

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства і
природокористування
Кафедра основ архітектурного проектування,
конструювання, дизайну та графіки

03-07-121М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та курсового проєктування з навчальної
дисципліни

«Архітектура будівель та споруд (спекурс) з курсовим проєктом»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна
інженерія» спеціальності G19 «Будівництво та цивільна
інженерія» (промислове та цивільне будівництво)
всіх форм навчання

Частина 5. Ферми покриття

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІБАД
Протокол № 6 від 17.02.2026 р.

Методичні вказівки до практичних занять та курсового проектування з навчальної дисципліни «Архітектура будівель і споруд (спецкурс) з курсовим проектом» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» (промислове та цивільне будівництво) всіх форм навчання. **Частина 5. Ферми покриття** [Електронне видання] / Ромашко В. М., Ромашко-Майструк О. В. Рівне : НУВГП, 2026. 30 с.

Укладачі: Ромашко В. М., професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри основ архітектурного проектування, конструювання, дизайну та графіки; Ромашко-Майструк О. В. доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва ім. Є.М. Бабича.

Відповідальний за випуск – Ромашко В. М., проф., д. т. н., завідувач кафедри основ архітектурного проектування, конструювання, дизайну та графіки.

Керівник групи забезпечення спеціальності G19 - «Будівництво та цивільна інженерія» доц., к.т.н., Шадуря В. О.

© В. М. Ромашко,
О. В., Ромашко-Майструк, 2026
© НУВГП, 2026

ЗМІСТ

Вступ.....	с. 4
1. Загальні положення.....	5
2. Класифікація ферм покриття.....	6
3. Залізобетонні ферми покриття.....	10
4. Сталеві ферми покриття.....	12
4.1. Основи проектування.....	12
4.2. Особливості проектування вузлів ферм.....	13
5. Ферми покриття з деревини.....	20
Рекомендована література	28

Вступ

Зазвичай проектування будівель з великими прольотами обумовлене функціональними чи спеціальними технологічними вимогами. До подібних споруд можна віднести криті стадіони, спортивні зали, виставкові павільйони, ангари, складальні цехи літакобудування і навіть деяких машинобудівних заводів з прольотами більше 36 м. Така величина прольотів обумовлена міркуваннями ефективного розміщення великих мас людей, великогабаритного обладнання, включно зі спеціальними машинами та механізмами, громіздких виробів продукції. Що ж до виробничих будівель і споруд, то їх основна маса має прольоти від 18 до 36 м.

Основне завдання в проектуванні великопрогонових конструкцій покриття - максимальне зниження навантаження від їх власної ваги. Тому й не дивно, що це виступає стимулом застосування високоміцних сталей, алюмінієвих сплавів та клеєної деревини з широким використанням в покрівлях легких ефективних утеплювачів, профільованого металевого настилу та інших новітніх матеріалів і виробів.

Загалом у великопрогонових покриттях площинного типу несучі конструкції можуть бути балковими, рамними або арочними. Під поняттям «балкові конструкції» розуміють не тільки балки, але й ферми - конструкції, що не передають розпірні зусилля на опори. Застосування балкових конструкцій у великопрогонових покриттях пояснюється їхньою відносною простотою у виготовленні та монтажі. Щоправда, за матеріаломісткістю вони дещо поступаються рамним та арковим конструкціям.

Саме ферми є основними елементами балкових систем, оскільки при прольотах більше 18 м за витратами матеріалів та за навантаженням від власної ваги вони суттєво поступаються балкам з суцільною стінкою.

Відсутність у балках і фермах розпору від вертикальних навантажень дозволяє суттєво зменшувати розміри поперечних перерізів опорних колон та фундаментів. Крім того, за розрізних схем, вони залишаються нечутливими до осадки опор.

Водночас вважається, що одним із основних недоліків ферм є їх значна висота, яка визначається за умовами допустимих прогинів. Та навіть це, за належного підходу до формотворення покриттів, не перешкоджає створенню доволі оригінальних конструктивно-композиційних рішень.

1. Загальні положення

Загалом фермою називають геометрично незмінювану несучу конструкцію, складену з прямолінійних стержнів, шарнірно з'єднаних між собою у вузлах (рис.1). Насправді ж стержні у вузлах ферми з'єднані жорстко за допомогою зварювання, болтів, заклепок, спеціальних пластин та фасонки чи за рахунок монолітного бетонування всієї конструкції. Однак численні експериментальні дослідження засвідчують, що порівняно з поздовжніми зусиллями згинальні моменти в прямих стержнях є вкрай незначними. Тому в практичних розрахунках згинальними моментами нехтують та приймають вузли в розрахункових схемах ферм у вигляді ідеальних циліндричних шарнірів. Ферми покриття або кроквяні ферми формують каркас даху та слугують основою для монтажу покрівель.

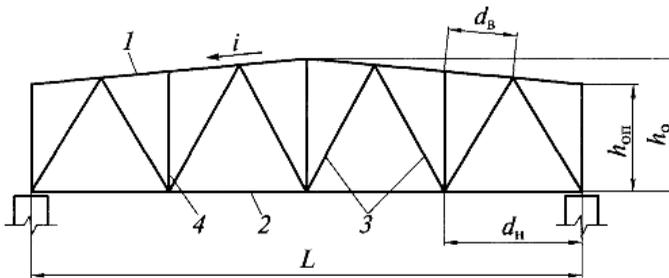


Рис. 1. Елементи ферм: 1 - верхній пояс; 2 - нижній пояс; 3 - розкоси; 4 - стійка

Ферми головним чином застосовують: у покриттях промислових та цивільних будівель, ангарів, вокзалів, ринків, спортивних споруд; як прогінні елементи залізничних та автодорожніх мостів; у конструкціях веж, кранів, нафтових

башт, опор ліній високовольтних мереж, гідротехнічних затворів тощо; і навіть як несучі конструкції машин і механізмів.

При використанні ферм в якості несучих систем будівель і споруд їх конструктивні рішення вибирають такими, аби передбачити передачу навантажень лише у вузлах ферм та уникнути прогинів її стержнів. В такому випадку у стержнях ферм виникають тільки поздовжні зусилля розтягу-стиску. Відсутність згину стержнів дозволяє приймати розміри їхнього поперечного перерізу меншими порівняно зі стержнями, що працюють на згин. Завдяки цьому витрати матеріалів у фермах завжди є меншими ніж у балках, вони легші за масою, але трудомісткість їх виготовлення є дещо більшою.

Ферми, як і балки покриття, розраховують на сприйняття наступних навантажень від:

- ✓ власної ваги та ваги інших елементів і конструкцій покриття;
- ✓ снігу та вітру;
- ✓ ваги стаціонарного кранового обладнання і устаткування;
- ✓ ваги рідин і твердих тіл, що заповнюють обладнання та передають їх на конструкції покриття;
- ✓ людей та різного ремонтного обладнання в процесі його налагодження, випробування і перестановки тощо.

2. Класифікація ферм покриття

Загалом ферми покриття можна класифікувати за багатьма ознаками, найважливішими серед яких є:

- призначення;
- форма зовнішнього контуру (поясів);
- система решітки;
- статична схема (спосіб обпирання);
- матеріал;
- тип з'єднання елементів;
- форма поперечного перерізу елементів.

За призначенням ферми розділяють на:

- ✓ кроквяні, що є основним типом ферм для дахів та використовуються безпосередньо в покриттях будівель для підтримання покрівлі;

- ✓ підкроквяні, що слугують опорою для кроквяних ферм при збільшених відстанях між несучими конструкціями (наприклад, колонами);
- ✓ спеціальні (мостові, кранові, баштові), що використовуються в мостах, підйомних кранах, вежах тощо.

За формою зовнішнього контуру (поясів) ферми покриття можуть бути (рис. 2):

- трикутними, найбільш поширеними в схилих дахах;
- полігональними (багатокутними), наближеними до кривої епюри згинальних моментів, а тому найефективнішими для великих прольотів;
- трапецієподібними, рекомендованими для використання у виробничих будівлях із-за зручного кріплення прогонів;
- сегментними (арковими), рекомендованими для покриттів великих прольотів із-за гарного естетичного вигляду;
- з паралельними поясами (прямокутними), що застосовуються для великих прольотів та мають уніфіковані стержні і вузли.

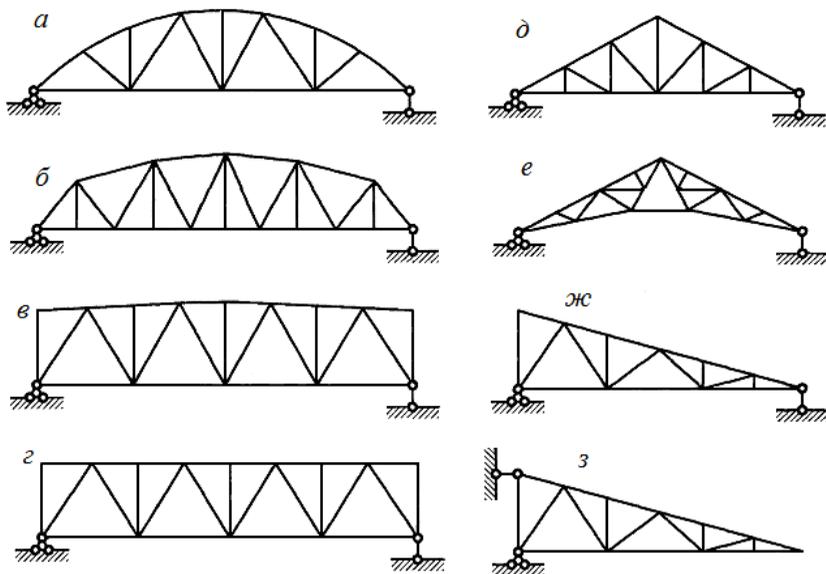


Рис. 2. Ферми за обрисом поясів: *a* - сегментні; *б* - полігональні; *в* - трапецієподібні; *г* - з паралельними поясами; *д*-з - трикутні

Решітка у фермах покриття може бути (рис. 3):

- ✓ трикутною, найпоширенішою і найпростішою у виконанні;
- ✓ трикутною з додатковими стійками (та підвісками), рекомендованою для зменшення розрахункової довжини стиснутих поясів або для кріплення підвісного обладнання;
- ✓ розкісною з розтягнутими висхідними або низхідними розкосами, рекомендованою при малій висоті ферм та великих вузлових навантаженнях;
- ✓ шпренгельною, рекомендованою для великих прольотів за великих вузлових навантажень;
- ✓ хрестовою та перехрестною, рекомендованими здебільшого за двосторонніх навантажень;
- ✓ ромбічною та напіврозкісною, рекомендованими здебільшого для мостів, веж, щогл.

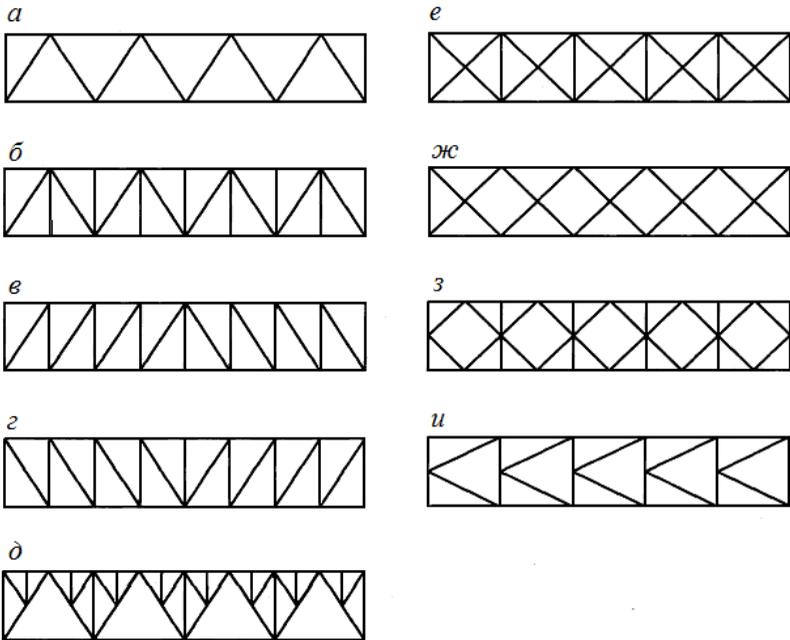


Рис. 3. Системи решіток ферм: *a* - трикутна; *б* - трикутна з додатковими стійками; *в* - розкісна з висхідним розкосом; *г* - розкісна з низхідним розкосом; *д* - шпренгельна; *е* - хрестова; *ж* - перехрестна; *з* - ромбічна; *и* - напіврозкісна

За статичною схемою (способом обпирання) розрізняють наступні типи ферм (рис. 4):

- балкові розрізні (найпростіші), що спираються на дві опори;
- балкові нерозрізні (багатопрольотні), що перекривають кілька прольотів;
- консольні, що виступають за межі опор (інколи можуть розвантажувати основні прольоти);
- аркові, що застосовують переважно при великих прольотах;
- рамні, що зазвичай використовують у покрівельних каркасах промислових будівель (зокрема ангарів);
- комбіновані, що використовують при важких навантаженнях у тому числі і рухомих.

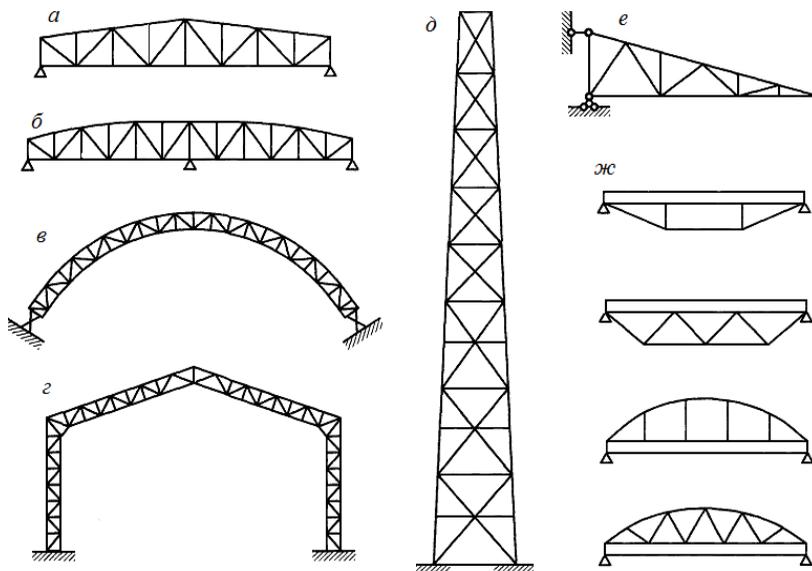


Рис. 4. Різновиди ферм за статичною схемою: *a* - балкова розрізна; *б* - балкова нерозрізна; *в* - аркова; *г* - рамна; *д*, *е* - балкові консольні; *ж* - комбіновані

За матеріалом ферми можуть бути залізобетонними, сталевими, з деревини та комбінованими (сталобетонними, метало-дерев'яними).

З'єднання елементів ферми у її вузлах може бути:

- ✓ зварним (в сталевих);
- ✓ болтовим (в сталевих та в дерев'яних);
- ✓ клепанним (в сталевих);
- ✓ за допомогою зубчастих пластин (в дерев'яних);
- ✓ за допомогою анкерних елементів, зварювання випусків арматури, спеціальних накладок і хомутів (в залізобетонних).

3. Залізобетонні ферми покриття

Серед залізобетонних ферм (рис. 5) найбільш поширеними є полігональні, сегментні, трапецієподібні, трикутні та ферми з паралельними поясами.

Полігональні та сегментні ферми покриття (рис. 5, а, б) за витратами бетону і арматури є одним з найбільш економічних. Оскільки обриси верхнього поясу таких ферм дуже близькі до кривої епюри моментів, то зусилля уздовж їх поясів майже не змінюються, а зусилля в елементах решітки є відносно невеликими. Невелика висота ферм в опорних перерізах дозволяє суттєво зменшувати не тільки загальну довжину елементів їх решітки, але й висоту зовнішніх стін. Щоправда трудомісткість робіт з виготовлення таких ферм дещо зростає внаслідок значної сумарної довжини елементів решітки та складних вузлів.

Аркові безрозкісні ферми (рис. 5, в) є одними із найпростіших за технологією виготовлення. Їх рекомендується застосовувати у виробничих будівлях з підвісним транспортним обладнанням або за необхідності використання міжфермового простору для розміщення комунікацій та технічних поверхів. Додатково встановленні стояки на верхньому поясі таких ферм дозволяють застосовувати їх і в плоских покриттях. Однак згинальні моменти від жорсткого спряження стояків із поясами таких ферм веде до їх подорожчання із-за зростання витрат на додаткову арматуру.

Основною особливістю аркових розкісних фермах (рис. 5, г) є те, що вони дозволяють передавати навантаження на верхній пояс поза вузлами. До того ж, за прольотів більше 30 м, аркові

ферми стають економічнішими за сегментні.

Залізобетонні ферми з паралельними поясами (рис. 5, *д, е*), застосовують у будівлях з плоскою покрівлею. Із-за великої висоти на опорах вони потребують встановлення вертикальних в'язей у площині опорних стояків та суттєвого збільшення висоти зовнішніх стін.

За витратами матеріалів трикутні ферми (рис. 5, *ж-и*) є одними з найменш економічних. Область їх застосування - одноповерхові будівлі, що потребують значних ухилів покрівлі.

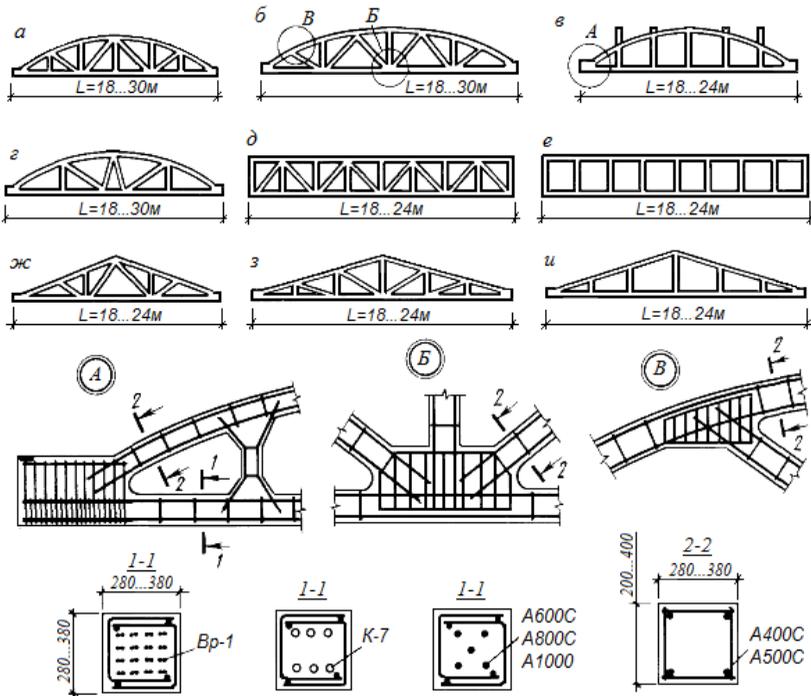


Рис. 5. Залізобетонні ферми за обрисом поясів: *а* - сегментні; *б* - полігональні; *в* - аркові безрозкісні; *з* - аркові розкісні; *д, е* - з паралельними поясами; *ж...и* - трикутні

Залежно від величини прольоту l висоту залізобетонних ферм приймають в межах:

- $l/10 \dots l/8$ – для сегментних, полігональних та аркових розкісних і ферм з паралельними поясами;
- $l/8 \dots l/6$ – для аркових безрозкісних;
- $l/6 \dots l/5$ – для трикутних.

Ширина та висота перерізу верхнього поясу ферм зазвичай складає $(1/80 \dots 1/70)l$. Такою ж самою є і ширина перерізу нижнього поясу, тоді як висота його перерізу залежить від виду та умов розміщення напруженої арматури. Ферми виготовляють в основному з бетону класів C25/30...C50/60. Верхній пояс, розкоси та стійки решітки армують зварними каркасами з арматурних стержнів класів A400C або A500C. В нижньому поясі ферм розміщують поздовжню попередньо напружену дротову (класу Вр1200 діаметром 5 мм), стержневу (класів A600C, A800C, A1000) або канатну (класу К-7) арматуру. Попередньо напружена арматура охоплюється конструктивними замкнутими хомутами з арматури класів A240C або Вр-I через кожні 500 мм. Арматуру елементів решітки об'єднують у вузлах з арматурою поясів ферм за допомогою додаткових сіток з поперечних арматурних стержнів класів A240C або Вр-I.

Опорні вузли ферм також армують подібними сітками та додатково ненапруженою поздовжньою і поперечною арматурою. Саме остання захищає бетон від виникнення тріщин уздовж напруженої арматури при відпуску її натяжних пристроїв.

4. Сталеві ферми покриття

4.1. Основи проектування

Серед сталевих ферм у покриттях виробничих будівель та споруд найбільш поширеними є трапецієподібні та трикутні, а також ферми з паралельними поясами (рис. 2). Решітка в таких фермах приймається переважно трикутною або розкісною (рис. 3). Дещо рідше застосовують сегментні та полігональні ферми.

Найбільш поширені типи перерізів елементів легких ферм показано на рис. 6. За витратами сталі тонкостінковий

трубчастий переріз (рис. 6, *a*) є найбільш ефективним для стиснутих стержнів ферм. Загалом застосування труб у фермах дає економію сталі до 20-25%. Однак певні конструктивні труднощі поєднання трубчастих елементів та висока вартість труб обмежують їх застосування.

Прямокутні гнutoзамкнуті перерізи (рис. 6, *б*) дозволяють суттєво спростити вузли сполучення елементів. Останніми роками їх застосування в будівельній практиці помітно розширилось. Однак ферми з гнutoзамкнутих профілів за безфасонкових вузлів (рис. 7, *a*) вимагають доволі високої точності виготовлення. Крім того, технологічні труднощі гнуття профілів товщиною понад 10-12 мм також обмежує можливості їх використання.

В основному ж легкі ферми проектують із стержнів, переріз яких складається з двох кутиків (рис. 6, *в-д*). Такі перерізи зручні для конструювання фасонкових вузлів та прикріплення конструкцій, що примикають до ферм (прогонів, покрівельних панелей, зв'язків тощо). Істотними недоліками цієї конструктивної форми є велика кількість елементів з різними типорозмірами, значні витрати металу на фасонки та прокладки (рис. 7, *б*), висока трудомісткість виготовлення та наявність щілин між кутиками, що ускладнює їх захист від корозії.

За відносно невеликих зусиль стержні ферм можуть виконуватися з одиночних кутиків (рис. 6, *е*).

Якщо пояс ферми окрім осьового зусилля працює ще й на вигин (за позавузлової передачі навантажень), то раціональним може бути переріз із двотавра (рис. 6, *з*) або з двох швелерів.

Можливість отримання тавра шляхом розрізання двотавра (рис. 6, *и*) створює умови для проектування ферм зі стержнів одиночного профілю замість перерізу, складеного з двох кутиків. Така конструктивна форма економішша за витратою металу та значно менш трудомістка, оскільки зменшує кількість складальних деталей більш ніж удвічі.

4.2. Особливості проектування вузлів ферм

У фермах з стержнями із двох кутиків, складених тавром,

вузли проєктують на фасонках, які заводять між кутиками. Стержні решітки прикріплюють до фасонки фланговими швами. До поясу фасонки рекомендується прикріплювати суцільними швами мінімальної товщини.

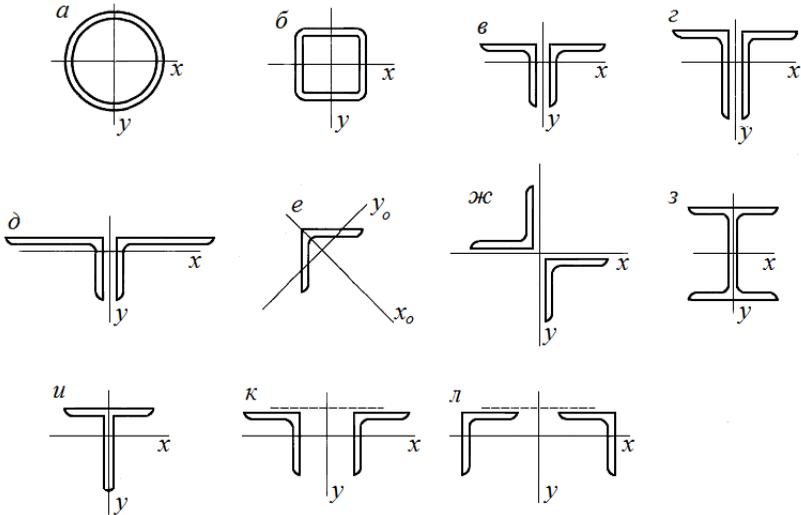


Рис. 6. Типи перерізів стержнів легких ферм: а, б - трубчасті; в, г, д, е, ж, к, л - з прокатних кутиків; з - двотавровий; и - тавровий

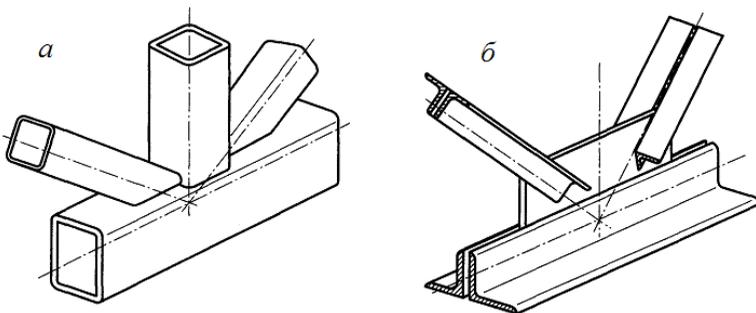


Рис. 7. Компонування вузлів ферм: а - безфасонкових; б - фасонкових

Зазвичай фасонку випускають за обушки поясних кутиків на 10-15 мм, проте в місцях обпирання на верхній пояс несучих елементів покрівлі (плит або прогонів) фасонку не доводять до краю обушків на 10-15 мм і в цьому місці не приварюють (рис. 8).

За товщини поясних кутиків 10 мм і менше (при кроці ферм 6 м) та 14 мм і менше (при кроці ферм 12 м) пояси ферм, в місцях обпирання на них ребер залізобетонних плит покриття, необхідно посилити накладками. Накладка, товщиною не менше 12 мм, повинна приварюватися до поясу поздовжніми швами (рис. 8, а).

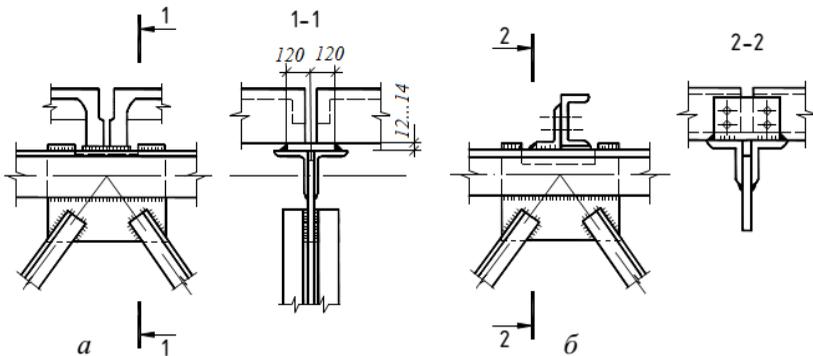


Рис. 8. Вузли обпирання на верхній пояс ферм: *а* - ребер залізобетонних плит покриття; *б* - сталевих прогонів

Сталеві ферми обпирають на колони збоку або зверху. Перший варіант застосовують в одноповерхових будівлях, де перевагу віддають жорсткому сполученню елементів поперечної рами каркасу (рис. 9), другий - використовують за шарнірного сполучення елементів в багатопрольотних рамах, а також при обпиранні ферм на стіни чи залізобетонні колони (рис. 10). Але і в першому, і в другому випадках конструктивне рішення опорних вузлів залишається принципово однаковим: ферми кріплять на рівнях верхнього та нижнього поясів до внутрішніх граней сталевій колоні або стояка двотаврового перерізу, що спеціально встановлюють на опору (рис. 9 та 10).

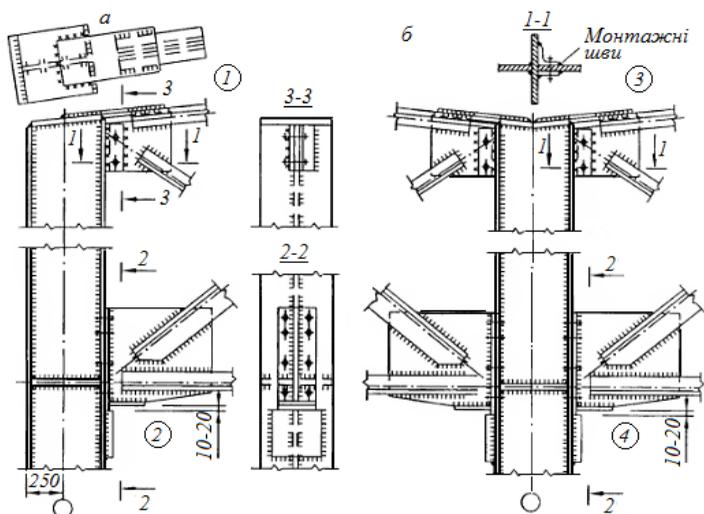


Рис. 9. Опорні вузли сталевих ферм, що жорстко з'єднуються з колоною: *а* - крайньою; *б* - середньою

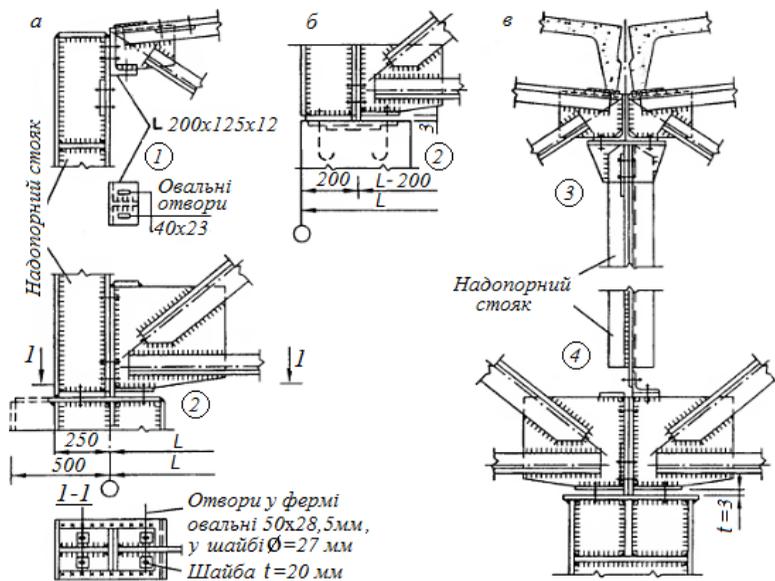


Рис. 10. Опорні вузли сталевих ферм, шарнірно опертих на колоною: *а* - крайню сталеву; *б* - те ж залізобетонну; *в* - середню

Варіанти конструктивного вирішення опорного вузла за шарнірного обпирання ферм на нижче розміщені конструкції наведено на рис. 10 та 11. В них тиск ферми на опорну плиту передається через фасонку та опорну стійку двотаврового, таврового або хрестового перерізу.

В опорній плиті влаштовують отвори для анкерів. Із-за можливої розбіжності анкерних болтів і отворів діаметр отворів роблять у 2 - 2,5 рази більше діаметра анкерів, а шайби анкерних болтів приварюють до опорної плити (рис. 11, *а, б*). Задля зручності виконання монтажних та зварювальних робіт відстань між нижнім поясом та опорною плитою зазвичай приймають не менше 150 мм.

Опорний вузол ферми при її спиранні на рівні верхнього поясу конструюють аналогічно (рис. 11, *в*). Так само виконують конструювання опорних вузлів трикутних ферм (рис. 11, *г*).

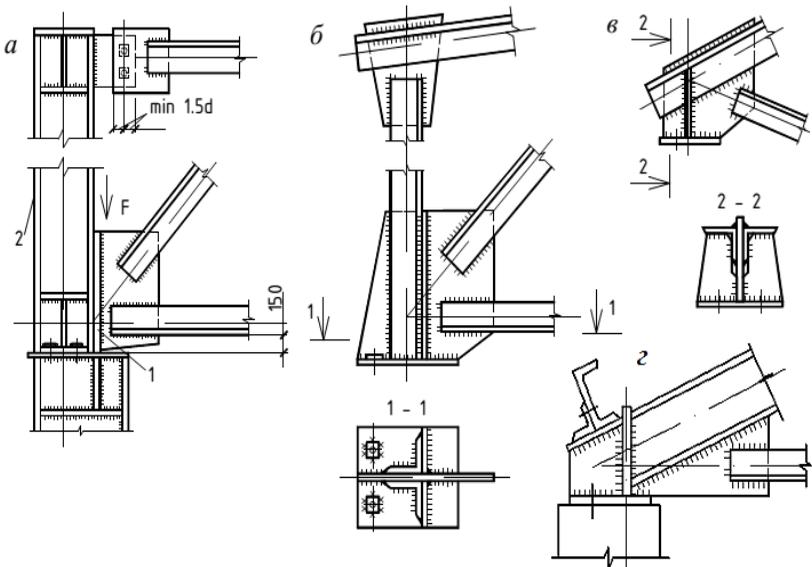


Рис. 11. Варіанти шарнірного обпирання сталевих ферм: *а* - на сталеву колону; *б, в* - на стіну або залізобетонну колону; *г* - трикутних з поясами з широкополочкових двотаврів; *1* - опорний фланець; *2* - надпорна стійка

Вузлові сполучення елементів трубчастих ферм мають забезпечувати надійну герметизацію їх внутрішніх порожнин, щоб запобігти виникненню там корозії.

У трубчастих фермах найбільш раціонально проектувати безфасонкові вузли з безпосереднім примиканням стержнів решітки до поясів (рис. 12, *а*). За фігурного різання кінців спеціальними машинами вузли з безпосереднім примиканням отримують високоякісне з'єднання з мінімальними витратами як праці так і матеріалу. Самі стержні центрують, зазвичай, за геометричними осями. За неповного використання несучої здатності поясної труби допускається ексцентриситет не більше однієї чверті діаметра поясної труби.

За відсутності верстатів для фігурної обробки торців труби, вузли трубчастих ферм дозволяється виконувати зі сплющуванням кінців стержнів решітки (рис. 12, *б*), а у виняткових випадках - на фасонках (рис. 12, *в*). Сплющення кінців допустимо лише для труб із низьковуглецевої або іншої пластичної сталі.

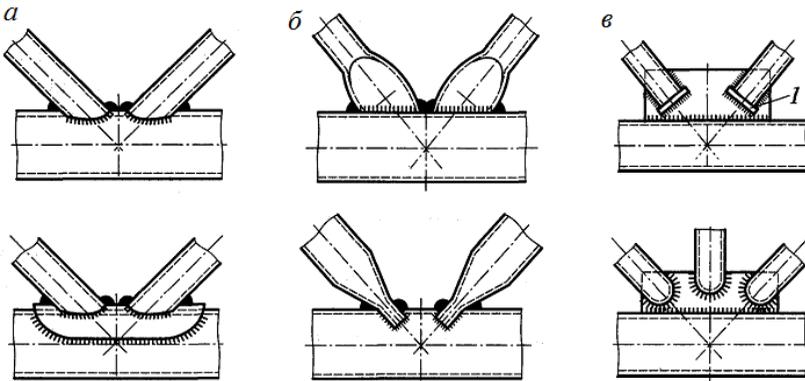


Рис. 12. Вузли трубчастих ферм: *а* - з безпосереднім примиканням; *б* - зі сплющуванням кінців стержнів; *в* - на фасонках

Приклади вирішення опорних вузлів трубчастих ферм наведено на рис. 13.

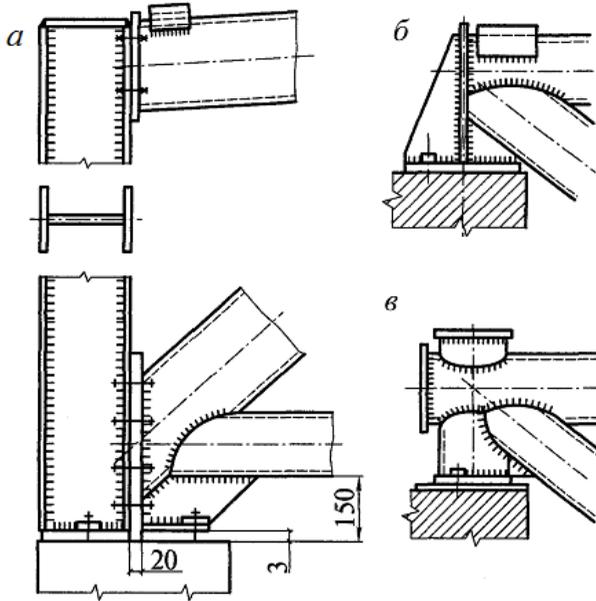


Рис. 13. Вузли трубчастих ферм: *а* - з безпосереднім примиканням; *б* - зі сплющуванням кінців стержнів; *в* - на фасонках

Ферми із гнutoзварних замкнyтих профiлiв проєктують з безфасонковими вузлами (рис. 14). Примикання розкосiв до плоских граней поясiв забезпечують косим зрiзом торцiв стержнiв пiд кyтом, що дорiвнює кyту нахилу розкосy. Цi ферми використовують, переважно, для безпрогонового обпирання сталевy профiльованого настилу, який закрiплюють на верхнiх поясx самонарiзними болтами, дyбелями або точковим зварюванням. Решiтка в таких ферма є трикутною, тому до кожного з вузлiв, за виключенням опорних, примикає тiльки два розкоси, вiдстань мiж швами крiплення яких має бути не меншою 20 мм. Обпирання ферм передбачено в рiвнi верхнього поясy (рис. 14, *а*) через опорне ребро, що приварюють до торця поясного елемента. Для запобiгання розвитку корозii всерединi коробчастих перерiзiв у торцях нижнiх поясiв влаштовують заглушки (рис. 14, *в*).

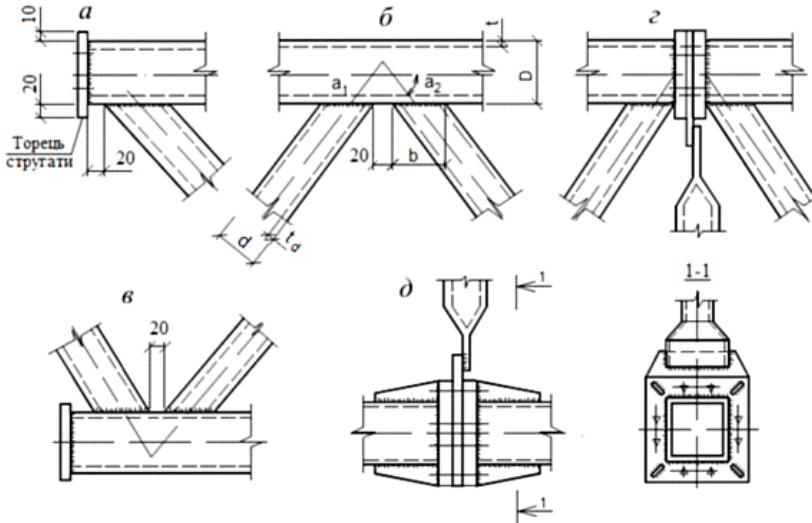


Рис. 13. Вузли типової ферми із гнutoзварних замкнутих профілів: *a* - опорний; *б* - верхнього поясу; *в* - нижнього поясу; *г, д* - монтажні

5. Ферми покриття з деревини

Залежно від основних конструктивних та технологічних особливостей, пов'язаних з методом виготовлення, дерев'яні ферми поділяють на ферми заводського (з клеєних елементів) та будівельного виготовлення (з цілісних елементів).

Найбільшого поширення у будівельній практиці набули ферми заводського виготовлення. Зазвичай до них відносяться металодерев'яні ферми, верхній пояс та стиснуті стержні решітки яких виконані з клеєної деревини, а нижній пояс та розтягнуті стержні решітки – зі сталі.

В умовах агресивних середовищ, у разі потреби, нижній пояс може бути не сталевим, а дерев'яним (саме завдяки певним перевагам клеєної деревини).

Найбільш поширеними контурами дерев'яних ферм заводського виготовлення є трикутні, трапецієподібні; багатокутні (частіше п'ятикутні) та сегментні.

Трикутні клеєні ферми (рис. 14) можуть мати верхній пояс

із двох клеєних панелей різної довжини. Зазвичай довшою та більш потужною є перша панель від опори. З клеєної деревини виконуються також два стиснуті розкоси. Нижній пояс та всі підвіски (розтягнуті стержні) приймають сталевими. Панелі верхнього поясу у вузлах стикують із ексцентриситетом.

Задля зменшення величини згинального моменту у вузлах верхнього поясу дерев'яних ферм, виконаного з прямолінійних елементів, передачу стискаючого зусилля здійснюють з ексцентриситетом, як в арках. Перша панель нижнього поясу, за відсутності зусиль в ньому, може бути дерев'яною, а опорний низхідний розкіс, що в такому випадку сприймає велике розтягуюче зусилля, має бути сталевим, як і середня панель нижнього поясу. Зазвичай подібне конструктивне рішення має трапецієподібна односхила ферма.

В трапецієподібних двосхилих фермах з опорним висхідним розкосом нижній пояс проєктують повністю сталевим (рис. 15). Ферми з паралельними поясами зазвичай мають аналогічне конструктивне рішення.

Сегментні клеєні ферми (рис. 16) компонуються з таким розрахунком, щоб дуга верхнього поясу була з криволінійних елементів однакової довжини. Усі вузли, включно з вузлами верхнього поясу, центрують по осях елементів. Верхній пояс такої ферми може бути розрізним або нерозрізним. Завдяки криволінійному обрису верхнього поясу під дією зовнішнього навантаження створюється зворотний вигин стосовно осі вигину поясу. Тому решітка сегментних ферм є мало навантаженою, що спрощує конструкцію її елементів та вузлів.

Із ферм заводського виготовлення особливої уваги заслуговують дерев'яні ферми на металевих зубчастих пластинах (рис. 17). Їх виготовляють із сухої (вологістю до 18%) каліброваної деревини хвойних порід європейського класу якості та оброблюють вогне- і біозахисною рідиною, що робить конструкції важко горючими та недоступними для різних видів шкідників. Такі ферми доволі легко і швидко монтуються (монтаж покрівлі виконуються протягом 1 дня).

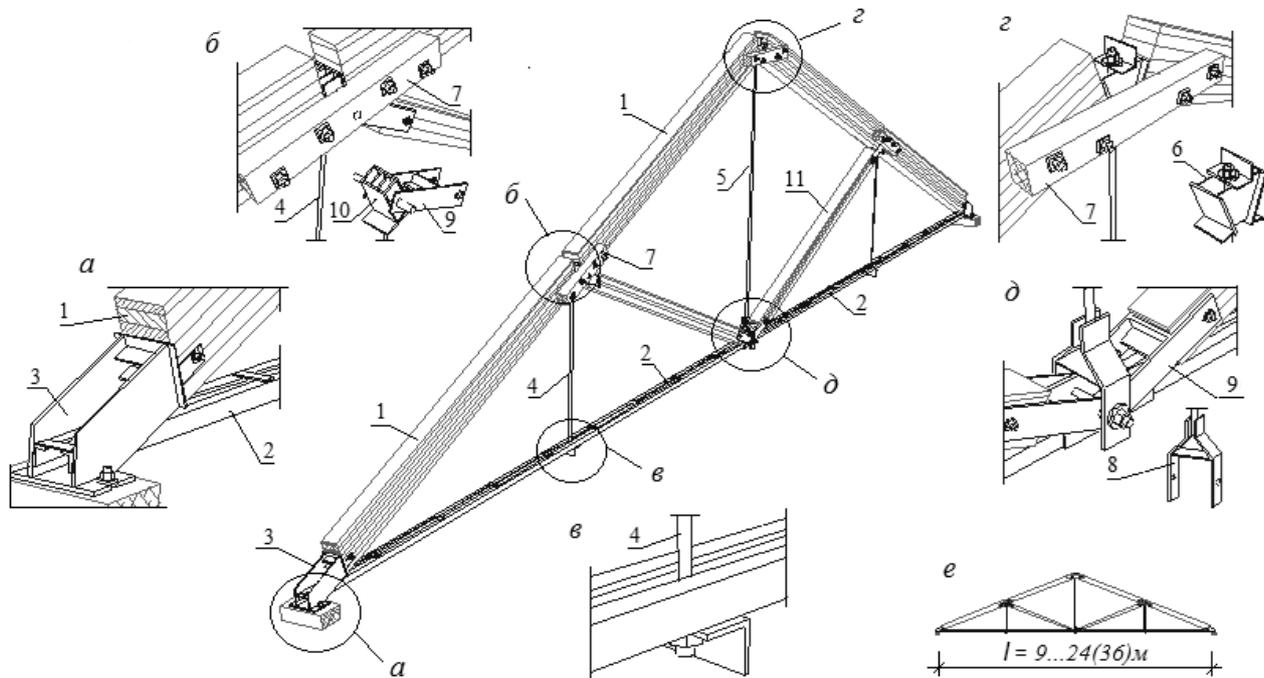


Рис. 14. Трикутна металодерев'яна ферма: *a...д* – вузли; *e* – схема; 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – опорний сталевий башмак; 4 і 5 – підвіски; 6 – сталевий башмак; 7 – дерев'яна накладка зі сталевими болтами; 8 – сталевий хомут; 9 – наконечник; 10 – сталевий вузловий елемент; 11 – розкіс

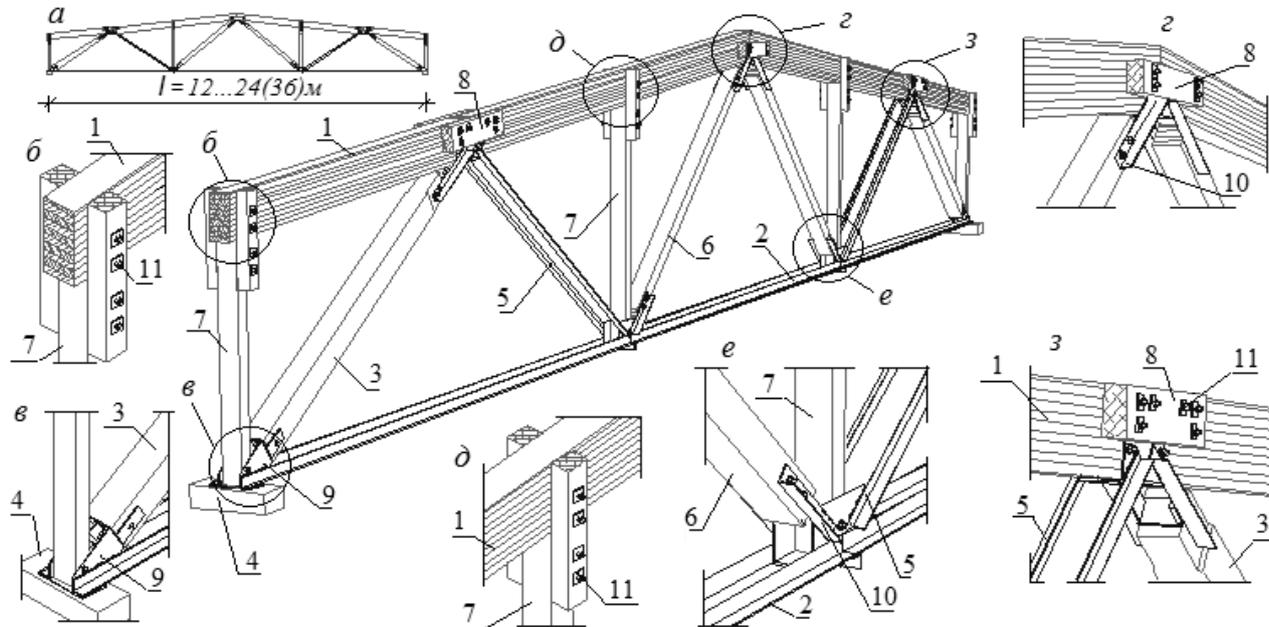


Рис. 15. Трапецієвидна металодерев'яна ферма: *а* – схема; *б*...*з* – вузли; 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – висхідний розкіс; 4 – опора; 5 – сталевий розкіс; 6 – дерев'яний розкіс; 7 – стійка; 8 – дерев'яні накладки; 9 – сталеві накладки з упорним швелером; 10 – сталеві наконечники; 11 – болти

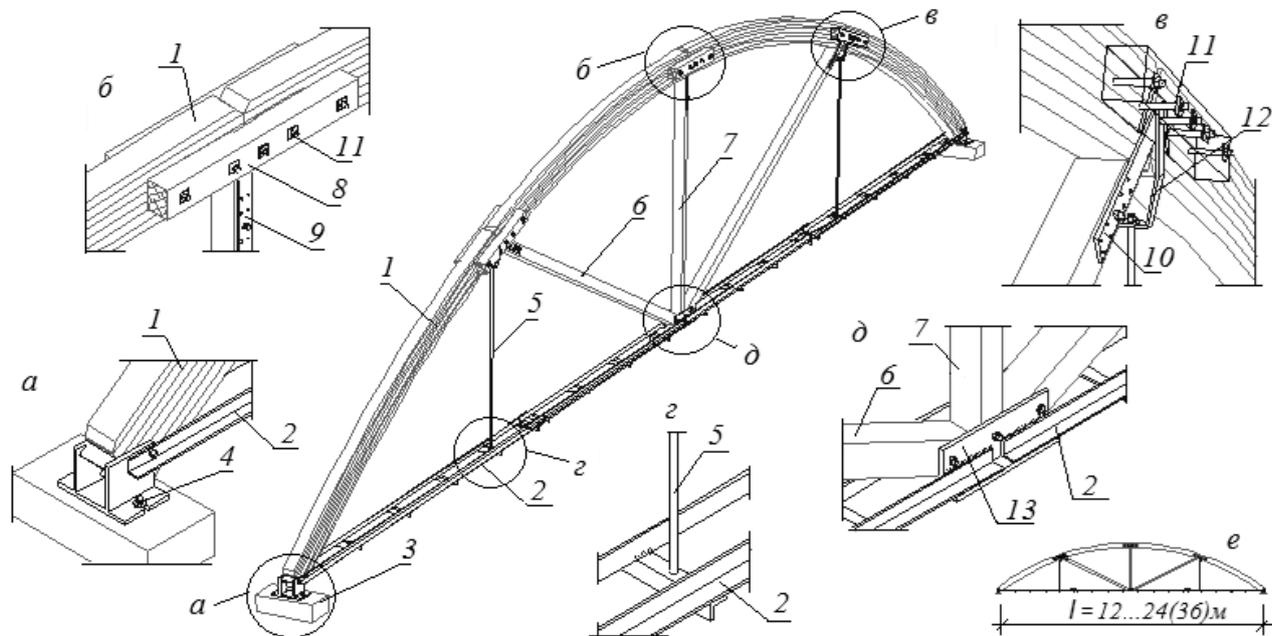


Рис. 16. Сегментна металодерев'яна ферма: *a...д* – вузли; *e* – схема; 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – опора зі сталевим башмаком; 4 – анкерні болти; 5 – підвіска; 6 – дощатий розкіс; 7 – стійка; 8 – дерев'яні накладки; 9 – сталева накладка з гвинтами; 10 – сталеві накладки; 11 – болти; 12 – хомут підвіски; 13 – накладки з великорозмірних кутиків

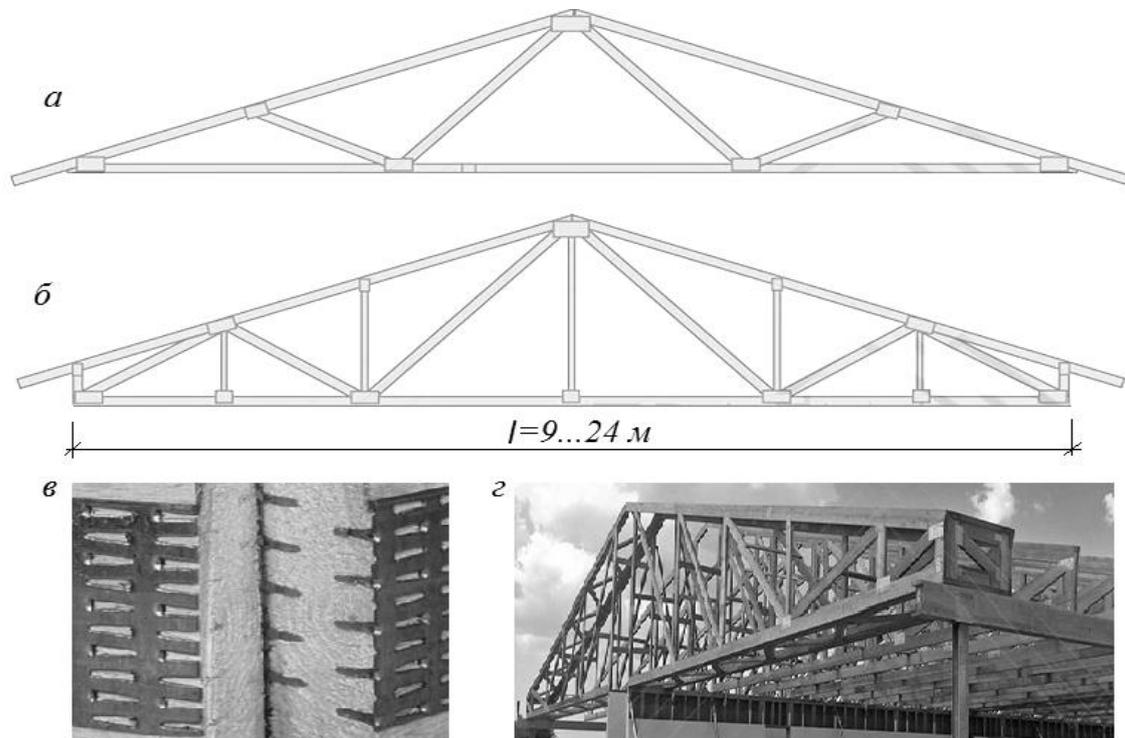


Рис. 17. Ферми на МЗП: *а* – трикутна; *б* – трапецієподібна; *в* – сталеві зубчасті пластини; *г* – загальний вигляд ферм

Ферми з вклеєними стержнями (рис. 18) відрізняються від традиційних цілою низкою особливостей. Завдяки застосуванню вклеєних стержнів вузли стають близькими до жорстких, на відміну інших типів ферм, де вони є шарнірними. У зв'язку з цим звичайний розрахунок за шарнірно-стержневою схемою неприпустимий. Такі ферми працюють за жорсткою схемою аж до утворення тріщин у клейових швах. Верхній та нижній пояси з'єднуються на великій ділянці, чим суттєво зменшується розрахункова довжина крайніх панелей поясів. Всі елементи у вузлах з'єднуються за допомогою вклеєних у деревину сталевих стержнів періодичного профілю, розташованих в один або два ряди. Стержні встановлюють в отвори просвердлені, зазвичай, перпендикулярно до осі верхнього поясу.

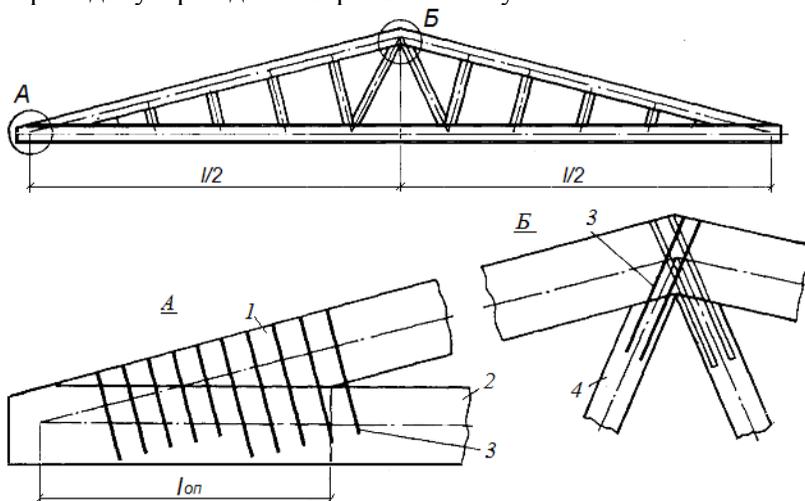


Рис. 18. Ферма на вклеєних стержнях: 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – вклеєні стержні; 4 – розкоси

До ферм будівельного виготовлення відносять ферми, елементи яких виконані з цільних неклеєних колод, брусів чи дошок з вузловими з'єднаннями на нагелях (болтах, цвяхах) або на лобових врубках. Нижній пояс ферми та розтягнуті елементи решітки виконують зазвичай зі сталі.

За контуром ферми будівельного виготовлення бувають

переважно трикутними та багатокутними. Зокрема, ферми на лобових врубках зазвичай мають трикутний або п'ятикутний контур. Схема решітки у цих фермах така, що дерев'яні розкоси виявляються стиснутими, а металеві підвіски - розтягнутими. Це дозволяє кріпити стиснуті розкоси до поясів за допомогою лобових врубок (рис. 19), в яких виникають тільки стискаючі зусилля. Розтягнуті підвіски з круглої сталі на одному мають різьбу з гайкою, що забезпечує можливість ущільнення вузлів при складанні ферм.

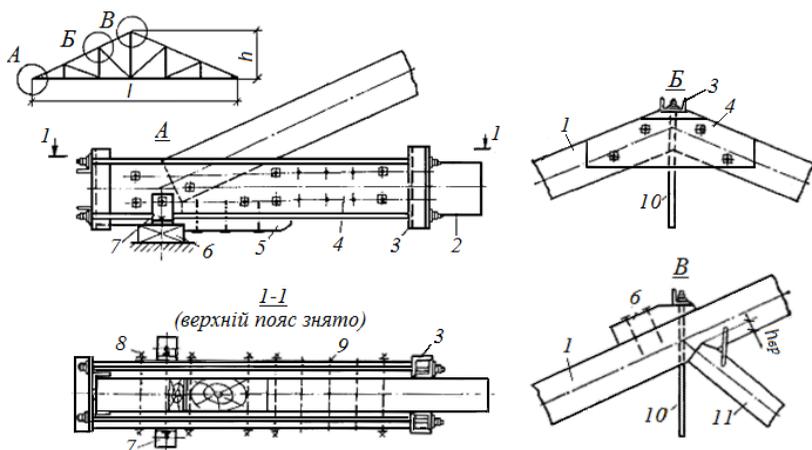


Рис. 19. Брусчата трикутна ферма на лобових врубках: 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – сталеві траверси; 4 – дощаті накладки; 5 – підбалка; 6 – подушка; 7 – сталеві елементи кріплення; 8 – болти; 9 – сталеві стержні; 10 – сталеві підвіски; 11 – розкіс

За багатокутного контуру ферм, що наближається до епюри моментів у простій балці, зусилля в панелях верхнього поясу мало змінюються до середини прольоту і в елементах решітки виникають невеликі зусилля. Тому верхній пояс та елементи решітки виконують з деревини, а нижній розтягнутий пояс - з профільної сталі. У п'ятикутних фермах при односторонньому сніговому навантаженні в розкосах поблизу середини прольоту можуть виникати розтягуючі зусилля і вони

можуть вимикатися з роботи. Тому, з метою збереження геометричної незмінності таких ферм, їх решітку забезпечують додатковими компенсуючими низхідними розкосами (рис. 20). При цьому, додаткові розкоси виконують з двох дошок, тоді як основні – з брусів.

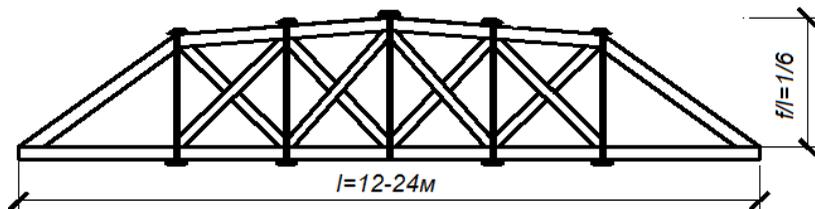


Рис. 20. П'ятикутна ферма на лобових врубках

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-27:2025. Промислові будівлі. Київ: Мінрозвитку громад та територій України, 2025. 64 с.
2. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 48 с.
3. ДБН В.2.2-43:2021. Будівлі та споруди. Складські будівлі. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2022. 25 с.
4. ДСТУ Б В.2.2-29:2011. Будівлі підприємств: параметри. Київ : Мінрегіон України, 2012. 10 с.
5. Барашиков А. Я. Будівельні конструкції : підручник для ВНЗ. Київ : Слово, 2011. 256 с.
6. Барашиков А. Я. Залізобетонні конструкції. Київ : Вища школа, 1995. 592 с.
7. Буга П. Г. Громадські, промислові та сільськогосподарські будівлі. Київ : Вища школа, 1985. 385 с.
8. Гринь І.М. Проектування та розрахунок дерев'яних конструкцій : довідник. Київ : Будівельник, 1988. 248 с.
9. Конструкції з дерева та пластмас. Приклади розрахунку та конструювання: навч. посібник / За ред. проф. В. А. Іванова. Київ : Вища школа, 1981. 392 с.

10. Коробко О. О., Лісенко В. А., Кушнір О. М. Архітектура промислових будівель та споруд : навч. посібник. Одеса : ОДАБА, 2012. 91 с.
11. Котеньова З. І. Архітектура будівель і споруд: навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2007. 170 с.
12. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 5. Промислові будівлі. Київ : Ліра-К, 2020. 816 с.
13. Мізак М.І. Архітектурні конструкції : навч. посібник. Харків : ХНАМГ, 2008. 198 с.
14. Пермяков В. О., Белов І. Д. Металеві конструкції. Ферми : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2006. 170 с.
15. Романенко І. І. Архітектура будівель і споруд : конспект лекцій навчальної дисципліни. Харків : ХНАМГ, 2011. 167 с.
16. Рускевич М. Л., Ткач Д. І., Ткач М. М. Довідник з інженерно-будівельного креслення. Київ : Будівельник, 1997. 264 с.
17. Царинник О. Ю. Металеві конструкції. Спецкурс : навч. посібник. Львів : Бескид-Біт, 2004. 304 с.
18. Володимирський В. О., Михайловський Д. В., Зубар Ю. Ю. Покриття будівлі по сталевих фермах : методичні вказівки до виконання курсового проекту. Київ : КНУБА, 2003. 40 с.
19. Попельнух В. М. Методичні вказівки і завдання до виконання курсових робіт з курсу «Проектування дерев'яних конструкцій» (для студентів 4 курсу денної форми навчання, 4-5 курсів заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» та для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 «Промислове і цивільне будівництво»). Харків : ХНУМГ, 2013. 65 с.
20. Ромашко В. М., Ромашко-Майструк О. В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Архітектура будівель і споруд (спецкурс) з курсовим проектом» на тему «Промислова будівля» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Промислове і цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (промислове та цивільне будівництво) всіх форм

- навчання [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2025. 45 с.
21. Ромашко В. М., Ромашко-Майструк О. В. Методичні вказівки до практичних занять та курсового проектування з навчальної дисципліни «Архітектура будівель і споруд (спецкурс) з курсовим проектом» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності G19 - «Будівництво та цивільна інженерія» (промислове та цивільне будівництво) всіх форм навчання. Частина 4. Балки покриття [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2026. 23 с.
 22. Методи виготовлення сталевих перфорованих двотаврових балок з регулярною та нерегулярною структурою отворів / Биків Д. та ін. Матеріали І-ї Міжнародної науково-технічної конференції *«ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»* присвяченої 80-ти річчю з дня народження професора Ч.В. Пульки». Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024. С. 73–79.