

УДК 725

Гетун Г.В., Криштоп Б.Г., Чирва Т.Л.

РАЦІОНАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРИТТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ ШВИДКОГО ЗВЕДЕННЯ

Зростаючий в Україні розвиток ринкової економіки сприяє поступовому відновленню різних галузей промислового виробництва та пошуку ефективного збуту виготовленої продукції. У зв'язку з цим з'явилась необхідність у будівництві в населених пунктах нових типів будівель швидкого зведення, функціональним призначенням яких є максимальне розповсюдження виставкової та рекламної інформації, а також торгівельна реалізація виготовленого промислового продукту. Разом із тим, у сучасній світовій практиці будівлі швидкого зведення широко використовуються для значних за площею культурно-розважальних центрів, складських терміналів, ангарів різного призначення тощо.

За видом конструктивних систем і основного будівельного матеріалу, з якого виконуються несучі остови будівель швидкого зведення, безперечна перевага належить металевим каркасам. Висока ефективність їх зведення забезпечується заводською заготовкою збірних металевих елементів, менш енергетичним, у порівнянні з залізобетонними конструкціями, їх транспортуванням до лінії будівництва та меншою трудомісткістю їх монтажу. До суттєвих переваг будівель швидкого зведення треба також віднести універсальність адаптації при використанні їх для різних технологій будівництва та “зворотність” при необхідності повторного використання їх конструкцій.

За об'ємно-планувальними рішеннями сучасні будівлі швидкого зведення мають переважно прямокутний або квадратний план і бувають:

- дво-, триповерховими та 3...4-погінними з модульними сітками координатних осей каркаса 6х6 м і 6х9 м;
- одноповерховими з двома, трьома паралельними прогонами, уніфікованими за розмірами від 18 до 36 м;
- одноповерховими з одним великим зальним приміщенням із розміром прогону до 100 м. Такі будівлі зводяться тоді, коли внутрішні колони небажані за архітектурно-планувальними задумами або заважають розміщенню технологічного або торгівельного обладнання.

У дво- та триповерхових будівлях швидкого зведення несучим остовом є стійково-балковий каркас, який складається із металевих колон і ригелів. Залежно від розмірів прогонів, висоти приміщень та розрахункових навантажень вказані елементи каркаса виконуються із відповідних за перерізом металевих прокатних профілів: двотаврових для балок і двотаврових або складених із двох з'єднаних між собою швелерів – для колон. “Легкі” холоднокатані металеві профілі можуть використовуватись у каркасах із

прогонами менше 6 м, а також для влаштування стінових систем навісних фасадів.

В одноповерхових будівлях швидкого зведення з паралельними прогонами та сіткою осей колон 6х9 м, 6х12 м і 6х15 м для покриттів використовуються металеві зварні балки або металеві ферми. У будівлях з прогонами 6х18 м, 6х24 м, 6х30 м і 6х36 м – використовуються металеві стійково-розкісні ферми різноманітні за фронтальним окресленням, а саме: трикутні, трапецієподібні, сегментні та з паралельними поясами.

В одноповерхових будівлях швидкого зведення з одним великопрогінним зальним приміщенням (прогін якого перевищує уніфіковані розміри і може досягати 100 м) також використовуються гратчасті металеві ферми, виконані за індивідуальним спецзамовленням. За контурним окресленням такі ферми бувають: трапецієподібними; з ламаним провисаючим або звищеним нижнім поясом; із лінзоподібним контуром, у яких циркульно-криволінійні пояси з'єднуються на опорах.

Металеві зварені балки та ферми виготовляють, як правило, в заводських умовах. Стінки, полицьки та ребра жорсткості зварених двотаврових балок виготовляють із листової сталі товщиною не менше 8 мм. Для металевих ферм на заводах заготовлюють збірні секції довжиною на 2...3 панельні відстані між вузлами, з яких на будівельних майданчиках зварюють ферми заданої довжини. Для уніфікації прогонів пояси, стійки і розкоси ферм виконують із здвоєних прокатних кутиків. При прогонах більше 36 м ферми виготовляють переважно із сталевих трубчастих або коробчастих елементів, що зменшує витрати сталі на 20...30% у порівнянні з фермами із прокатних профілів.

Суттєвим недоліком сталевих ферм є необхідність їх періодичного антикорозійного пофарбування та підвищення протипожежного захисту.

У сучасній закордонній будівельній практиці досить розповсюдженим є використання ферм, виготовлених із алюмінієвих сплавів. Для будівельних конструкцій використовують сплави з магнієм (магналії), які відрізняються здатністю до зварювання та високою корозійною стійкістю; сплави з магнієм та силіцієм (авіалії); сплави з міддю та магнієм (дюралюміні), що мають високу міцність, але меншу корозійну стійкість порівняно з магналіями. Основними перевагами конструкцій з алюмінієвих сплавів є висока стійкість до корозії та відносно невелика їх густина – 2700 кг/м^3 проти густини сталі 7850 кг/м^3 . Тому алюмінієві ферми доцільно використовувати для покриттів із прогонами більше 36 м. Як недоліки алюмінієвих сплавів слід зазначити низький модуль пружності ($7,1 \cdot 10^4 \text{ МПа}$), високий коефіцієнт лінійного розширення ($21 \cdot 10^{-6} \dots 26 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$), відносну складність з'єднання конструкцій та високу собівартість по зрівнянню із сталевими конструкціями, що стримує їх широке використання в Україні.

Покриття по металевих балках або фермах влаштовують у будівлях швидкого зведення, як правило, легкого типу без використання важких

залізобетонних ребристих плит. Замість них на верхню полицку основних балок або на вузли верхнього поясу ферм обпирають поздовжні металеві балки (прогони) із прокатних швелерів, на які кладуть упоперек металевий профільований настил або хвилясті чи плоскі азбестоцементні листи. Залежно від довжини та жорсткості застосованого настилу відстань між прогонами приймається 1,5 або 3,0 м. При 1,5-метровому спиранні поздовжніх балок на верхній пояс ферм у конструктивне рішення ферм вводиться система шпренгельних ґрат.

Для теплоізоляції легких покриттів використовуються ефективні утеплювачі із пінополістиролу, пінополіуретану або мінеральної вати, які поставляють на будівельні майданчики у пакетному вигляді.

Гідроізоляційний килим покрівлі влаштовують із рулонних матеріалів по шару армованої цементно-піщаної стяжки товщиною 30...50 мм, якою вирівнюється поверхня утеплюючого шару.

Більш індустріальним є метод зведення легких покриттів з використанням покрівельних “сандвіч-панелей”, які спираються безпосередньо на прогони. У сучасному будівництві використовуються переважно два види покрівельних панелей – каркасні та без каркасні. Каркасні покрівельні панелі складаються із конструктивної рамки із металевих або азбестоцементних профілів, якою обкантовують пакети із мінеральної вати або плит із пінополіуретану. З плоских сторін панельний утеплювач обрамовується листами із азбестоцементу, алюмінію або тонколистової сталі з антикорозійним покриттям.

Горизонтальні стики між каркасними панелями влаштовуються над поздовжніми балками способом заведення гребня нижньої панелі в паз вище розміщеної панелі. Для більшої герметичності стики опоряються вкладишами із плитного утеплювача та ущільнюються будівельними герметиками на основі поліуретану, бітуму або каучуку. Стики між панелями у напрямку схилу покрівлі виконуються у вигляді швів прямокутного перерізу, які також заповнюються вкладишами із утеплювача та герметизуючою мастикою. Використання таких панелей для влаштування покрівлі по фермах з паралельними поясами не рекомендується із-за можливості протікання між панельних стиків.

Безкаркасні покрівельні панелі типу “сандвіч” складаються із плитного пінопласту, фіброліту тощо, обклеєного зверху та з боків руберойдом, а знизу – металевим профільованим настилом. Покрівельний гідроізоляційний килим наклеюється на руберойдну поверхню панелей після ущільнення швів між ними пластично-томпонажним цементно-піщаним розчином.

До полегшених покриттів, які доцільно влаштовувати в будівлях швидкого зведення, слід також віднести розпірні струнні покриття і покриття з тросовими фермами та безрозпірні покриття перехресно-стрижньового типу.

Струнні покриття є різновидом полегшених попередньо напружених вантових покриттів. Струни, тобто дротяні ванти, можуть розміщуватися в покритті паралельно, що дозволяє перекривати зали з прямокутними або квадратними формами планів.

Кінцеві кріплення вантових струн до протилежних лінійних опорних контурів повинні обладнуватися гвинтовими натягуючими пристроями. Для утримання значного розпору від натягу струн опорні контури повинні влаштовуватися на жорстких просторових структурах або на колонах із заанкереними в ґрунт відтяжками.

Попереднє напруження струн сприяє забезпеченню достатньої жорсткості прогінної частини висячого покриття. Разом із тим, навіть значне натягнення струн не виключає деякого їх провисання під дією ваги покрівлі, снігового покриву, ожеледі та вітрового тиску. Саме це обмежує величину прогонів для струнних покриттів розмірами не більше 12 м. Розміщення посередині прогону додаткового опорного контуру для вільної підтримки струн дозволяє удвічі (до 24 м) збільшити ширину зального приміщення за будь-якою його довжиною. При паралельному розміщенні горизонтальних струн включення додаткового опорного контуру у вигляді рами не викликає особливих конструктивних та експлуатаційних ускладнень.

Можливість виникнення в струнних покриттях від навантажень деяких деформацій потребує влаштовувати для них виключно еластичні покрівлі. Для цього в покрівельних конструкціях доцільно застосовувати легкий металевий профільований настил, розміщений гофрами поперек струн, утеплювач із плитного пінопласту та еластичний рулонний килим, або використовувати покрівельні безкаркасні панелі.

Полегшені покриття з тросовими фермами доцільно використовувати в будівлях швидкого зведення з розмірами прогонів великопрогінних зальних приміщень до 100 м.

Тросова ферма складається з верхнього вигнутого вниз несучого тросу і нижнього вигнутого вверх стабілізуючого тросу, натягнення яких здійснюється стрижньовими розкосами, що створює у фермі попереднє напруження. В покриттях із тросовими фермами використовується переважно профільований металевий настил, легкий утеплювач і рулонний гідроізоляційний килим. Враховуючи те, що профільований настил має обмежену прогінну жорсткість, планувальний крок між тросовими фермами приймається в межах 3...4 м. До колон тросові ферми припасовуються металевими розпірними стійками, які

влаштовуються на обох кінцях ферм між верхнім і нижнім поясами. Колони, до яких закріплюються тросові ферми, повинні мати заанкерені відтяжки.

Перехресно-стрижньові покриття доцільно влаштовувати над великопрогінними зальними приміщеннями з компактною формою плану у вигляді квадрату, багатокутника вписаного в коло, рівностороннього трикутника, що забезпечує більш рівномірний розподіл зусиль в їх стрижньових елементах.

Перехресно-стрижньові структури покриттів утворюються із умовно вертикальних або похило розташованих металевих розкісних ферм з паралельними поясами, які перетинаються у двох напрямках під кутом 90^0 , або у трьох напрямках під кутом 60^0 . На верхній і нижній площинах стрижні утворюють своєрідні сітки з квадратними або трикутними комірками. У кожній структурі верхня і нижня сітки зміщені одна відносно другої на половину комірки, що утворює в покриттях три- або чотиригранні стрижньові піраміди з основами і вершинами, розміщеними, як на верхніх, так і на нижніх площинах цілісних стрижньових структур.

Виготовлення стрижнів для таких покриттів виконується із трубчастих елементів або прокатних профілів із сталі чи алюмінієвих сплавів. Головною вимогою для виготовлення перехресно-стрижньових покриттів є застосування в них мінімальної кількості типорозмірів стрижньових елементів та деталей для вузлових кріплень.

Вузли з'єднання трубчастих стрижнів виконуються електрозварюванням або вгвинчуванням різьбових стрижньових наконечників у многогранні конектори або порожнисті кулі. Вузли з'єднання стрижнів із металевого прокату виконуються за допомогою штампованих фасонів і болтових кріплень.

При спиранні перехресно-стрижньових покриттів на колони над ними влаштовують стрижньові пірамідальні або жорсткі хрестові капітелі із прокатних профілів. На такі капіталі колон спираються три або чотири стрижні структурного покриття, що покращує розподіл зусиль в стрижньовій структурі.

Покрівлі на плоских перехресно-стрижньових покриттях влаштовують з використанням легких будівельних матеріалів і виробів. В якості огороження використовують, як правило, полегшені каркасні панелі, відповідного у плані окреслення.

Покрівельні каркасні панелі можна класти безпосередньо на верхні стрижні ґратової структури, які у цьому випадку потребують підсилення. Їх можна розміщувати також на додаткових балках (прогонах), укладених поверх структури, але найбільш раціональним є спирання покрівельних панелей на спеціальні металеві столики, які вгвинчують в деталі вузлових з'єднань. Після монтажу покрівельних панелей шви між ними накривають смугами із тонколистової сталі та склотканини. На вирівняну таким чином поверхню

наклеюють водоізоляційний рулонний килим. На таких покриттях з нормативним схилом до 2% можна при необхідності влаштовувати дахи-ванни або світлові ліхтарі зенітного типу. Плоска нижня поверхня перехресно-стрижньових покриттів дозволяє влаштовувати в залах підвісні стел декоративного або акустичного призначення.

Наявність в перехресно-стрижньових покриттях несучих елементів, що перетинаються, дозволяє передавати навантаження від покриття на опори не в одній вертикальній площині, як у площинних конструкціях, а одночасно у двох і навіть у трьох вертикальних площинах. Це суттєво зменшує величину зусиль і прогинів у цих конструкціях, що дозволяє зменшити їх конструктивну висоту від 1/15 до 1/24 величини прогонів залежно від виду перехресно-стрижньової структури покриття та форми плану зальних приміщень. Враховуючи те, що вага перехресно-стрижньових покриттів з легкими огорожувальними конструкціями може бути доведена до 6...8 Н/м² їхньої поверхні, це дозволяє перекривати такими покриттями велико прогінні приміщення з розмірами планів навіть більше ніж 100х100 м.

Із-за невеликої ваги перехресно-стрижньових структур, їх можна попередньо збирати на нульовій відмітці зального приміщення з наступною установкою на проектну відмітку за допомогою поліспастів. За прогресивною технологією конвеєрний монтаж стрижньових структур проводять також прямо “з коліс” з використанням виготовлених на заводі блок-секцій, які включають до 10 стрижньових пірамід.

Впровадження у практику будівництва легких металевих конструкцій та швидкісних методів їх монтажу буде сприяти будівництву в населених пунктах України будівель швидкого зведення, необхідних для зростаючої промислово-господарської діяльності та розширення мережі торгівельних, спортивних та культурно-розважальних комплексів для населення.

Список літератури

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель. – К., КОНДОР, 2003. – 210 с.
2. Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В. и др. Металлические конструкции. В 3 т. – М., Высш. шк., 2001.
3. Дятков С.В., Михеев А.П. Архитектура промышленных зданий. – М., Издательство Ассоциации Строительных вузов, 1998. – 480 с.
4. Енджиевский Л.В., Надеяев В.Д., Петухова И.Я. Каркасы зданий из легких металлических конструкций и их элементы. – М., Издательство Ассоциации Строительных вузов, 1998. – 246 с.

5. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М., Шарапенко В.Г. Проектирование жилых и общественных зданий. – М., 1998. – 400 с.

6. Попова О.М. Состояние производства полносборных зданий из легких металлических конструкций (США): Экспресс-информ. Зарубежный и отечественный опыт. Сер. Строительные конструкции и материалы. – М., ВНИИНТПИ Госстроя СССР, 1991. Вып.5. С.15-17.

7. Трофимов В.И., Микулин В.Б., Прицкер А.Я. и др. Мембранные конструкции зданий и сооружений. – К., Будівельник, 1986, 177 с.

Анотація

У статті розглядаються питання особливостей проектування покриттів будівель швидкого зведення з металевим каркасом. Наведена їх класифікація та характеристики основних несучих і огорожувальних конструкцій. Розглядаються основні переваги та недоліки будівель швидкого зведення. Аналізуються різні типи об'ємно-планувальних рішень будівель швидкого зведення та раціональні види їх покриттів і покрівель.

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы особенностей проектирования покрытий зданий быстрого возведения с металлическим каркасом. Приведена их классификация и характеристики основных несущих и ограждающих конструкций. Рассматриваются основные преимущества и недостатки зданий быстрого возведения. Анализируются разные типы объемно-планировочных решений зданий быстрого возведения и рациональные виды их покрытий и кровель.