

УДК 624.014.27

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛЕВИХ КРОКВ'ЯНИХ ФЕРМ

**к.т.н. Чучмай С.М., к.т.н., доц., Коршак О.М., асп. Хабібুলін А.Н.
маг. Скарлат Е.Ю. (ОДАБА)**

анотація: в статті розглянута порівняльна ефективність металевих ферм з різних профілів (швелера, двотавра, труби та ін.) в різних поєднаннях та запропоновано використання круглих труб в конструкціях кроквяних ферм.

annotation: in the article comparative efficiency of metallic farms is considered from different types (channel, pipes but other) in different combinations and the use of round pipes is offered in the constructions of krokvyanikh farms.

ключові слова: ферми, кроквяні ферми, типові конструкції, профіль.

keywords: farms, krokvyani farms, typical constructions, type.

Сталеві ферми широко застосовуються в покриттях промислових і цивільних будинків, ангарів, вокзалів і т.п. великопролітні мости, радіовежі й щогли, опори ліній електропередачі й багато інших конструкцій виконуються у вигляді сталевих ферм.

Ферми в порівнянні із суцільними балками економічні по витраті металу, їм легко надають будь-які обриси, необхідні умовами технології, роботи під навантаженням або архітектури, вони відносно прості у виготовленні.

Ферми застосовують при найрізноманітніших навантаженнях; залежно від призначення їм надають найрізноманітнішу конструктивну форму - від легких пруткових конструкцій до важких ферм, стержні яких можуть компонуватися з декількох елементів великих профілів або листів. Найбільше поширення мають розрізні балкові ферми (рис.1) як найпростіші у виготовленні і монтажі. Нерозрізні (рис.1,б) і консольні (рис.1,в) системи ферм раціональні при великій власній масі конструкції, тому що в цьому випадку вони можуть дати значну економію металу. Крім того, нерозрізні ферми

можна застосовувати виходячи із вимог експлуатації, тому що вони мають більшу твердість і можуть мати меншу висоту.

Проміжними між фермою й суцільною балкою є комбіновані системи, що складаються з балки, посиленою або знизу підвишеним ланцюгом (шпренгельна балка) або наскрізною фермою, або зверху аркою або фермою (рис.1,ж). Розпір ланцюга або арки, а також підтримуючий вплив елементів ферми зменшують згинальний момент у балці. Комбіновані системи прості у виготовленні й раціональні у важких конструкціях, а також у конструкціях з рухомим навантаженням. Можливість використання в комбінованих системах дешевих прокатних балок сприятливо впливає на вартість і трудомісткість виготовлення цих систем.

Ефективність ферм і комбінованих систем можна значно підвищити, створивши в них попереднє напруження.

У фермах рухливих кранових конструкцій і покриттів більших прольотів, де зменшення ваги конструкцій дає великий економічний ефект, можливе застосування алюмінієвих сплавів.

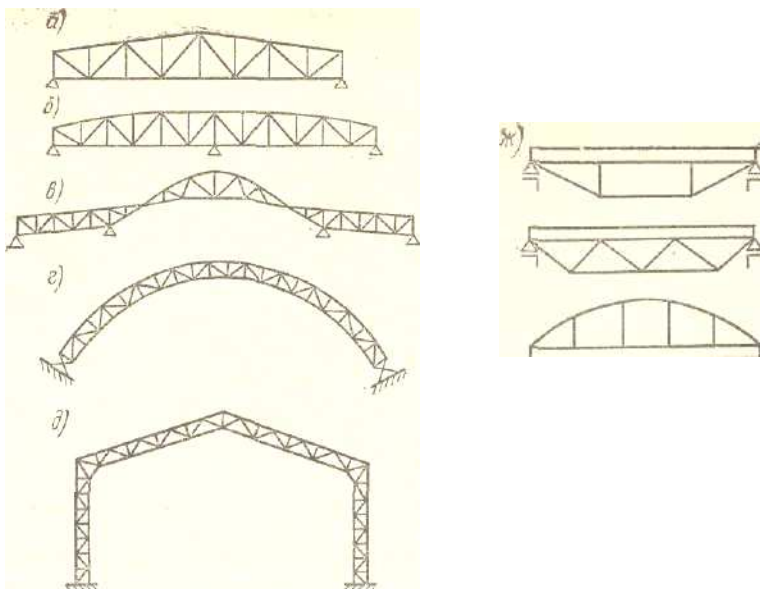


Рис.1. Системи ферм.

а)балочна, б)нерозрізна, в,г)консольна, д)рамна, ж)комбінована.

Критерієм оцінки економічної ефективності однотипних конструкцій являються показники по масі, трудомісткості виготовлення та вартості. Використання в конструкції як профілю іншого типу так і другої системи решітки впливає і на масу конструкції і на трудомісткість її виготовлення, і на вартість. В відомих нам досліджах ферм на протязі довгого часу залишався практично без змін тип профілю. Використовувалися одиночні і спарені в вигляді тавра кутики, зварні таври. Пізніше стали запроваджувати круглі труби, також давно відомий профіль, але в кроквяних конструкціях не використовувавсь. Це пояснюється тим, що теоретично найбільший ефект по економії металу в стиснутих стержнях може бути досягнутий при використанні в них перерізів в вигляді труби. Такий переріз в порівнянні з рівнополосним кутиком, тавром, двотавром має найбільші значення радіуса інерції, прийнятого для оцінки раціональності профіля при роботі в стиснутих стержнях.

Трубчаті профілі в конструкціях покриттів отримали широке розповсюдження, внаслідок раціонального використання металу при переході на трубчаті перерізи, що надає можливість при однаковій міцності знизити витрати сталі у порівнянні з крокв'яними фермами з кутиків на 20 %. Високі і однакові відносно будь-якої осі інерції радіуси, моменти опору, моменти інерції на кручення дозволяють в стержнях працюючих на стиск, ефективно використовувати сталі підвищеної і високої міцності.

Області використання типових конструкцій покриття з фермами з круглих труб та покриття з фермами з прокатних кутиків практично однакові. Завдяки “обтікаемій” формі перерізу і відсутності щілин і пазух на фермах з круглих труб не затримується волога та бруд, що дає можливість використовувати їх в приміщеннях з середовищем підвищеної агресивності. Труби найбільш тонкостінні, так як – дякуючи циліндричній формі, місцева стійкість забезпечена краще, ніж у плоских пластинах. Вузлові з'єднання ферм із труб можуть використовуватися без фасонки, що не тільки знижує трудомісткість виготовлення конструкцій, але і дозволяє зменшити загальне число сегментів майже вдвічі. І, насамкінець, трубчаті ферми мають приємний для ока зовнішній вигляд.

В будівлях з покриттям з плоских елементів в вигляді ферм з круглих труб зберігається традиційна конструкційна схема: на фермах що стоять на колонах, опираються прогони, по якимкладають настил, несучий покрівлю. Перехід на трубчаті перерізи дозволяє знизити

витрати сталі завдяки більш раціональному використанню матеріалу при однаковій міцності.

До вад трубчатих ферм відносяться деякі ускладнення вузлів, необхідність створення столиків для опирання плит або настилу при криволінійній формі перерізу. Труби коштують дорожче інших видів прокату, і необхідне техніко – економічне обґрунтування приміненню трубчатих ферм.

Дослідження, проведені при вивченні роботи як ферм вцілому так і окремих вузлів, присвячувались питанням впливу на роботу конструктивної форми вузлів, тонкостінності поясної труби, відношення діаметра розкосу і поясної труби, кута нахилу розкосу, величині напруження в пояській трубі тощо. Ряд досліджень присвячувався питанням визначення несучої здатності і розрахункових довжин стержнів з круглих труб.

Можливість влаштування в фермах з круглих труб безфасоночних вузлових примикань також знижує витрати металу і трудомісткість виготовлення. Однак відносно висока вартість труб та необхідність використання при виготовленні ферм спеціального дорогокоштуючого обладнання по фігурній різці і зварці профілів обмежує використання таких конструкцій.

З цих позицій більш ефективними є гнutoзварні профілі замкнутого перерізу. Прямокутні труби значно дешевше круглих, і в той же час вони мають якісні характеристики круглих труб. Але витрати матеріалу в таких фермах перевищують аналогічні витрати в фермах з круглих труб. З іншого боку, використання гнutoзварних профілів в фермах покриття дає стійку економію маси 12-20 % порівнянно з кутиковими фермами. В результаті досліджень виявилось, що ферми з гнutoзварних профілів найбільш ефективні при легкому навантаженні для прольотів 18 – 30 м, і при середньому навантаженні для прольотів 18 м. Для інших навантажень та прольотів вони поступаються по вартості фермам з таврів, а при важких навантаженнях – фермам з труб.

Досліджувалась і порівняльна ефективність використання названих профілів в різних поєднаннях. Так конструктивне рішення ферм з використанням таврів і решітки з одиночних кутиків в порівнянні з типовим рішенням ферм з поясами з таврів і в решітці з парних кутиків забезпечує зниження трудоемності виготовлення і вартості ферм на 25 % і на 10 % при збереженні рівних показників по масі. В порівнянні з фермами з кутиків зниження трудоемності виготовлення становить до 30 – 35 % при зниженні вартості витрати матеріалу до 10 %. Крім того, була підтверджена і ефективність ферм цього рішення у порівнянні з

фермами з одиноких кутиків з безфасонкового з'єднання і фермами типу "Молодечко" .

1050 2070			Ферма з круглих труб
1162 До сталі			Залізобетонна крокв'яна двоскатна решітчаста балка
1190 1825			Ферма з одиноких кутиків
1190 1825			Ферма з поясами з двотаврів і решіткою з прямокутних труб
1205 1915			Ферма з прямокутних гнutoзварних труб
1310 2035			Ферма з таврів і решіткою з одиноких кутиків
1340 2130			Ферма з таврів і парних кутиків
1385 2155			Ферма з поясами і решіткою з таврів
1485 2170			Ферма з стержнями парних кутиків
1500 2280			Ферма з одиноких кутиків

Рис 2. Показники витрат сталі несучих конструкцій покриття в кг при зовнішньому навантаженні $4,0 \text{ кН/м}^2$ (на одну конструкцію).

Примітка: в чисельнику значення для прольоту 18 м; в знаменнику для прольоту 24 м.

Слід відмітити і ті обставини, що система формоутворення в проведених дослідях принципово змінюється незначно. Нараховується обмежена кількість, як окреслень ферм так і систем решітки, які підлягали дослідженню в деяких напрямках: вивченню роботи названих профілів в встановлюваних схемах решітки – трикутній, розкісній, безрозкісній, перехресній, - з метою визначення найбільш ефективного варіанту; уточнено метод розрахунку окремих елементів; вивченню роботи вузлових з'єднань тощо. Ці дослідження приводили до конкретного збільшення несучої здатності як елементів, так і конструкцій вцілому, що дозволяє в результаті знизити їх металоемність. Однак цього зниження не було достатньо для того, щоб ефективно замінювати аналогічні залізобетонні конструкції покриття. На рисунку представлена зрівняльна оцінка металоемності кроквяних конструкцій прольотами 18 – 24 м при однакових навантаженнях (біля 4 кН/м^2). В число зрівнюваних конструкцій входить також кроквяна залізобетонна двоскатна решітчаста балка, що має найбільш масове використання в виробничих будівлях прольотами 18 м.

Література.

1. «Металеві конструкції» Клименко Ф.С., Барабаш В.М., Стороженко Л.І., Львів: «Світ» 2002 р.
2. «Металеві конструкції загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів» 2-е видання, Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білий С.І., Лавріненко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О./ Під загальною редакцією О.О. Нілова та О.В. Шимановського/ К.: «Сталь» - 2010 р.
3. «Каркасы зданий из легких металлических конструкций и их элементы» Л.В. Енджиевский, В.Д., Наделеяев, И.Д. Петухова, Москва, 1998 г.
4. «Алгоритмы расчета стальных конструкций» Е.В. Горохов, В.Ф. Мушанов, А.М. Югов, С.В. Колисниченко, В.Н. Васильев, Москва 1989 г.
5. «Металлические конструкции» 10-е издание под редакцией Ю.И. Кудишина, Москва 2007 г.