 5$	$5 < m_x (m_y) \le 20$	$0{,}1 \le m_x (m_y) \le 5$	$5 < m_x (m_y) \le 20$
1-й		–	1,0	1,0	1,0	
2-й	$t/h = 0{,}25$	–	0,85	0,85	0,85	
3-й		–	$0{,}75+0{,}02\bar{\lambda}_x$	$0{,}75+0{,}02\bar{\lambda}_x$	0,85	
4-й	 $t/h = 0{,}25$	–	$(1{,}35-0{,}05m_x)-0{,}01(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,10	1,10	
5-й	 $a_1/h < 0{,}15$	0,25 0,5 ≥ 1,0	$(1{,}45-0{,}05m_x)-0{,}1(5-m_x)\bar{\lambda}_x$ $(1{,}75-0{,}1m_x)-0{,}02(5-m_x)\bar{\lambda}_x$ $(1{,}90-0{,}1m_x)-0{,}02(6-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,20 1,25 $1{,}4-0{,}02\bar{\lambda}_x$	1,20 1,25 1,30	
6-й	 $a_1/h \le 0{,}15$		$\eta_5\left(1-0{,}3(5-m_x)\frac{a_1}{h}\right)$	η_5	η_5	

Продовження таблиці К.2

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \le \bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) \le 5$		$\bar{\lambda}_x (\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0{,}1 \le m_x (m_y) \le 5$	$5 < m_x (m_y) \le 20$	$0{,}1 \le m_x (m_y) \le 5$	$5 < m_x (m_y) \le 20$
7-й		–	$\eta_5\left(1-0{,}8\frac{a_1}{h}\right)$	$\eta_5\left(1-0{,}8\frac{a_1}{h}\right)$	$\eta_5\left(1-0{,}8\frac{a_1}{h}\right)$	
8-й		0,5	1,4	1,4	1,4	1,4
		1,0	$1{,}60-0{,}01(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,6	$1{,}35+0{,}05m_x$	1,6
		2,0	$1{,}8-0{,}02(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,8	$1{,}3+0{,}1m_x$	1,8
9-й		0,25	$(0{,}75-0{,}05m_x)-0{,}01(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,0		1,0
		0,5	$(0{,}5-0{,}1m_x)-0{,}02(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,0		1,0
		≥ 1,0	$(0{,}25-0{,}15m_x)-0{,}03(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,0		1,0
10-й		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	$2{,}0+0{,}25m_x+0{,}1\bar{\lambda}_x$	–	–	–
		2,0	$3{,}0+0{,}25m_x+0{,}1\bar{\lambda}_x$	–	–	–
		0,5	$(1{,}25-0{,}05m_x)-0{,}01(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,0		1,0
		≥ 1,0	$(1{,}5-0{,}1m_x)-0{,}02(5-m_x)\bar{\lambda}_x$	1,0		1,0

Кінець таблиці К.2

Тип перерізу	Схема перерізу і ексцентриситет	$\frac{A_f}{A_w}$	Значення η при			
			$0 \le \bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) \le 5$		$\bar{\lambda}_x(\bar{\lambda}_y) > 5$	
			$0{,}1 \le m_x(m_y) \le 5$	$5 < m_x(m_y) \le 20$	$0{,}1 \le m_x(m_y) \le 5$	$5 < m_x(m_y) \le 20$
11-й		≤ 0,5	$(0{,}25-0{,}15m_y)-0{,}03(5-m_y)\bar{\lambda}_y$	1,0		1,0
		1,0	$(0{,}5-0{,}1m_y)-0{,}02(5-m_y)\bar{\lambda}_y$	1,0		1,0
		2,0	$(0{,}75-0{,}05m_y)-0{,}01(5-m_y)\bar{\lambda}_y$	1,0		1,0
12-й		0,25	$3{,}0 + 0{,}25m_y + 0{,}1$	–	–	–
		0,333	$2{,}0 + 0{,}25m_y + 0{,}1$	–	–	–
		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
		≤0,5	$(1{,}5 - 0{,}1m_y) - 0{,}02(5 - m_y)$	1,0	–	1,0
		1,0	$(1{,}25 - 0{,}05m_y) - 0{,}01(5 - m_y)$	1,0	–	1,0
13-й		1,25	$1{,}8 - 0{,}02(5 - m_y)$	1,8	$1{,}3 + 0{,}1m_y$	1,8
		0,5	$1{,}6 - 0{,}01(5 - m_y)$	1,6	$1{,}35 + 0{,}05m_y$	1,6
		1,0	1,4	1,4	1,4	1,4

Примітка 1. Для перерізів 5–7-го типів при розрахунку значень A_f / A_w площу вертикальних елементів полиць не слід враховувати.

Примітка 2. Для перерізів 6–7-го типів значення η_5 слід приймати таким, що дорівнює значенню η для 5-го типу при тих самих значеннях A_f / A_w.

Таблиця К.3 - Коефіцієнти стійкості φ_e при позацентровому стиску суцільностінчастих стрижнів в площині дії моменту, що збігається з площиною симетрії

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведеного відносного ексцентриситету m_{ef}								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093
10,0	100	097	093	091	090	085	081	080	079
11,0	083	079	077	076	075	073	071	069	068
12,0	069	067	064	063	062	060	059	059	058
13,0	062	061	054	053	052	051	051	050	049
14,0	052	049	049	048	048	047	047	046	045

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведеного відносного ексцентриситету m_{ef}								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	469	417	370	337	307	280	260	237	222
1,0	427	382	341	307	283	259	240	225	209
1,5	388	347	312	283	262	240	223	207	195
2,0	352	315	286	260	240	222	206	193	182
2,5	317	287	262	238	220	204	190	178	168
3,0	287	260	238	217	202	187	175	166	156
3,5	258	233	216	198	183	172	162	153	145
4,0	232	212	197	181	168	158	149	140	135
4,5	208	192	178	165	155	146	137	130	125
5,0	188	175	162	150	143	135	126	120	117
5,5	170	158	148	138	132	124	117	112	108
6,0	153	145	137	128	120	115	109	104	100
6,5	140	132	125	117	112	106	101	097	094
7,0	127	121	115	108	102	098	094	091	087
8,0	106	100	095	091	087	083	081	078	076
9,0	088	085	082	079	075	072	069	066	065
10,0	075	072	070	069	065	062	060	059	058
11,0	063	062	061	060	057	055	053	052	051
12,0	055	054	053	052	051	050	049	048	•047
13,0	049	048	048	047	045	044	043	042	041
14,0	044	043	043	042	041	040	040	039	039

Умовна гнучкість $\bar{\lambda}$	Значення φ_e при значенні приведеного відносного ексцентриситету m_{ef}							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	210	183	164	150	125	106	090	077
1,0	196	175	157	142	121	103	086	074
1,5	182	163	148	134	114	099	082	070
2,0	170	153	138	125	107	094	079	067
2,5	158	144	130	118	101	090	076	065
3,0	147	135	123	112	097	086	073	063
3,5	137	125	115	106	092	082	069	060
4,0	127	118	108	098	088	078	066	057
4,5	118	110	101	093	083	075	064	055
5,0	111	103	095	088	079	072	062	053
5,5	104	095	089	084	075	069	060	051
6,0	096	089	084	079	072	066	057	049
6,5	089	083	080	074	068	062	054	047
7,0	083	078	074	070	064	059	052	045
8,0	074	068	065	062	057	053	047	041
9,0	064	061	058	055	051	048	043	038
10,0	057	055	052	049	046	043	039	035
11,0	050	048	046	044	040	038	035	032
12,0	046	044	042	040	037	035	032	029
13,0	041	039	038	037	035	033	030	027
14,0	038	037	036	036	034	032	029	026

Примітка 1. Значення коефіцієнтів φ_e в таблиці збільшені в 1000 разів.
Примітка 2. Значення коефіцієнта φ_e слід приймати не більшим за значення коефіцієнта φ.

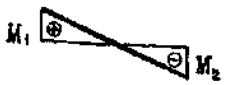
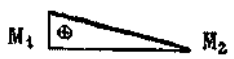
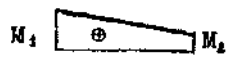
Таблиця К.4 - Коефіцієнти стійкості φ_e при позацентровому стиску наскрізних стрижнів у площині дії моменту, що збігається з площиною симетрії

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення Φ_e при значенні відносного ексцентриситету m								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	908	800	666	571	500	444	400	364	333
1,0	872	762	640	553	483	431	387	351	328
1,5	830	727	600	517	454	407	367	336	311
2,0	774	673	556	479	423	381	346	318	298
2,5	708	608	507	439	391	354	322	297	274
3,0	637	545	455	399	356	324	296	275	255
3,5	562	480	402	355	320	294	270	251	235
4,0	484	422	357	317	288	264	246	228	215
4,5	415	365	315	281	258	237	223	207	196
5,0	350	315	277	250	230	212	201	186	178
5,5	300	273	245	223	203	192	182	172	163
6,0	255	237	216	198	183	174	165	156	149
6,5	221	208	190	178	165	157	149	142	137
7,0	192	184	168	160	150	141	135	130	125
8,0	148	142	136	130	123	118	113	108	105
9,0	117	114	110	107	102	098	094	090	087
10,0	097	094	091	090	087	084	080	076	073
11,0	082	078	077	076	073	071	068	066	064
12,0	068	066	064	063	061	060	058	057	056
13,0	060	059	054	053	052	051	050	049	049
14,0	050	049	048	047	046	046	045	044	043
Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення Φ_e при значенні відносного ексцентриситету m								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	286	250	222	200	182	167	154	143	133
1,0	280	243	218	197	180	165	151	142	131
1,5	271	240	211	190	178	163	149	137	128
2,0	255	228	202	183	170	156	143	132	125
2,5	238	215	192	175	162	148	136	127	120
3,0	222	201	182	165	153	138	130	121	116
3,5	206	187	170	155	143	130	123	115	ПО
4,0	191	173	160	145	133	124	118	ПО	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	ПО	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

Умовна приведена гнучкість $\bar{\lambda}_{ef}$	Значення φ_e при значенні відносного ексцентриситету m							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	125	111	100	091	077	067	058	048
1,0	121	109	098	090	077	066	055	046
1,5	119	108	096	088	077	065	053	045
2,0	117	106	095	086	076	064	052	045
2,5	113	103	093	083 '	074	062	051	044
3,0	110	100	091	081	071	061	051	043
3,5	106	096	088	078	069	059	050	042
4,0	100	093	084	076	067	057	049	041
4,5	096	089	079	073	065	055	048	040
5,0	092	086	076	071	062	054	047	039
5,5	087	081	074	068	059	052	046	039
6,0	083	077	070	065	056	051	045	038
6,5	077	072	066	061	054	050	044	037
7,0	074	068	063	058	051	047	043	036
8,0	065	060	055	052	048	044	041	035
9,0	056	053	050	048	045	042	039	035
10,0	050	047	045	043	041	038	036	033
11,0	044	043	042	041	038	035	032	030
12,0	040	039	038	037	034	032	030	028
13,0	038	037	036	035	032	030	028	026
14,0	037	036	035	034	031	029	027	025

Примітка 1. Значення коефіцієнтів φ_e в таблиці збільшені в 1000 разів.
Примітка 2. Значення коефіцієнту φ_e слід приймати не більше за значення коефіцієнта φ.

Таблиця К.5 - Приведені відносні ексцентриситети m_{ef} для позацентрово стиснутих стрижнів з шарнірно обпертими кінцями

Форма епюри моментів	$\bar{\lambda}$	Значення m_{ef} при $m_{ef,1}$, який дорівнює										
		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
$m_{ef,1} = \eta \frac{M_1}{N} \frac{A}{W_c}; \delta = \frac{M_2}{M_1}$.												

ДОДАТОК Л

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТ c_{max} ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ СТИСНУТИХ СТРИЖНІВ ТОНКОСТІННОГО ВІДКРИТОГО ПЕРЕРІЗУ

Л.1 Коефіцієнт c_{max} слід розраховувати за формулою

$$c_{max} = \frac{2}{1+\delta B+\sqrt{(1-\delta B)^2+16\mu^{-1}\left(\alpha-e_x h^{-1}\right)^2}}. \qquad (Л.1)$$

Л.2 Для типів перерізів, наведених у таблиці Л.1, у формулі (Л.1) слід приймати:

$$\delta=\frac{4\rho}{\mu}; B=1+\frac{2\beta}{\rho}\cdot\frac{e_x}{h};$$

$$\mu=8\omega+0{,}156\frac{I_t}{Ah^2}\lambda_y^2; \qquad (Л.2)$$

$$\alpha=\frac{a_x}{h}; e_x=\frac{M_x}{N},$$

де a_x – відстань між центром ваги і центром згину перерізу;

e_x – ексцентриситет додатка стискальної сили відносно осі $x-x$ зі своїм знаком (в таблиці Л.1 показаний зі знаком "плюс").

У формулах (Л.2) позначено:

$$\rho=\frac{I_x+I_y}{Ah^2}+\alpha^2; \omega=\frac{I_\omega}{I_y h^2}; \qquad (Л.3)$$

β – коефіцієнт, що приймається за таблицею Л.1;

$I_t=\varepsilon\sum_i b_i t_i^3$ – момент інерції перерізу при вільному крученні (тут ε – коефіцієнт, що приймається за таблицею Л.1);

b_i і t_i – відповідно ширина і товщина листів, які утворюють переріз, включаючи стінку.

Формули для визначення ω, ε, α, β та їх значення наведені в таблиці Л.1.

При розрахунку стрижня П-подібного перерізу на центральний стиск у формулі (Л.1) слід приймати $B = 1, e_x=0$.

Л.3 При розрахунку стиснутих стрижнів згідно з 1.4.1.5 та Л.8. у формулі (Л.1) слід приймати:

$$\delta=\frac{4\rho}{\mu}; B=1;$$

$$\mu=\frac{8I\omega}{I_x b_2}+0{,}156\frac{I_t}{Ab^2}\lambda_x^2; \qquad (Л.4)$$

$$\alpha=\frac{a_y}{b}; e_x=0,$$

де a_y – відстань між центром ваги і центром згину перерізу (рисунок Л.2).

У формулах (Л.4) позначено

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{Ab^2} + \alpha^2;$$

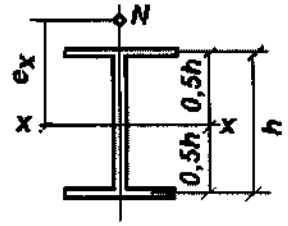
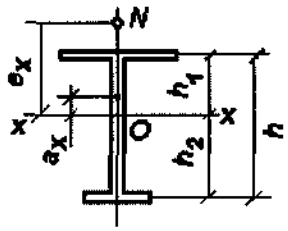
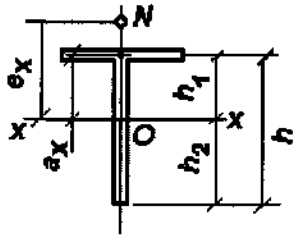
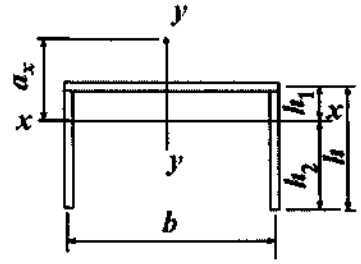
$$I_t = 0{,}37\left(ht_w^3 + 2bt_f^3\right). \qquad (Л.5)$$

Для відкритого перерізу за рисунком Л.1, значення $\frac{I_\omega}{I_x b^2}$ і $\frac{I_t}{Ab^2}$ і α повинні визначатися за формулами:

$$\frac{I_\omega}{I_x b^2} = \frac{3+2\eta}{(6+\eta)^2};\ \frac{I_t}{Ab^2} = 0{,}37\left(\frac{t}{b}\right)^2;\ \alpha = \frac{4(3+\eta)}{(2+\eta)(6+\eta)},$$

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) додатка П
	0	0,40	$\frac{h_1}{h}$	За формулою (П.12) додатка П
	$\frac{3+2\eta}{(6+\eta)^2}$	0,37	$\frac{4(3+\eta)}{(2+\eta)(6+\mu)}$	0
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 швелерного перерізу (рисунок Л.1) слід розраховувати за формулою (Л.1), в якій необхідно приймати:

$$\delta = \frac{4\rho}{\mu}; B = 1; \alpha = 0; \qquad (Л.6)$$

де

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{Ah^2} + v^2;$$

$$\mu = \frac{8I_\omega}{I_y h_2} + 0{,}156\frac{I_t}{Ah^2}\lambda_y^2.$$

У формулах (Л.6) позначено:

$$v = \frac{4(3+\eta\psi)}{\eta(2+\eta\psi)(6+\eta\psi)}; I_\omega = \frac{t_f b^3 h^3}{12} \times \frac{3+2\eta\psi}{6+\eta\psi},$$

де $\eta = h/b; \psi = t_w / t_f$.

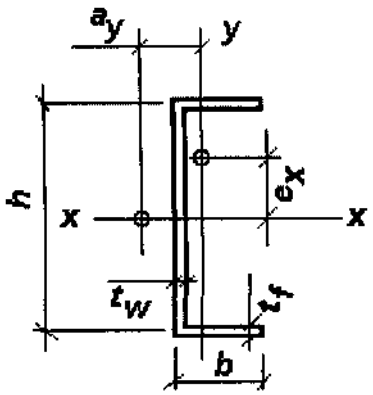


Рисунок Л.1 – Схема швелерного перерізу

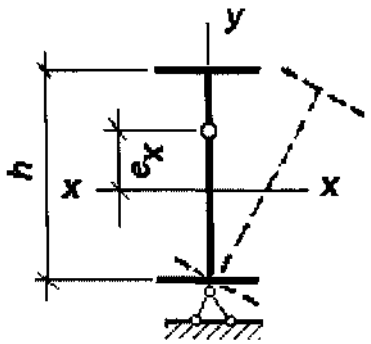


Рисунок Л.2 – Схема перерізу елемента, підкріпленого вздовж полиці

Величину e_x слід приймати відповідно до Л.2, а I_t - визначати за формулою (Л.5).

Л.8 Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих елементів двотаврового перерізу з двома осями симетрії, неперервно підкріплених вздовж однієї з полиць (рисунок Л.2), необхідно виконувати за 1.6.2.1, при цьому в формулах (1.6.11) і (1.6.12) замість $\bar{\lambda}_x$ слід приймати $\bar{\lambda}_y$, а коефіцієнт c_{max} - розраховувати за формулою

$$c_{max} = \frac{2+0{,}1\alpha}{1+4\left(\rho + e_x h^{-1}\right)}, \qquad (Л.7)$$

де α – параметр, що визначається за формулою (П.4) додатка П;
ρ – параметр, що визначається за формулою (Л.3) цього додатка.

Значення розрахункової довжини l_{ef} слід приймати таким, що дорівнює відстані між перерізами елемента, які закріплені від повороту відносно поздовжньої осі (відстань між вузлами кріплення в'язей, розпірок тощо).

Ексцентриситет $e_x = M_x / N$, який приймається у формулі (Л.1) зі своїм знаком,

вважається додатним, якщо точка прикладання сили зміщена у бік вільної полиці (рисунок Л.2); для центрально стиснутих елементів $e_x = 0$.

При визначенні e_x за розрахунковий згинальний момент M_x слід приймати найбільший момент у межах розрахункової довжини l_{ef} елемента.

ДОДАТОК М

(довідковий)

СТИСНУТІ ЕЛЕМЕНТИ З ГНУЧКОЮ СТІНКОЮ

При розрахунку центрально і позацентрово стиснутих стрижнів суцільного перерізу у випадках, коли фактичне значення умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$ перевищує (при центральному стиску не більше ніж у 2 рази)значення граничної умовної гнучкості стінки $\bar{\lambda}_{uw}$, отримане відповідно до вимог 1.4.3.2, у формулі (1.4.3) при $\alpha \le 0{,}5$ необхідно приймати розрахункову зменшену площу поперечного перерізу A_d замість A.

Значення A_d слід обчислювати за формулами:

- для двотаврового і швелерного перерізу:

$$A_d = A - (h_{ef} - h_d)t_w ; \qquad (М.1)$$

– для коробчастого перерізу:

– при центральному стиску:

$$A_d = A - 2(h_{ef} - h_d)t_w - 2(b_{ef,1} - b_d)t_f ; \qquad (М.2)$$

– при позацентровому стиску:

$$A_d = A - 2(h_{ef} - h_d)t_w , \qquad (М.3)$$

де h_{ef} і h_d – розрахункова і зменшена висота стінки, розташованої паралельно площині, у якій перевіряється стійкість;

$b_{ef,1}$ і b_d – розрахункова і зменшена ширина пояса коробчастого перерізу, розташованого перпендикулярно до площини, у якій перевіряться стійкість.

Значення h_d у центрально стиснутих елементах доцільно обчислювати за формулами:

– для двотаврового перерізу:

$$h_d = t_w\left[\bar{\lambda}_{uw} - \left(\frac{\bar{\lambda}_w}{\bar{\lambda}_{uw}} - 1\right)\left(\bar{\lambda}_{uw} - 1{,}2 - 0{,}15\bar{\lambda}\right)\right]\sqrt{\frac{E}{R_y}} , \qquad (М.4)$$

де при $\bar{\lambda} > 3{,}5$ слід приймати $\bar{\lambda} = 3{,}5$;

– для коробчастого перерізу:

$$h_d = t_w\left[\bar{\lambda}_{uw} - \left(\frac{\bar{\lambda}_w}{\bar{\lambda}_{uw}} - 1\right)\left(\bar{\lambda}_{uw} - 2{,}9 - 0{,}2\bar{\lambda} + 0{,}7\bar{\lambda}_w\right)\right]\sqrt{\frac{E}{R_y}} , \qquad (М.5)$$

де при $\bar{\lambda} > 2{,}3$ слід приймати $\bar{\lambda} = 2{,}3$;

– для швелерного перерізу:

$$h_d = t_w\bar{\lambda}_{uw}\sqrt{\frac{E}{R_y}} . \qquad (М.6)$$

Для центрально стиснутих елементів значення λ і λ_{uw} у формулах (М.4) - (М.6) слід приймати відповідно до вимог 1.4.3.2. При обчисленні значення h_d для коробчастого перерізу

за формулою (М.5) замість h_d, t_w, $\bar{\lambda}_{uw}$ і $\bar{\lambda}_w$ слід приймати відповідно b_d, t_f, $\bar{\lambda}_{uf,1}$ і $\bar{\lambda}_{f,1} = \frac{b_{ef,1}}{t_f}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$, при цьому значення $\bar{\lambda}_{ef,1}$ слід визначати відповідно до вимог 1.4.3.8.

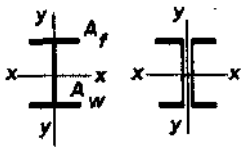
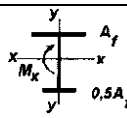
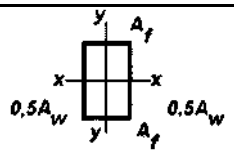
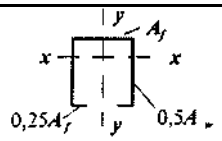
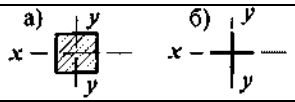
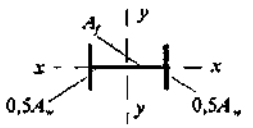
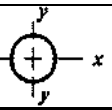
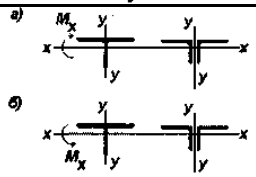
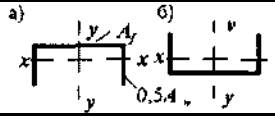
У позацентрово стиснутих елементах двотаврового і коробчастого перерізу значення h_d слід обчислювати за формулами (М.4) і (М.5). У цих формулах значення $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_x$ і $\bar{\lambda}_{uw}$ слід приймати відповідно до вимог 1.4.3.

ДОДАТОК Н

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Таблиця Н.1 - Коефіцієнти для розрахунку елементів з урахуванням розвитку пластичних деформацій

Тип перерізу	Схема перерізу	A_f / A_w	Найбільше значення коефіцієнтів		
			c_x	c_y	n при $M_y = 0$ [1]
1		0,25	1,19	1,47	1,5
		0,50	1,12		
		1,00	1,07		
		2,00	1,04		
2		0,5	1,40	1,47	2,0
		1,0	1,28		
		2,0	1,18		
3		0,25	1,19	1,07	1,5
		0,50	1,12	1,12	
		1,00	1,07	1,20	
		2,00	1,04	1,26	
4		0,50	1,40	1,12	2,0
		1,00	1,28	1,20	
		2,00	1,18	1,31	
5		-	1,47	1,47	а) 2,0 б)3,0
6		0,25	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	

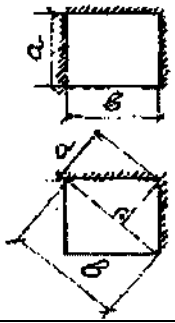
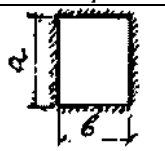
[1] При $M_y \neq 0$ приймається $n = 1,5$, за винятком перерізів типу 5 а, для якого $n = 2$, і типу 5 б, для якого $n = 3$.

Примітка 1. При визначенні коефіцієнтів для проміжних значень A_f / A_w допускається лінійна інтерполяція.

Примітка 2. Значення коефіцієнтів c_x и c_y слід приймати не більшими $1,15\gamma_f$, де γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням, обчислений як відношення розрахункового значення еквівалентного (за значенням згинального моменту) навантаження до характеристичного.

До розрахунку опорних плит

Таблиця Н.2 - Коефіцієнти для розрахунку опорних плит

Схема і розрахункові розміри ділянки плити	Значення а 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

Примітка 1. Значення *a, b* слід визначати для розмірів у світлі.

Примітка 2. Для ділянки, яка обпирається на три сторони, значення слід визначати: при $a/b < 0,35$ як для консолі довжиною а; при $0,35 < a / b < 0,5$ - за лінійною інтерполяцією.

Згинальні моменти в опорній плиті допускається обчислювати за формулами:

- для консольної ділянки:

$$M = 0,5qc^2; \qquad (Н.1)$$

- для ділянки, обпертої на три, чотири або дві взаємно перпендикулярні сторони:

$$M = \alpha q b^2, \qquad (Н.2)$$

де c – виліт консольної ділянки плити;

α – коефіцієнт, що залежить від умов обпирання і співвідношення розмірів сторін ділянки плити і прийнятий згідно з таблицею Н.2;

q – реактивний тиск ґрунту на одиницю площі під розглянутою ділянкою плити, розподіл якого під плитою приймається рівномірним і таким, що дорівнює середньому значенню тиску;

b – розмір ділянки плити, прийнятий відповідно до таблиці Н.2.

Допускається враховувати вплив суміжних ділянок, що розвантажують плиту.

ДОДАТОК П

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТ СТІЙКОСТІ ПРИ ЗГИНІ φ_b

П.1 Коефіцієнт φ_b для розрахунку на стійкість елементів, що згинаються, двотаврового, таврового і швелерного перерізу слід визначати в залежності від розміщення в'язей, що розкріплюють стиснутий пояс, виду навантаження і місця його прикладання. При цьому передбачається, що навантаження діє в площині найбільшої жорсткості $(I_x > I_y)$, а опорні перерізи елемента закріплені від бічних зсувів і повороту.

П.2 Для балки і консолі двотаврового перерізу з двома осями симетрії коефіцієнт φ_b слід приймати таким, що дорівнює:

– при $\varphi_1 \le 0{,}85$:

$$\varphi_b = \varphi_1; \qquad (П.1)$$

– при $\varphi_1 > 0{,}85$:

$$\varphi_b = 0{,}68 + 0{,}21\varphi_1 \le 1, \qquad (П.2)$$

де значення коефіцієнта φ_1 слід розраховувати за формулою

$$\varphi_1 = \psi \frac{I_y}{I_x}\left(\frac{h}{l_{ef}}\right)^2 \frac{E}{R_y}. \qquad (П.3)$$

де ψ – коефіцієнт, що обчислюється відповідно до вимог П.3;

h – повна висота перерізу прокатного двотавра або відстань між осями поясів (пакетів поясних листів) складеного двотавра;

l_{ef} – розрахункова довжина балки або консолі, прийнята відповідно до вимог 1.5.4.2 цих Норм.

П.3 Значення коефіцієнта Ψ у формулі (П.3) слід обчислювати за формулами таблиць П.1 і П.2 залежно від кількості закріплень стиснутого пояса, виду навантаження і місця його прикладення, а також від значення коефіцієнта а, що дорівнює:

а) для прокатних двотаврів:

$$\alpha = 1{,}54\frac{I_t}{I_y}\left(\frac{l_{ef}}{h}\right)^2, \qquad (П.4)$$

де I_t – момент інерції при вільному крученні, який визначається за додатком Л;

h – повна висота перерізу для прокатних двотаврів або відстань між осями поясів (пакетів поясних листів) складеного двотавра;

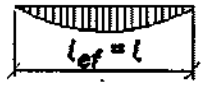
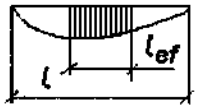
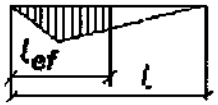
б) для складених двотаврів із листів зі зварними та фрикційними поясними з'єднаннями:

$$\alpha = 8\left(\frac{l_{ef} t_f}{h b_f}\right)^2 \left(1 + \frac{a t^3}{b_f t_f^3}\right), \qquad (П.5)$$

де для двотаврових балок складеного перерізу із зварними поясними з'єднаннями:

t_f і b_f – товщина і ширина полиці балки;

Таблиця П.1 - Коефіцієнти ψ для балок двотаврового перерізу з двома осями симетрії

Кількість закріплень стиснутого пояса в прольоті	Вид навантаження в прольоті	Епюра M_y на ділянці довжиною l_{ef}	Пояс, до якого прикладене навантаження	Коефіцієнт ψ при значеннях α	
				$0,1 \le \alpha \le 40$	$40 < \alpha \le 400$
Без закріплень	Зосереджене		Стиснутий Розтягнутий	$\psi = 1,75 + 0,09\alpha$ $\psi = 5,05 + 0,09\alpha$	$\psi = 3,3 + 0,053\alpha - 4,5\times10^{-5}\alpha^2$ $\psi = 6,6 + 0,053\alpha - 4,5\times10^{-5}\alpha^2$
	Рівномірно розподілене		Стиснутий Розтягнутий	$\psi = 1,60 + 0,08\alpha$ $\psi = 3,80 + 0,08\alpha$	$\psi = 3,15 + 0,04\alpha - 2,7\times10^{-5}\alpha^2$ $\psi = 5,35 + 0,04\alpha - 2,7\times10^{-5}\alpha^2$
Два і більше, що ділять прольот на рівні частини	Будь-яке		Будь-який	$\psi = 2,25 + 0,07\alpha$	$\psi = 3,6 + 0,04\alpha - 2,7\times10^{-5}\alpha^2$
Одне в середині	Зосереджене в середині		Те саме	$\psi = 1,75\psi_1$	
	Зосереджене у чверті		Стиснутий Розтягнутий	$\psi = 1,14\psi_1$ $\psi = 1,60\psi_1$	
	Рівномірно розподілене		Стиснутий Розтягнутий	$\psi = 1,14\psi_1$ $\psi = 1,60\psi_1$	

Примітка. Значення ψ_1 слід приймати таким, що дорівнює ψ при двох і більше закріпленнях стиснутого пояса в прогоні.

h – відстань між осями поясів;

$a = 0{,}5h$;

t – товщина стінки;

для двотаврових балок складеного перерізу із фрикційними болтовими поясними з'єднаннями:

t_f – сумарна товщина листів пояса і полиці поясного кутика двотаврової балки з фрикційними поясними з'єднаннями;

b_f – ширина листів пояса двотаврової балки з фрикційними поясними з'єднаннями;

h – відстань між осями пакетів поясних листів;

a – ширина вертикальної полиці поясного кутика за вирахуванням товщини його полиці;

t – сумарна товщина стінки і вертикальних полиць поясних кутиків.

Якщо умови закріплення стиснутого пояса і вид навантаження не відповідає наведеним у таблиці П.1, допускається значення Ψ визначати за формулами для найбільш близької за обрисом епюри M_x на ділянці балки довжиною l_{ef} у яку може бути вписана фактична епюра згинальних моментів.

Таблиця П.2 - Коефіцієнти для жорстко закріплених консолей двотаврового перерізу з двома осями симетрії

Вид навантаження	Пояс, до якого прикладене навантаження	Коефіцієнт Ψ за відсутності закріплень стиснутого пояса і при значеннях	
		$4 \le \alpha \le 28$	$28 < \alpha \le 100$
Зосереджена сила на кінці консолі	Розтягнутий	$\Psi = 1{,}0 + 0{,}16\alpha$	$\Psi = 4{,}0 + 0{,}05\alpha$
	Стиснутий	$\Psi = 6{,}2 + 0{,}08\alpha$	$\Psi = 7{,}0 + 0{,}05\alpha$
Рівномірно розподілене	Розтягнутий	$\Psi = 1{,}42\sqrt{\alpha}$	

У випадках, коли в консолі стиснутий пояс закріплений від бічного переміщення на вільному її кінці чи за її довжиною, значення Ψ допускається приймати таким, що дорівнює:

- при зосередженому навантаженні, прикладеному до розтягнутого пояса на кінці консолі, $\psi = 1{,}75\psi_1$, де значення Ψ_1 слід приймати за приміткою до таблиці П.1;

- в інших випадках - як для консолі без закріплень.

П.4 Для балки двотаврового перерізу з однією віссю симетрії (рисунок П.1) коефіцієнт φ слід визначати за таблицею П.3, де значення φ_1, φ_2, і n слід обчислювати за формулами:

$$\varphi_1 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \frac{2hh_1}{l_{ef}^2} \frac{E}{R_y}; \qquad (П.6)$$

$$\varphi_2 = \psi_a \frac{I_y}{I_x} \frac{2hh_2}{l_{ef}^2} \frac{E}{R_y}; \qquad (П.7)$$

$$n = \frac{I_1}{I_1 + I_2}, \qquad (П.8)$$

де ψ_a – коефіцієнт, що обчислюється за формулою

$$\psi_a = \left(B + \sqrt{B^2 + C}\right) Д; \qquad (П.9)$$

h – відстань між осями поясів;

h_1 і h_2 – відстань від центра ваги перерізу до осі відповідно більш розвинутого і менш розвинутого пояса;

l_{ef} – розрахункова довжина балки, визначена відповідно до вимог 1.5.4.2 цих Норм;

I_1 і I_2 – моменти інерції перерізу відповідно більш розвинутого і менш розвинутого поясів відносно осі симетрії перерізу балки.

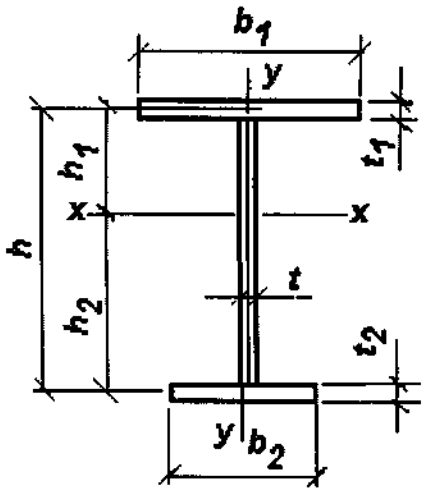


Рисунок П.1 - Схема двотаврового перерізу з однією віссю симетрії

Таблиця П.3 – Коефіцієнт φ_b

Стиснутий пояс	Значення коефіцієнта φ_b при значенні коефіцієнта φ_1	
	до 0,85	понад 0,85
Більш розвинутий	$\varphi_b = \varphi_1 \le 1$	$\varphi_b = \varphi_1 \left[0{,}21 + 0{,}68\left(\frac{n}{\varphi_1} + \frac{1-n}{\varphi_2}\right)\right] \le 1$
Менш розвинутий	$\varphi_b = \varphi_1$	$\varphi_b = 0{,}68 + 0{,}21\varphi_2 \le 1$

П.5 Значення B, C і $Д$ у формулі (П.9) слід визначати за таблицями П.4 і П.5 залежно від коефіцієнтів:

$$\delta = n + 0{,}734\beta; \qquad (П.10)$$

$$\mu = n + 1{,}145\beta; \qquad (П.11)$$

$$\beta = (2n-1) \times \left(0{,}47 - 0{,}035\left(\frac{b_1}{h}\right)\left[1 + \frac{b_1}{h} - 0{,}072\left(\frac{b_1}{h}\right)^2\right]\right); \qquad (П.12)$$

$$\eta = (1-n) \times \left(9{,}87n + 0{,}385\frac{I_t}{I_2}\left(\frac{l_{ef}}{h}\right)^2\right), \qquad (П.13)$$

де значення n, b_1, h, I_1, I_2 слід приймати відповідно до цього додатка, а I_t – згідно з додатком Л.

Коефіцієнт α в таблиці П.5 слід визначати за формулою (П.4).

П.6 Для двотаврового перерізу при $0,9 < n < 1,0$ коефіцієнт Ψ слід визначати лінійною інтерполяцією між значеннями, отриманими за формулою (П.9) для двотаврового перерізу при $n = 0,9$ і для таврового перерізу при $n = 1$.

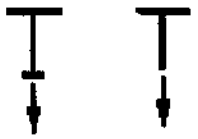
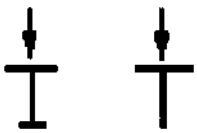
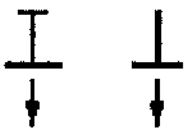
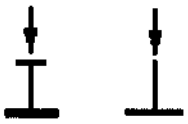
Для таврового перерізу при зосередженому чи рівномірно розподіленому навантаженні і значенні коефіцієнта $\alpha < 40$ коефіцієнти Ψ слід множити на $(0,8 + 0,004\alpha)$.

У балках з менш розвинутим стиснутим поясом при $n > 0,7$ і $5 \le l_{ef} / b_2 \le 25$ значення коефіцієнта φ_2 слід зменшити множенням на $(1,025 - 0,015\ l_{ef} / b_2)$ і приймати не більшим за 0,95.

Співвідношення $l_{ef} / b_2 > 25$ у таких балках не допускаються.

П.7 Для балки швелерного перерізу коефіцієнт φ_b допускається приймати $\varphi_b = 0,7\ \varphi_1$, де φ_1 слід визначати як для балок двотаврового перерізу з двома осями симетрії, використовуючи формули (П.3), (П.4), де значення I_x, I_y, I_t необхідно обчислювати як для швелера.

Таблиця П.4 - Коефіцієнт *B*

Схема перерізу і місце прикладення навантаження	Коефіцієнт *B* при навантаженні		
	зосередженому в середині прольоту	рівномірно розподіленому	що спричиняє чистий згин
	δ	μ	β
	$\delta - 1$	$\mu - 1$	β
	$1 - \delta$	$1 - \mu$	$-\beta$
	$-\delta$	$-\mu$	$-\beta$

Таблиця П.5 - Коефіцієнти *C* і *Д*

Вид навантаження	Коефіцієнт *C* при перерізі		Коефіцієнт *Д*
	двотавровому ($n \le 0,9$)	тавровому ($n = 1,0$)	
Зосереджене в середині прольоту	$0,330\eta$	$0,0826\alpha$	3,265
Рівномірно розподілене	$0,481\eta$	$0,1202\alpha$	2,247
Таке, що спричиняє чистий згин	$0,101\eta$	$0,0253\alpha$	4,315

ДОДАТОК Р

(обов'язковий)

СТІЙКІСТЬ СТІНОК БАЛОК, УКРІПЛЕНИХ ПОЗДОВЖНІМИ І ПРОМІЖНИМИ РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ

Р.1 У стінці балки симетричного двотаврового перерізу 1-го класу, підкріпленої окрім поперечних ребер жорсткості одним поздовжнім ребром жорсткості, розташованим на відстані h_1 від розрахункової (стиснутої) межі відсіку (рисунок Р.1), обидві пластинки, на які це ребро розділяє відсік, слід розраховувати окремо:

а) пластинку 1, якщо вона розташована між стиснутим поясом і поздовжнім ребром, за формулою

$$\frac{0{,}5\sigma}{\sigma_{cr,1}\gamma_c}\left[1+\alpha_1+\sqrt{(1+\alpha_1)^2+4\beta_1^2}\right]\le 1, \qquad (Р.1)$$

де $\alpha_1=\frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma}\frac{\tau}{\tau_{cr}}$ і $\beta_1=\frac{\sigma_{cr,1}}{\sigma}\frac{\sigma_{loc,1}}{\sigma_{loc,cr,1}}$.

Тут значення σ, σ_{loc}, τ слід визначати відповідно до вимог 1.5.5.2, а значення $\sigma_{cr,1}$ і $\sigma_{loc,cr,1}$ – за формулами:

– при $\sigma_{loc}=0$:

$$\sigma_{cr,1}=\frac{4{,}76}{2-\frac{h_1}{h_{ef}}}\frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \qquad (Р.2)$$

тут $\bar{\lambda}_1=\frac{h_1}{t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$;

– при $\sigma_{loc}\ne 0$ і $\mu_1=\frac{a}{h_1}\le 2$ (при $\mu_1>2$ необхідно приймати $\mu_1=2$):

$$\sigma_{cr,1}=\frac{1{,}19\psi}{\frac{1-h_1}{h_{ef}}}\frac{R_y}{\bar{\lambda}_1^2}, \qquad (Р.3)$$

$$\sigma_{loc,cr,1}=\psi(1{,}24+0{,}476\mu_1)\frac{R_y}{\bar{\lambda}_a^2}, \qquad (Р.4)$$

де $\psi=\left(\mu_1+\frac{1}{\mu_1}\right)^2$ і $\bar{\lambda}_a=\frac{a}{t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}}$.

Критичне напруження $\tau_{cr,1}$ слід визначати за формулою (1.5.42) з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється;

б) пластинку 2, якщо вона розташована між поздовжнім ребром і розтягнутим поясом балки, за формулою

$$\frac{1}{\gamma_c}\sqrt{\left[\frac{\sigma(1-2h_1/h_{ef})}{\sigma_{cr,2}}+\frac{\sigma_{loc,2}}{\sigma_{loc,cr,2}}\right]^2+\left[\frac{\tau}{\tau_{cr,2}}\right]^2}\le 1, \qquad (Р.5)$$

де σ і τ – напруження, що визначаються відповідно до 1.5.5.2.

$$\sigma_{cr,1}=\frac{5{,}43h_{ef}^2}{(0{,}5-h_1)^2}\frac{R_y}{\bar{\lambda}_w^2}\text{, тут }\bar{\lambda}_w=\frac{h^2}{t_w}\sqrt{\frac{R_y}{E}}; \qquad (Р.6)$$

$\sigma_{loc,2}$ - напруження, яке обчислюється залежно від того, до якого пояса прикладене навантаження:

$\sigma_{loc,2}=\sigma_{loc}$ - якщо навантаження прикладається до розтягнутого пояса (рисунок Р.1 б);

$\sigma_{loc,2}=0{,}4\,\sigma_{loc}$ - якщо навантаження прикладається до стиснутого пояса (рисунок Р.1 а); тут σ_{loc} необхідно визначати відповідно до 1.5.5.2;

$\sigma_{loc,cr,2}$ - напруження, що визначається за формулою (1.5.41), де c1 і c_2 слід визначати відповідно за таблицею 1.4.3 при ρ=0,4 і за таблицею 1.4.4 при δ= 1, заміняючи значення h_{ef} на значення $(h_{ef}-h_1)$;

$\tau_{cr,2}$ - напруження, яке визначається за формулою (1.5.42) з підстановкою в неї розмірів пластинки, що перевіряється.

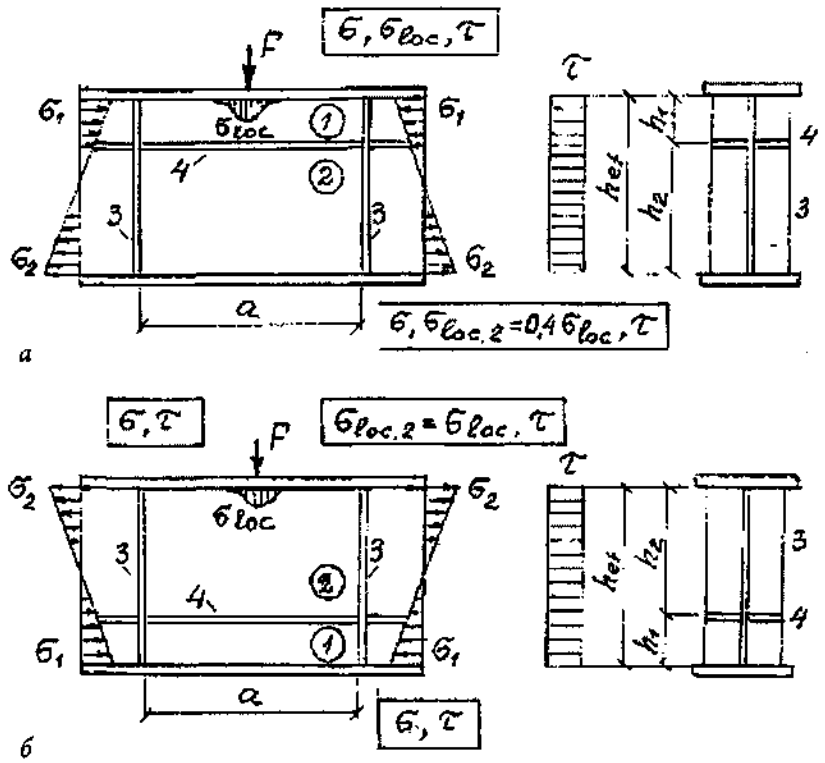


Рисунок Р.1 - Схема балки, укріпленої поперечними 3 і поздовжніми 4 ребрами жорсткості, з верхнім поясом стиснутим (а) і розтягнутим (б)

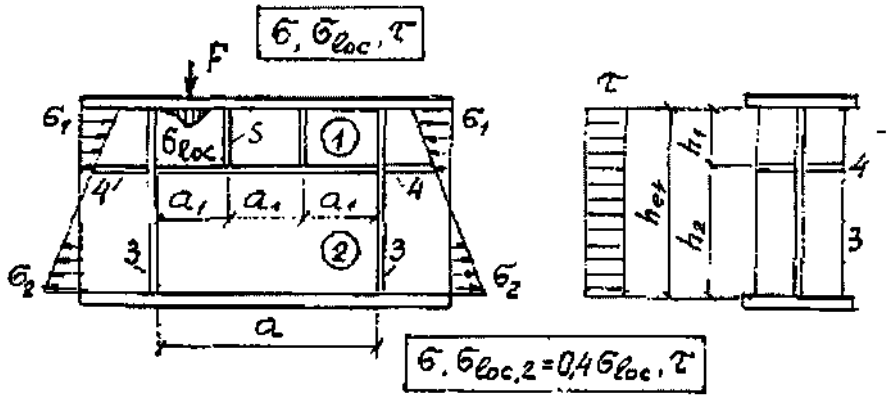


Рисунок Р.2 - Схема балки, укріпленої поперечними 3, поздовжніми 4 і проміжними 5 ребрами жорсткості

Р.2 При підкріпленні пластинки 1, розташованої між стиснутим поясом і поздовжнім ребром, проміжними ребрами жорсткості їх слід доводити до поздовжнього ребра (рисунок Р.2).

У цьому випадку розрахунок пластинки 1 необхідно виконувати за формулами (Р.1) - (Р.4), у яких за величину a слід приймати a_1 - відстань між осями сусідніх проміжних ребер (рисунок Р.2). Розрахунок пластинки 2 слід виконувати відповідно до вимог Р.1 б).

Р.3 Розрахунок на стійкість стінок балок асиметричного перерізу (з більш розвинутим стиснутим поясом), укріплених поперечними ребрами жорсткості й одним поздовжнім ребром, розташованим у стиснутій зоні, необхідно виконувати за Р.1 і Р.2 цього додатка; при цьому, у формулах (Р.2), (Р.3) і (Р.5) замість відношення h_1 / h_{ef} слід підставляти $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\sigma_1} \frac{h_1}{h_{ef}}$, а у формулу (Р.6) замість $(0{,}5 - h_1 / h_{ef})$ необхідно підставляти $\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - \sigma_2} - \frac{h_1}{h_{ef}}\right)$, де σ_2 - крайове розтягувальне напруження біля розрахункової границі відсіку, прийняте зі знаком "мінус".

Р.4 При зміцненні стінки основними поперечними ребрами жорсткості й одним поздовжнім ребром моменти інерції перерізу цих ребер відповідно I_r і I_{rl} повинні задовольняти вимоги 1.5.5.9 та формулі

$$I_r \geq 3 h_{ef} t_w^3 , \qquad (Р.7)$$

а також таблиці Р.1.

Таблиця Р.1 - Необхідний момент інерції поздовжнього ребра жорсткості

h_1/h_{ef}	Значення моменту інерції I_{rl} поздовжнього ребра жорсткості		
	Необхідне	Граничне	
		мінімальне	максимальне
0,20	$\left(2{,}5-0{,}5\frac{a}{h_{ef}}\right)\frac{a^2t_w^2}{h_{ef}}$	$1{,}5h_{ef}t_w^3$	$7h_{ef}t_w^3$
0,25	$\left(1{,}5-0{,}4\frac{a}{h_{ef}}\right)\frac{a^2t_w^2}{h_{ef}}$	$1{,}5h_{ef}t_w^3$	$8h_{ef}t_w^3$
0,30	$1{,}5h_{ef}t_w^3$	-	-

Примітка. При обчисленні I_{rl} для проміжних значень h_1 / h_{ef} допускається лінійна інтерполяція.

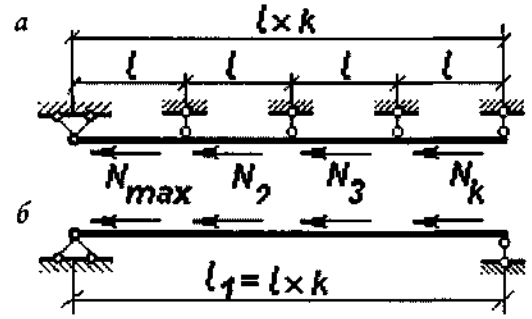
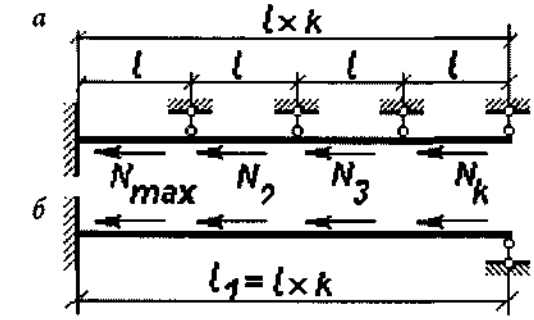
При розташуванні поперечних і поздовжніх ребер жорсткості з однієї сторони стінки моменти інерції перерізу кожного з них обчислюються відносно осі, що збігається з найближчою до ребра гранню стінки.

ДОДАТОК С

(обов'язковий)

РОЗРАХУНКОВІ ДОВЖИНИ КОЛОН І СТОЯКІВ

Таблиця С.1 - Розрахункова довжина елемента, розкріпленого в'язями в одній площині

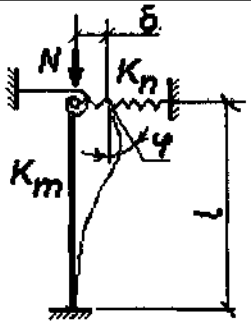
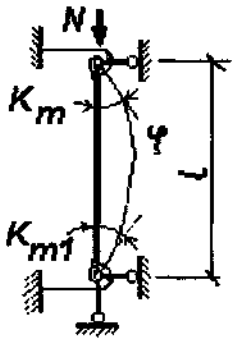
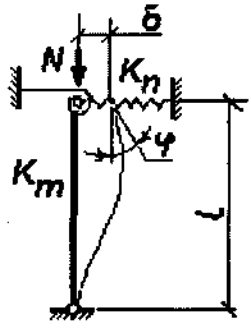
Схема елемента в площині в'язей (а) та з площини в'язей (б)	Розрахункові довжини елемента в площині в'язей l_{ef} та з площини в'язей $l_{ef,1}$
	$l_{ef} = \left(0{,}83 + 0{,}17\alpha^3\right) l \geq 0{,}8l$; (С.1) $l_{ef,1} = \left[0{,}75 + 0{,}25\left(\frac{\beta}{k-1}\right)^{2k-3}\right] l_1 \geq 0{,}5l_1$ (С.2)
	$l_{ef} = \sqrt{0{,}36 + 0{,}59\alpha^3} \geq 0{,}6l$; (С.3) $l_{ef,1} = \left(0{,}6\sqrt{k} + 0{,}54\beta\right)\frac{l_1}{k} \geq 0{,}5l_1$ (С.4)

k – кількість ділянок елемента рівної довжини; $\alpha = \frac{N_2}{N_{max}}$ і $\beta = \frac{1}{N_{max}} \sum_i N_i$, при цьому $-0{,}5 \leq \alpha \leq 1$ і $-0{,}5 \leq \beta \leq (k-1)$, де N_{max} – найбільше зусилля стиску (діє на крайній ділянці); N_2 – поздовжнє зусилля, що діє на ділянці, яка примикає до ділянки, в якій діє зусилля N_{max}; $\sum_i N_i$ – сума поздовжніх зусиль, що діють на всіх ділянках, окрім ділянки, де діє N_{max}.

Примітка 1. Зусилля розтягу необхідно враховувати зі знаком «мінус».

Примітка 2. Розрахунок на стійкість із площини в'язей слід виконувати на дію максимального поздовжнього зусилля N_{max}.

Таблиця С2 - Коефіцієнти розрахункової довжини колон (стояків) із пружним закріпленням кінців

Схема колони (стояка)	Коефіцієнт розрахункової довжини μ
	$\mu = \sqrt{\frac{5{,}4(\alpha+4)+\beta(0{,}25\alpha+1{,}2)}{5{,}4(\alpha+1)+\beta(\alpha+2{,}4)}}$ (С.5)
	$\mu = 0{,}5\sqrt{\frac{(\alpha+4{,}8)(\psi\alpha+4{,}8)}{(\alpha+2{,}4)(\psi\alpha+2{,}4)}}$ (С.6)
	При $0 \le \alpha \le \infty$ і $\beta \le 9{,}87$ $\mu = 3{,}14\sqrt{\frac{3+1{,}3\alpha}{\alpha\beta+3(\alpha+\beta)}}$ (С.7) при $\alpha = 0$ і $\beta > 9{,}87$ $\mu = 1{,}0$

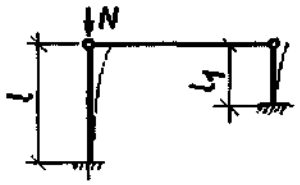
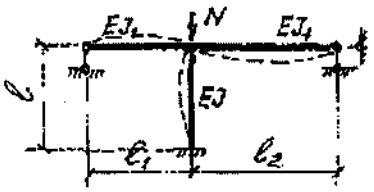
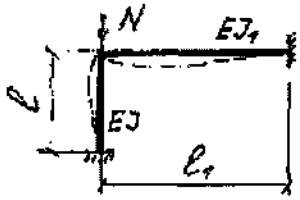
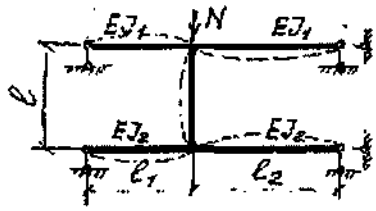
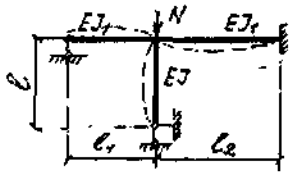
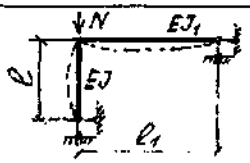
α і β – коефіцієнти, які обчислюються як $\alpha = \frac{K_m l}{EI}$; $\beta = \frac{K_n l^3}{EI}$;

$\psi = \frac{K_{m1}}{K_m}$ – відношення коефіцієнтів жорсткості пружного закріплення опорних перерізів стояка; де

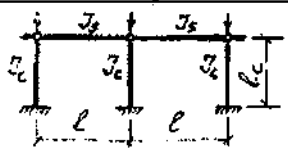
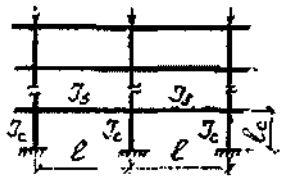
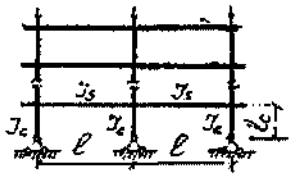
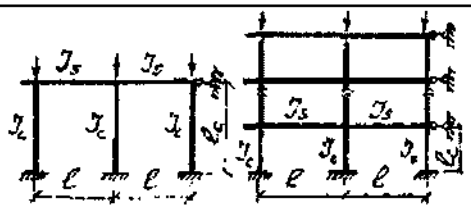
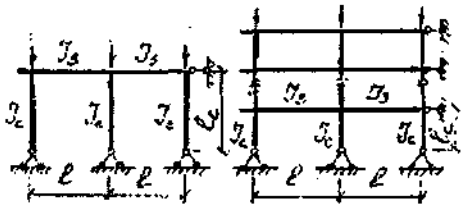
K_m – коефіцієнт жорсткості пружного закріплення, Н/см, що дорівнює значенню реактивного моменту, який виникає в опорному перерізі при його повороті на кут φ = 1; K_n – коефіцієнт жорсткості пружної опори, Н/см, що дорівнює значенню реактивної сили, яка виникає в опорному перерізі при його переміщенні на δ = 1.

Примітка. Значення коефіцієнтів K_m і K_n для деяких рамних систем наведені в таблиці С.3.

Таблиця С.3 - Коефіцієнти жорсткості K_m і K_n для колон (стояків) рамних систем

Схема рами	Формула для схеми за таблицею 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)	$K_m = \frac{3EI_1}{l_1 l_2}(4l_1 + 3l_2)$ $K_n = \infty$
	(С.7)	$K_m = \frac{3EI_1}{l_1}$ $K_n = \infty$

Таблиця С.4 - Коефіцієнти розрахункової довжини колон однопрольотних і багатопрольотних рам

Схема рами	n	μ
	Приймається за нуль	2,0
	Від 0,03 до 0,2	$1{,}21\sqrt{\frac{n+0{,}22}{n+0{,}08}}$ (С.8)
	Понад 0,2	$\sqrt{\frac{n+0{,}28}{n}}$ (С.9)
	Від 0,03 до 0,2	$2{,}15\sqrt{\frac{n+0{,}22}{n}}$ (С.10)
	Понад 0,2	$2{,}0\sqrt{\frac{n+0{,}28}{n}}$ (С.11)
	n	$\sqrt{\frac{1+0{,}39n}{2+1{,}54n}}$ (С.12)
	n	$\sqrt{\frac{1+0{,}46n}{1+0{,}93n}}$ (С.13)

$n = \frac{I_s l_c}{I_c l}$

Примітка. Значення коефіцієнта μ наведені для колон багатоповерхових рам нижнього поверху.

Розрахункова довжина колон з урахуванням впливу характеру деформування системи під навантаженням

Коефіцієнти розрахункової довжини μ, визначені відповідно до 1.9.3.2 і 1.9.3.3 для колон вільних одноповерхових (за відсутності жорсткого диска покриття) та багатоповерхових рам, допускається зменшувати множенням на коефіцієнт ψ, що визначається за формулою

$$\psi = 1 - \alpha \left[1 - \left(\frac{\omega}{5} \right)^2 \right]^{\frac{5}{4}}, \qquad \text{(С.14)}$$

де

$$\alpha = 0{,}65 - 0{,}9\beta + 0{,}25\beta^2 ;$$

$$\omega = \frac{\bar{\lambda}}{\sqrt{1+m}} \le 5 ;$$

тут позначено:

$$\beta = 1 - \frac{M_1}{M} \le 0{,}2 ;$$

$$m = \frac{M}{N} \frac{A}{W_c} ;$$

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість колони.

Розрахункові значення поздовжньої сили N і згинального моменту M у вільній рамі, що розраховується, слід визначати відповідно до вимог 1.9.3.2.

Значення згинального моменту M_1 слід визначати для тієї ж самої комбінації розрахункових навантажень і в тому ж самому розрахунковому перерізі колони, де діє згинальний момент M, розглядаючи раму в даному розрахунковому випадку як невільну.

ДОДАТОК Т

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТИ РОЗРАХУНКОВОЇ ДОВЖИНИ μ ДІЛЯНОК СТУПІНЧАСТИХ КОЛОН

Т.1 Коефіцієнт розрахункової довжини μ для защемленої в основі нижньої ділянки одно-ступінчастої колони слід приймати:

- при верхньому кінці колони, вільному від закріплень, - за таблицею Т.1;

- при закріпленні верхнього кінця колони від повороту, але можливості його вільного переміщення - за таблицею Т.2;

- при закріпленні верхнього кінця колони від переміщення за формулою

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2(\beta - 1)}{\beta}}, \qquad (Т.1)$$

де μ_{12} і μ_{11} – коефіцієнти розрахункової довжини нижньої ділянки колони при навантаженнях відповідно $F_1 = 0$ і $F_2 = 0$, що визначаються при шарнірному обпиранні верхнього кінця колони за таблицею Т.3, а за наявності закріплення від повороту – за таблицею Т.4.

У таблиці Т.1 – Т.4 позначено:

$$\alpha_1 = \frac{l_2}{l_1}\sqrt{\frac{I_1}{\beta I_2}} \text{ і } n = \frac{I_2 l_1}{I_1 l_2},$$

де I_1, I_2, l_1, l_2 – моменти інерції перерізів і геометричні довжини відповідно нижньої і верхньої ділянок колони; $\beta = \frac{F_1 + F_2}{F_2}$.

Т.2 Коефіцієнт розрахункової довжини μ_2 для верхньої ділянки одноступінчастої колони у всіх випадках слід визначати за формулою

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} \le 3. \qquad (Т.2)$$

Т.3 Коефіцієнт розрахункової довжини для защемленої в основі нижньої ділянки двоступінчастої колони (рисунок Т.1 а) за умов закріплення верхнього кінця колони, зазначених у таблиці Т.5, слід визначати за формулою

$$\mu_1 = \sqrt{\frac{\beta_1 \mu_{m1}^2 + \left(\beta_2 \mu_{\mu 2}^2 + \mu_{\mu 3}^2\right)(1+\delta_2)\frac{I_2}{I_{m1}}}{1+\beta_1+\beta_2}}, \qquad \text{(Т.3)}$$

де $\beta_1 = F_1 / F_3$; $\beta_2 = F_2 / F_3$; $\delta_2 = l_2 / l_1$;

μ_{m1}, μ_{m2}, μ_{m3} – коефіцієнти, що визначаються за таблицею Т.5 як для одноступінчастих колон за відповідними умовними схемами (рисунок Т.1 б, в, г);

$I_{m1} = \frac{I_1 l_1 + I_2 l_2}{l_1 + l_2}$ – приведене значення моменту інерції перерізу ділянки колони довжиною $(l_1 + l_2)$;

F_1, F_2, F_3 – поздовжні стискальні сили, прикладені до верха відповідно нижньої, середньої і верхньої ділянок колони з моментами інерції перерізів відповідно I_1, I_2, I_3 і геометричними довжинами l_1, l_2 і l_3.

Приведене значення моменту інерції перерізу ділянки колони довжиною $(l_2 + l_3)$ на рисунку Т.1 б необхідно визначати за формулою

$$I_{m2} = \frac{I_2 l_2 + I_3 l_3}{l_2 + l_3}.$$

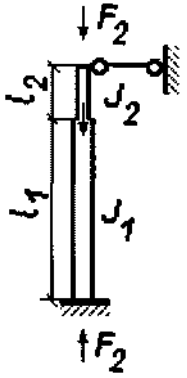
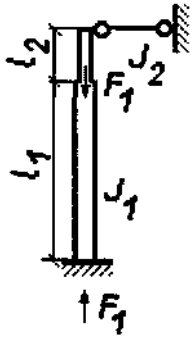
Таблиця Т.1 - Коефіцієнти розрахункової довжини μ_1 для одноступінчастих колон з верхнім кінцем, вільним від закріплень

Розрахункова схема	α_1	Коефіцієнт μ_1 при значенні n																			
		0	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	2,5	5,0	10,0	20,0
	0	2,0	2,0	2,0	0,2	0,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	0,2	2,0	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,12	2,14	2,5	2,7	2,21	2,4	2,76	3,38
	0,4	2,0	2,04	2,08	2,11	2,23	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,42	2,48	2,54	2,6	2,66	2,8	-	-	-
	0,6	2,0	2,11	2,20	2,28	2,36	2,44	2,52	2,59	2,66	2,73	2,80	2,93	3,05	3,7	3,28	3,39	-	-	-	-
	0,8	2,0	2,25	2,42	2,56	2,70	2,83	2,96	3,07	3,17	3,27	3,36	3,55	3,74	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	2,0	2,50	2,73	2,94	3,13	3,29	3,44	3,59	3,74	3,87	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	3,0	3,43	3,77	4,07	4,35	4,61	4,86	5,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,0	4,0	4,44	4,90	5,29	5,67	6,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,5	5,0	5,55	6,08	6,56	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,0	6,0	6,65	7,25	7,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

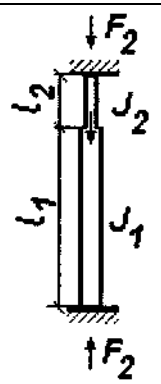
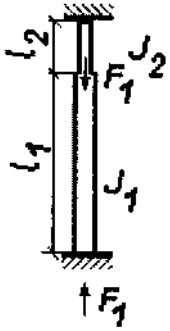
Таблиця Т.2 - Коефіцієнти розрахункової довжини μ_1 для одноступінчастих колон з верхнім кінцем, закріпленим тільки від повороту

Розрахункова схема	α_1	Коефіцієнт μ_1 при значенні n																			
		0	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	2,5	5,0	10,0	20,0
	0	2,0	1,92	1,86	1,80	1,76	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,32	1,18	1,10	1,05
	0,2	2,0	1,93	1,87	1,82	1,76	1,71	1,68	1,64	1,62	1,59	1,56	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,20	1,11	-
	0,4	2,0	1,94	1,88	1,83	1,77	1,75	1,72	1,69	1,66	1,62	1,61	1,57	1,53	1,50	1,48	1,45	1,40	-	-	-
	0,6	2,0	1,95	1,91	1,86	1,83	1,79,	1,77	1,76	1,72	1,71	1,69	1,66	1,63	1,61	1,59	-	-	-	-	-
	0,8	2,0	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	2,0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	2,0	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,0	2,0	2,45	2,66	2,81	2,91	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,5	2,5	2,94	3,17	3,34	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,0	3,0	3,43	3,70	3,93	4,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця Т.3 - Коефіцієнти розрахункової довжини μ_{12} і μ_{11} для одноступінчастих колон з нерухомим шарнірно обпертим верхнім кінцем

Розрахункова схема	$\frac{I_2}{I_1}$	Коефіцієнти μ_{12} і μ_{11} при l_2 / l_1														
		ОД	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Коефіцієнт μ_{12}														
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,26	2,57	2,74	3,05	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,94
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,35	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	2,10
		Коефіцієнт μ_{11}														
	0,04	0,67	0,67	0,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,75	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	од	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 одноступінчастих колон з нерухомим верхнім поясом, закріпленим від повороту

Розрахункова схема	$\frac{I_2}{I_1}$	Коефіцієнти μ_{12} і μ_{11} при l_2 / l_1														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Коефіцієнт μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,86	1,23	1,47	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,49	2,81	3,17	3,50	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,91	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,1	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,2	0,64	0,70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,3	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,18	1,28	2,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,4	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,5	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
	1,0	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Коефіцієнт μ_{11}														
	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

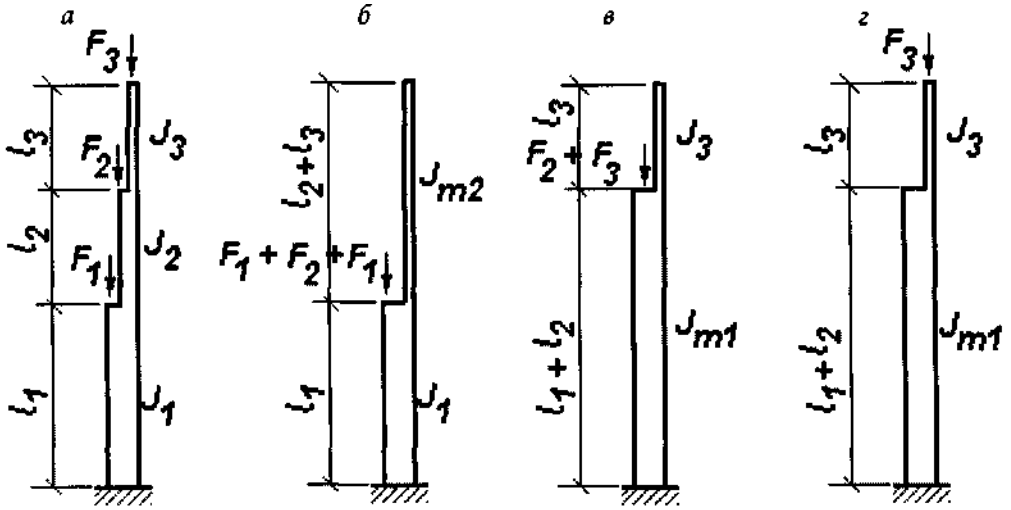


Рисунок Т.1 - Схема двоступінчастої колони (а) і умовні схеми навантажень при прикладанні сил F_1, F_2 і F_3 відповідно до верху нижньої (б), середньої (в), верхньої (г) ділянок

Т.4 Коефіцієнти розрахункової довжини μ_2 для середньої ділянки двоступінчастої колони довжиною l_2 і коефіцієнт μ_3 для верхньої ділянки колони довжиною l_3 слід визначати відповідно за формулами:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_2}, \tag{Т.4}$$

$$\mu_3 = \frac{\mu_1}{\alpha_3} \le 3, \tag{Т.5}$$

де

$$\alpha_2 = \frac{l_2}{l_1}\sqrt{\frac{I_1(F_2 + F_3)}{I_2(F_1 + F_2 + F_3)}};$$

$$\alpha_3 = \frac{l_3}{l_1}\sqrt{\frac{I_1 F_3}{I_3(F_1 + F_2 + F_3)}}.$$

Таблиця Т.5 - Коефіцієнти μ_{m1}, μ_{m2}, μ_{m3}

Умови закріплення верхнього кінця колони	Значення коефіцієнтів		
	μ_{m1}	μ_{m2}	μ_{m3}
	за умовної схеми 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 таблицею Т.1 при $\alpha_1 = \frac{l_3}{l_1 + l_2}\sqrt{\frac{I_{m1}}{I_3}}$
Закріплений від повороту, допускає зсув	$\mu_{m1} = \mu_1$	$\mu_{m2} = \mu_1$	$\mu_{m3} = \mu_1$
	μ_1 – за таблицею Т.2 при $\alpha_1 = 0$		μ_1 – за таблицею 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_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$
	μ_{11} – за таблицею Т.3		μ_{12} – за таблицею Т.3
Закріплений від повороту і зсуву	μ_{m1}	μ_{m2}	$\mu_{m3} = \mu_{12}$
	μ_1 – за таблицею Т.4		μ_{12} – за таблицею Т.4

ДОДАТОК У

(довідковий)

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 чотирьохкоткові крани (опорні перерізи) - під чотирьохкоткові крани (міжопорні перерізи) - під багатокоткові крани			0 -1 0	0,15...0,25 0,15...0,25 0,15...0,25
1.2	в цехах машинобудівних та інших заводів: - під чотирьохкоткові крани (опорні перерізи) - під чотирьохкоткові крани (міжопорні перерізи) - під багатокоткові крани			0 -1 0	0,10...0,20 0,10...0,20 0,10...0,20
1.3	під крани, що працюють із пристосуванням на гаку, і спеціальні крани металургійних заводів			+0,3	0,25...0,30
2	Балки робочих ділянок виробничих будинків з рейковими коліями		Робота обладнання на рейкових коліях	0	0,15...0,25
3	Балки і ферми покриттів, що несуть підйомно-транспортне чи технологічне обладнання		Робота підйомно-транспортного чи технологічного обладнання	+0,3	0,20...0,30
5	Конструкції під двигуни			+0,3	-
6	Димарі	Не стаціонарний	Коливання під впливом вітрового потоку: вздовж вітрового потоку впоперек вітрового потоку	0 -1	0,15 0,10
7	Антенно-щоглові споруди		Те саме		
7.1	Стовбури щогл: - трубчастої конструкції - ґратчастої конструкції			-1 -1	0,10 0,08
7.2	Відтяжки щогл			0	0,15

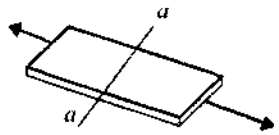
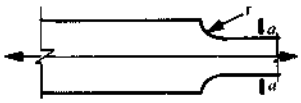
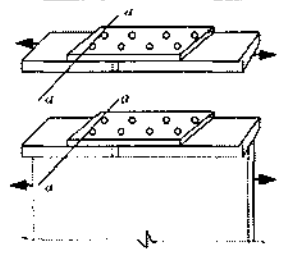
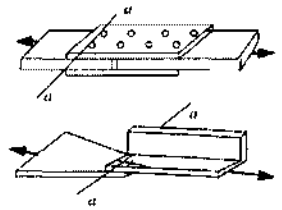
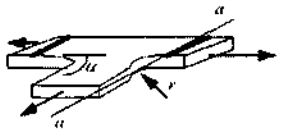
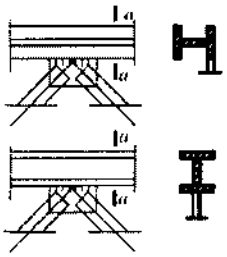
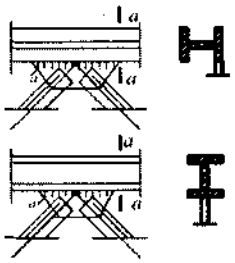
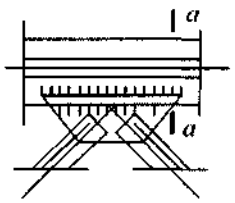
Таблиця У.2 - Значення параметрів для визначення гранично-допустимої кількості циклів N при напруженнях σ_1

Група	Розрахунковий опір R_y, МПа	Значення парамет				зів для визначення гранично-допустимої кількості циклів при коефіцієнті асиметрії циклу ρ													
		-1,0		-0,8		-0,6		-0,4		-0,2		0		0,2		0,4		0,6	
		A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ
1	240...260	270	440	255	415	230	395	200	355	160	305	110	230						
	420...480	375	465	335	440	300	425	275	405	245	395	205	380	155	370				
	600...680	350	465	325	445	300	435	280	420	250	405	220	400	200	395	175	380	125	370
2	240...260	280	400	270	395	260	385	240	375	215	365	185	355						
	420...480	400	415	370	405	330	400	300	395	275	385	235	375	185	350				
	600...680	445	465	435	460	425	455	405	445	385	440	360	435	325	430	270	425		
3а	240...260	525	470	505	495	495	525	480	570	470	620	455	710						
	420...480	525	470	515	480	505	495	500	505	495	535	480	575						
	600...680	525	470	525	470	525	475	520	485	510	500	500	525	485	570	460	660		
3б	240...260	350	460	350	455	335	450	315	445	285	430	245	395	200	345				
	420...480	445	390	445	400	435	400	425	405	410	410	385	420	345	425	290	430	220	405
	600...680	500	390	500	385	500	385	490	380	475	380	435	375	380	365	325	330	255	265
4а	240...260	660	485	630	500	605	510	580	525	555	530	535	560	510	675				
	420...480	665	485	640	485	620	490	600	500	580	505	565	525	545	560	515	640		
	600...680	665	480	650	475	635	475	620	475	605	475	590	490	575	510	540	550	490	700
4б	240...260	415	455	395	460	375	465	355	465	350	470	335	490	295	535				
	420...480	515	415	485	415	460	415	440	415	420	415	390	415	365	420	340	435	260	460
	600...680	530	395	520	395	510	395	500	395	490	395	480	395	470	395	450	410	415	440
5а	240...260	1000	605	975	620	955	640	935	660	915	680	900	740	875	830				
	420...480	1000	605	980	610	965	620	950	630	940	640	925	670	900	720	865	835		
	600...680	1000	600	990	600	985	605	975	610	965	620	955	635	935	670	900	735	870	865
5б	240...260	550	545	545	545	540	545	535	545	530	545	525	560	515	595				
	420...480	585	525	580	525	575	525	565	525	560	525	555	535	545	555	525	615	460	690
	600...680	640	500	635	500	630	500	625	500	620	500	615	500	610	510	590	535	535	570

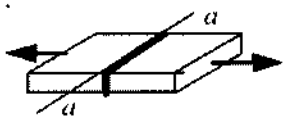
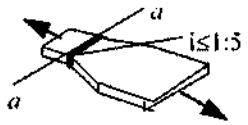
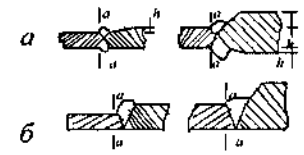
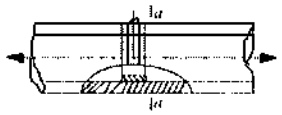
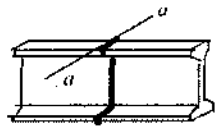
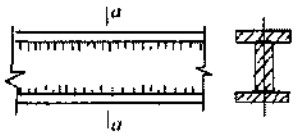
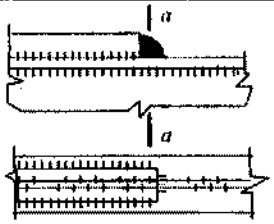
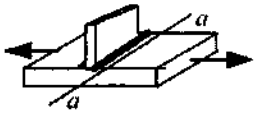
Кінець таблиці У.2

Група	Розрахунковий опір R_y, МПа	Значення парамет				рів для визначення гранично-допустимої кількості циклів при коефіцієнті асиметрії циклу ρ													
		-1,0		-0,8		-0,6		-0,4		-0,2		0		0,2		0,4		0,6	
		A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ	A_ρ	B_ρ
6а	240...260	890	565	880	585	870	600	850	620	830	635	805	655	770	675	740	760		
	420...480	895	565	890	575	885	585	870	595	855	605	835	615	800	640	765	690	730	840
	600...680	900	560	900	565	895	570	890	575	875	575	855	580	830	585	790	610	745	675
6б	240...260	480	435	465	450	450	460	435	475	420	485	410	495	395	560	375	715		
	420...480	525	435	510	445	495	450	480	455	465	465	450	475	440	515	430	585	395	725
	420...480	1420	725	1405	735	1390	750	1380	760	1370	770	1360	785	1350	840	1320	940	1245	
	600...680	1425	720	1415	725	1405	735	1400	740	1390	750	1380	760	1365	780	1335	840	1295	955
7б	240...260	590	440	580	450	575	460	565	470	560	480	555	490	545	530	525	575	480	675
	420...480	630	440	625	445	620	450	620	460	615	465	615	475	610	490	610	540	605	635
	600...680	665	410	665	415	665	420	665	425	665	430	670	435	670	455	670	485	670	555
Примітка. Усі значення зменшені в 10^3 раз.																			

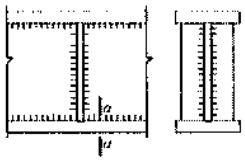
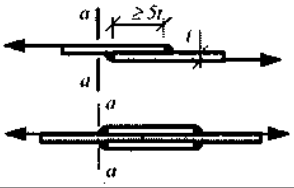
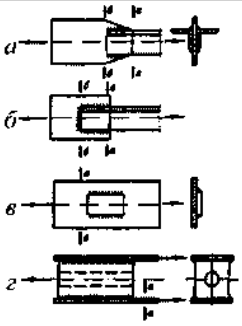
Таблиця У.3 - Групи елементів і з'єднань при розрахунку на витривалість

№ з/п	Схема елемента і розташування розрахункового перерізу	Характеристика елемента	Група елемента
1		Основний метал із прокатними чи обробленими механічним шляхом кромками Те саме, із кромками, обрізаними машинним газовим різанням	1 2
2		Основний метал з обробленими механічним шляхом кромками при різній ширині і радіусі переходу r, мм: 200 10	 1 4а і 4б
3		Основний метал у з'єднаннях на високоміцних болтах	1
4		Основний метал у болтовому з'єднанні (болти класу точності А) у розрахунковому перерізі, послабленому отворами, при накладках: – з обох сторін з'єднання – з одного боку з'єднання	 4б 5б
5		Перехід і заокруглення (клас чистоти газового різання чи фрезерування) при $\alpha \geq 72°$, $r \geq 0{,}5b$	2
6		Фасонки прямокутної форми, які приварені в стик або в тавр до елементів конструкцій без механічної обробки переходу від фасонки до елемента	7а і 7б
7		Фасонки, які приварені в стик або в тавр до стінок і поясів балок, а також до елементів ферм при $\alpha \geq 45°$	4а і 4б
8		Фасонки прямокутної чи трапеціеподібної форми, приварені в стик або в тавр до поясів балок внапусток з обварюванням вздовж контуру напустку без механічної обробки швів	7а і 7б

Продовження таблиці У.3

№ з/п	Схема елемента і розташування розрахункового перерізу	Характеристика елемента	Група елемента
9		Стиковий необроблений шов при дії навантаження, прикладеного перпендикулярно до лінії шва; при цьому, елементи, що стикуються, є однакової ширини і товщини	2
10		Стиковий необроблений шов; елементи, що стикуються, є різної ширини чи різної товщини	5а і 5б
11		Основний метал у місці переходу до стикового шва зі знятим механічним способом посиленням шва: – при стикуванні елементів однакової товщини і ширини (рис. а) – те саме, різної товщини і ширини (рис. б)	 2а і 2б 3а і 3б
12		Стиковий шов, виконаний на підкладному листі, при дії навантаження, прикладеного перпендикулярно до лінії шва	4а і 4б
13		Стиковий шов між елементами трубчастого перерізу, виконаний на підкладному кільці	4а і 4б
14		Зварне з'єднання в стик прокатних профілів	4а і 4б
15		Зварні перерізи двотаврового, таврового й іншого типів, зварені неперервними поздовжніми поясними швами при дії зусилля вздовж осі шва	3а і 3б
16		Елемент із допоміжним елементом, прикріпленим фланговими (поздовжніми) швами, при α: до 45° 90°	 4а і4б 7а і 7б
17		Обрив поясного листа без механічної обробки лобового (поперечного) шва	7а і 7б
18		Основний метал з лобовим (поперечним) швом; зварний шов двосторонній із плавним переходом до основного металу	4а і 4б

Кінець таблиці У.3

№ з/п	Схема елемента і розташування розрахункового перерізу	Характеристика елемента	Група елемента
19		Основний метал розтягнутих поясів балок і елементів ферм поблизу діафрагм і ребер жорсткості, приварених кутовими швами	5а і 5б
20		Основний метал у місці переходу до лобового (поперечного) кутового шва	6а і 6б
21		Основний метал у з'єднаннях із фланговими кутовими швами (у місцях переходу від елемента до кінців флангових швів): – із подвійними фланговими швами (рис. а) – із фланговими і лобовими швами (рис. б) – при передачі зусилля через основний метал (рис. в) – щоки анкерів для кріплення сталевих канатів (рис. г)	7а і 7б

Таблиця У.4 - Параметри граничних напружень циклу

Група	N	Значення σ_{-1} для сталей з розрахунковим опором, 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	0,82	0,82	0,82
4а	$\geq 10^7$	48	48	48	1,00	1,00	1,00
4б	$\geq 10^7$	80	80	80	0,90	0,90	0,90
5а	$\geq 10^7$	ЗО	30	30	0,97	0,97	0,97
5б	$\geq 10^7$	62	62	62	0,88	0,88	0,88
6а	$\geq 10^7$	22	22	22	1,00	1,00	1,00
6б	$\geq 10^7$	58	58	58	0,80	0,80	0,80
7а	$\geq 10^7$	20	20	20	1,00	1,00	1,00
7б	$\geq 10^7$	40	40	40	0,92	0,93	0,93

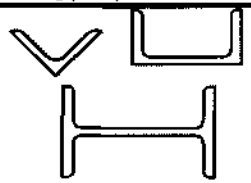
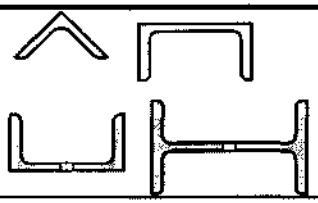
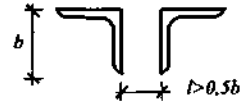
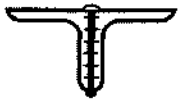
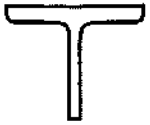
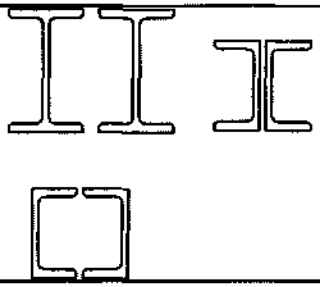
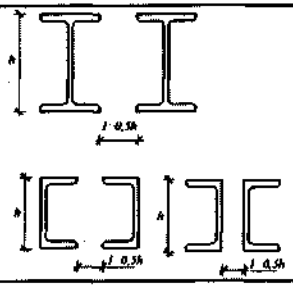
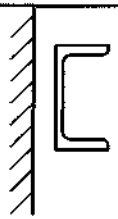
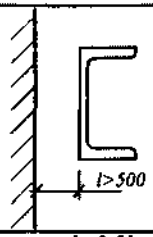
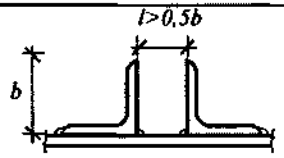
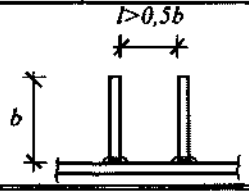
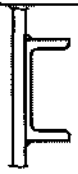
Таблиця У.5 - Характеристичні значення середнього квадратичного відхилу $S_{\sigma_{-1}}$ границі витривалості

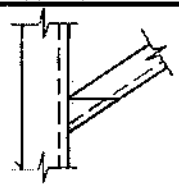
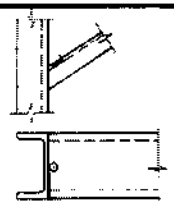
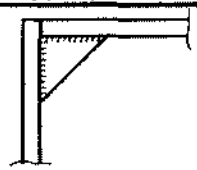
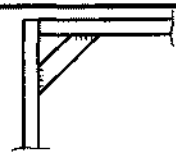
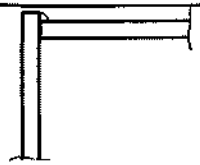
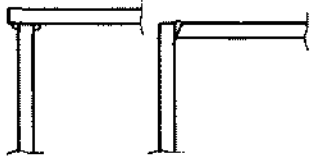
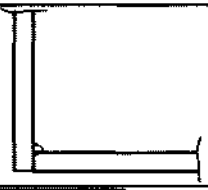
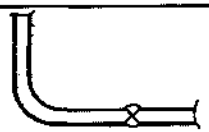
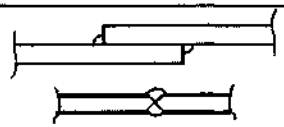
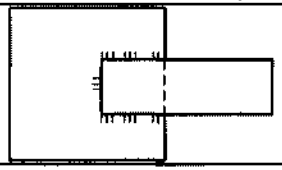
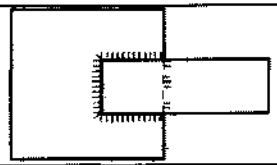
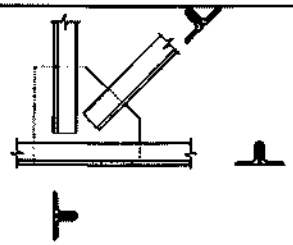
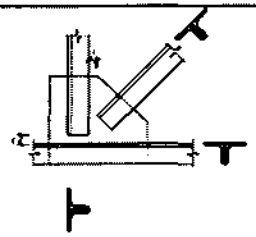
Величина залишкових напружень	$S_{\sigma_{-1}}$ по групах елементів						
$(\sigma_{зал} > 0{,}5\sigma_m)$	1	2	3а	4а	5а	6а	7а
	35	28	12	10	8	6	4
$(\sigma_{зал} \leq 0{,}5\sigma_m)$	1	2	36	46	5б	6б	76
	35	28	20	15	12	9	7

ДОДАТОК Ф

(довідковий)

КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ З ПЕРВИННОГО ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Раціональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю	Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Раціональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю
			
			
			
			

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Раціональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю	Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, що призводять до корозійного руйнування	Раціональне конструктивне рішення, що характеризується підвищеною корозійною стійкістю
			
			
			
			

ДОДАТОК Х

(обов'язковий)

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ

1. При дослідженні і випробуванні металу необхідно визначати такі показники:

- хімічний склад із виявленням складу елементів, передбачених державними стандартами або технічними умовами на сталь;

- границю текучості, тимчасовий опір і відносне видовження при випробуваннях на розтяг (рекомендується проводити їх з побудовою діаграми роботи сталі) згідно з ГОСТ 1497;

- ударну в'язкість згідно з ГОСТ 9454 для температур, що відповідають групі конструкцій і кліматичному району за таблицею Е1 додатка Е цих Норм, і після механічного старіння відповідно до державних стандартів або технічних умов на сталь.

Для конструкцій 1-ї і 2-ї груп таблиці Е1, які виготовлені з киплячої сталі завтовшки понад 12 мм і експлуатуються при від'ємних температурах, додатково слід визначати:

- розподіл сірчастих включень способом відбитку за Бауманом згідно з ГОСТ 10243;

- мікроструктуру з виявленням розміру зерна згідно з ГОСТ 5639.

Механічні властивості сталі допускається визначати із застосуванням інших методів, що забезпечують надійність результатів, відповідну випробуванням на розтяг.

2. Відбір проб для хімічного аналізу і зразків для механічних випробувань проводять з елементів конструкцій окремо для кожної партії металу.

До партії металу відносяться елементи одного виду прокату (за номерами профілів, товщиною і марками сталі), що входять до складу однотипних елементів конструкцій (пояси ферм, грати ферм, пояси підкранових балок тощо) однієї черги будівництва. Партія металу повинна відноситись не більше ніж до 50 однотипних відправних марок загальною масою, що не перевищує 60 т. Якщо відправними марками є прості елементи з прокатних профілів (прогони, балки, в'язі тощо), до партії може бути віднесено до 250 відправних марок.

Кількість проб і зразків від кожної партії металу повинна бути не меншою за вказану в таблиці Х.1, при відборі проб і зразків необхідно дотримуватись вимог ГОСТ 7564.

Таблиця Х.1 - Кількість елементів проб і зразків, що перевіряються

Вид випробувань	Кількість елементів, що перевіряються, в партії	Кількість проб і зразків	
		від елемента	всього від партії
Хімічний аналіз	3	1	3
Випробування на розтяг	2 (10*)	1	2 (10*)
Випробування на ударну в'язкість	2**	3**	6**
Відбиток за Бауманом	2	1	2

* При визначенні границі 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 вирізування зразків визначаються організацією, що проводить обстеження конструкцій.

3. Границя текучості R_{yn} або тимчасовий опір сталі R_{un} за результатами статистичної обробки даних випробувань зразків обчислюються за формулою

$$R_n = \sigma_n - \alpha S, \qquad (X.1)$$

де $\sigma_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sigma_i$ – середнє арифметичне значення границі текучості або тимчасового опору випробовуваних зразків;

$\alpha = 1{,}65\left(1 + \frac{0{,}91}{\sqrt{n}} + \frac{1{,}5}{n}\right)$ – коефіцієнт, що враховує об'єм вибірки;

$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\sigma_i - \sigma_n)^2}$ – середній квадратичний відхил результатів випробувань;

σ_i – границя текучості або тимчасовий опір і-го зразка;

n – кількість випробовуваних зразків, що приймається не меншою за 10.

При значенні $S/\sigma_n > 0{,}1$ використання результатів, отриманих за наявними даними випробувань зразків, не допускається.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ТУ У 27.1-05416923-085-2006. Прокат листовой свариваемый из качественной стали классов прочности 355 - 390 для машиностроения (Прокат листовий зварюваний з якісної сталі класів міцності 355 - 390 для машинобудування).

2. ТУ У 322-16-127-97. Прокат листовой из низколегированной стали для мостостроения (Прокат листовий з низьколегованої сталі для мостобудування).

3. ТУ У 05416923.049-99. Флюс сварочный для дуговой сварки из низколегированных сталей повышенной прочности типа 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД (Флюс зварювальний для дугового зварювання із низьколегованих сталей підвищеної міцності типу 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД).

Код УКНД: 91.080.10

Ключові слова: безпека, виготовлення, довговічність, граничні стани, матеріали, міцність, монтаж, надійність, несуча здатність, проектування, сталеві конструкції, стійкість.