УДК 624.014

Нові конструктивні рішення легких конструкцій одноповерхових промислових будівель

Божко В.А., к.т.н.

ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», Україна

Анотація. В статті розглядаються нові захищені патентами України рішення легких конструкцій одноповерхових промислових будівель, а саме: ферм і наскрізних колон, також розглядаються питання їх розрахунку із застосуванням комп'ютерних програм з урахуванням розрахункових схем та їх конструктивних особливостей.

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются запатентованные в Украине решения легких конструкций одноэтажных промышленных зданий, а именно: ферм и сквозных колонн, а также вопросы применения существующих компъютерных программ, которые в расчете учитывают конструктивные особенности предложенных решений.

Abstract. The article highlights new structural solutions of the light-weight industrial buildings patented in Ukraine, namely: the trusses and the columns, as well as the matters of their design when using the existing computer programs taking into account the analytical models and their structural differences.

Ключові слова: металеві конструкції, легкі ферми, двогілкова наскрізна колона, кутики.

В останні роки в промисловому будівництві, практично повсякденно, застосовуються металеві конструкції. І якщо в будівництві цехів великих розмірів із багатотонними мостовими кранами конструктивні елементи за останні 50…70 років мало змінилися, то такі елементи в легких конструкціях одноповерхових промислових будівель зазнали суттєвих змін.

Традиційним елементом покриття промислової споруди була і залишається ферма, яка багато років, переважно, виконувалася зі спарених кутиків, які обов'язково мали бути зцентровані в вузлах, внаслідок чого з'єднання в вузлах виконувалося за допомогою фасонок, а також багатьох елементів так званих «прокладок» між спареними кутиками. Кращого рішення для виникнення корозії знайти важко, але останнє застосовувалося протягом 100 років, і, на жаль, сьогодні ще продовжує застосовуватись.

В останні роки були спроби використання для елементів ферми холодногнутих зварних прямокутних профілів. У деякій мірі вони застосовуються і сьогодні завдяки наявності в республіці Білорусь у м. Молодечно заводу з виготовленню таких профілів. Але їх сортамент

обмежений, і профілі мають поперечні перерізи невеликої площі. Виготовлення цих ферм передбачає спеціальне обладнання зі зрізом останнього під різними кутами, що збільшує трудомісткість виробництва таких ферм. Далі буде розглянута ефективна пропозиція часткового використання конструкції такої ферми з застосуванням сортаменту Європейських держав та Сполучених Штатів Америки.

Були рішення стосовно використання для елементів важких ферм двотаврових прокатних профілів, але широкого застосування такі рішення сьогодні не мають.

І раніше, а деколи і сьогодні, для легких ферм використовували одиночні кутики, які створювали несиметричну в поперечному перерізі ферму, внаслідок чого елементи ферми сприймали дію моментів у площині та кручення з площини навантаження.

Головною проблемою щодо конструювання ферми раніше була вимога центрації в кожному вузлі всіх елементів решітки, які з'єднуються в цьому вузлі. Ця вимога пояснювалася необхідністю точності статичного розрахунку, оскільки поява моменту в вузлі ускладнювала розрахунок та вимагала виконувати розрахункову схему в вигляді стрижнів із жорстким з'єднанням у вузлі, замість стандартного шарнірного.

Перехід сьогодні на статичні розрахунки ферм за допомогою ПК за стандартними програмами, такими як SCAD, Staad, Ram Advance, Autodesk Robot Structural Analysis та інші, в яких початкова розрахункова схема передбачає жорсткі вузли з'єднання елементів, спростила до мінімуму трудомісткість розрахунку і, головне, довела інженеру-проектувальнику, що реально необхідні ексцентриситети в вузлах ферм створюють підвищення напруги в елементах внаслідок наявності моменту не більше, ніж на 5 %.

ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу», п. 1.13.3 «Ферми і структурні плити покриття», дуже обережно не заперечують можливість ексцентриситету в вузлах ферм. Але, на жаль, весь розділ цього пункту «забуває», що розвиток і застосування сучасних обчислювальних комп'ютерних комплексів дозволяє виконувати розрахунки об'єктів будь-якої складності, і спрощувати роботу інженеру-проектувальнику або, взагалі, комп`ютеру зовсім не потрібно. 10.07.2009 р. групі авторів у складі Шимановського О.В., Перельмутера А.В. та Божка В.А. було видано патент України на вихід № 87372 «Ферма з одиночних кутиків». До складу такої ферми входять верхній та нижній пояси та решітка, при цьому, на противагу відомій фермі з одиночних кутиків, верхній та нижній пояси в запропонованій фермі розташовані симетрично у вертикальній площині

ферми, при цьому полиці кутиків верхнього поясу розташовані похило під кутом 45^0 вниз, а, відповідно, нижнього поясу – 45^0 вгору; елементи решітки розташували між верхнім та нижнім поясами так, що їх обушки співпадають з обушками поясів і розташовані на вертикальній осі симетрії ферми (рис. 1). Суттєвою особливістю ферми є практична відсутність в ній фасонок. З'єднання елементів решітки у вузлах відбувається з технічними ексцентриситетами (тобто з ексцентриситетами, які забезпечують надійність та технологічність виконання зварювання у з'єднанні).

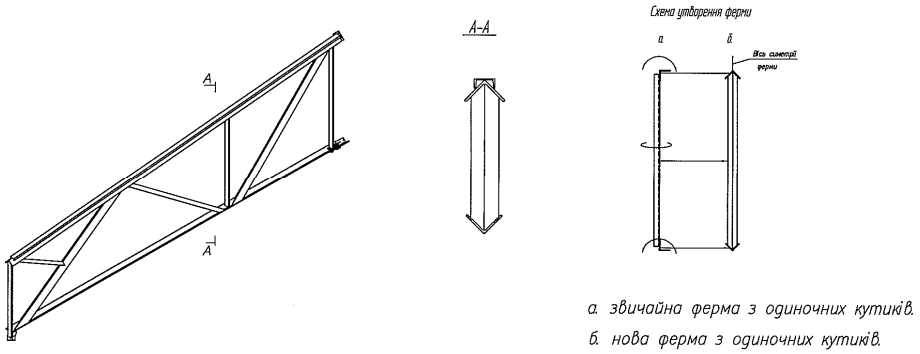

Рис. 1. Симетрична напівферма з одиночних кутиків

Сьогодні, в зв’язку з вимогою центрації вузлів, застосовуючи в розрахунках ПК та відповідні програми розрахунку, можна з упевненістю сказати, що єдина вимога, хоч до ферм, хоч до конструкції типа балки Веренделя, є вимога відповідності розрахункової схеми конструктивному рішенню, що повністю відповідає ГОСТ 2.7751-88 (СТ СЭВ 384-87) із доповненнями від 21.12.93 р. «Надежность строительных конструкций и оснований», п. 1.6.

Значення цих ексцентриситетів відображається при автоматичному створенні розрахункової схеми з попередньо намальованої фактичної конструкції ферми. Подальший розрахунок навантаженої ферми надає в усіх елементах повздовжнє зусилля $N_Ж$ (жорсткі вузли) та згинальний в елементах момент M. Як показує досвід комп'ютерного розрахунку, зусилля $N_Ш$ (шарнірні вузли) в елементах більше зусилля $N_Ж$. Розрахункові напруги $\sigma_ш$ від повздовжнього зусилля $N_Ш$ при M=0 та $\sigma_ж$ від повздовжнього зусилля $N_ж$, а також $M \neq 0$ мало чим відрізняються, таким чином, економічний ефект цього конструктивного рішення для легких ферм передбачений.

Повертаючись до конструкції легкої ферми з трикутниковою решіткою з гнутозварних квадратних профілів слід визнати її як ферму прогресивного рішення, але її використання обмежене внаслідок застосування сталевих гнутих замкнутих зварних квадратних та прямокутних профілів за ГОСТ 30245-2003, які мають поперечний переріз площею тільки до 132,1 см^2. Висока і трудомісткість виготовлення цих ферм внаслідок виготовлення елементів трикутної решітки при косому (не ортогональному до осі елемента) зрізу.

Суттєво поліпшується конструкція, в деякій мірі, схожої ферми при виконанні останньої з поясів із застосуванням аналогічних ГОСТ 30245-2003 профілів OTUA, які мають площу до 297,13 см^2, профілів ASTM площею 466,98 см^2 та профілів EN 10210 (UK) площею 1014,796 см^2 (розмір перерізу 700х700 мм із товщиною 40 мм), які дають можливість виконувати запропоновані ферми практично при будь-якому навантаженні з прогоном до 48 метрів.

В таких фермах між поясами, безпосередньо, з певним кроком, приварені стійки, виконані з таких самих або менших профілів. Решітка ферми, яка передбачена переважно в зоні з великим поперечним зусиллям, виконана з 2-х кутиків. Кутики приварюються безпосередньо до відповідних вертикальних площин верхнього та нижнього поясів ферми. Таким чином, всі діагональні розкоси, які за схемою встановлення розтягнуті, дозволяють бути виконаними з 2-х паралельних кутиків із високонадійною приваркою останніх по обушку та перу. На рис. 2 зображена ферма з гнутозварних замкнутих профілів, із розкісною частковою решіткою з кутиків. Комп'ютерний моніторинг схеми зусиль ферми та навантажень дозволяє оптимально ставити розтягнуті діагональні елементи, починаючи з зони більшого поперечного зусилля (від опори).

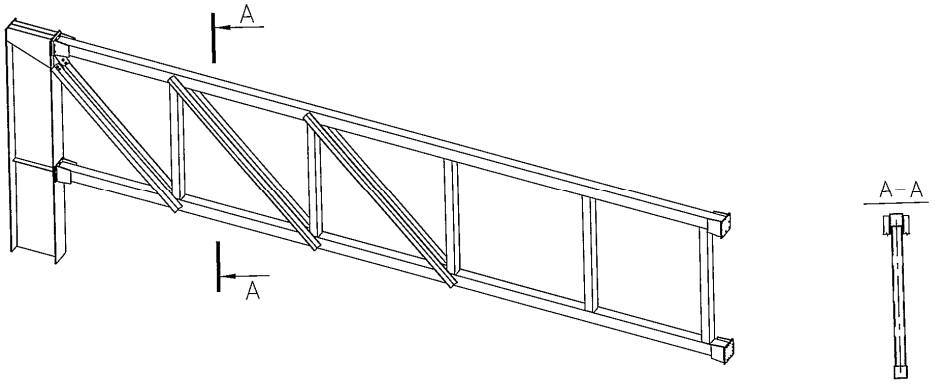

Рис. 2. Загальний вигляд напівферми з розкісною частковою решіткою

Таким чином, запропонована на одержання патенту України заявка на винахід № 201301218 від 01.02.2013 р. «Ферма з гнутозварних замкнутих профілів з розкісною частковою решіткою з кутиків» (автор Божко В.А.) може бути застосована для покриття промислової споруди зі спиранням на ферми безпосередньо профільованого сталевого настилу, або з вузловим спиранням на них інших елементів покриття, наприклад, шпренгелів за деклараційним патентом на винахід № 2001042397 від 10.04.2001, автори Шимановський О.В. та Божко В.А.

Другим за відповідальністю елементом промислової одноповерхової будівлі після ферми є колона. При достатньо великих параметрах будівлі, наявності вантажопідйомних кранів останні виконуються з двох гілок, з'єднаних решіткою, виконаною за трикутниковою схемою. Решітку встановлюють переважно по габариту гілок в двох площинах. Суттєвим недоліком таких колон є багатоелементність внаслідок фасонок, які приварюються по габариту гілок, при цьому габарити обох гілок повинні бути однаковими. Деякі двогілкові наскрізні колони, переважно в легких одноповерхових будівлях, мають решітку з кутиків, розташованих по осі перерізу гілок. Але ці колони мають по осі гілок фасонки для кріплення кутиків решітки, що в деякій мірі зменшує просторову жорсткість колони та вимагає встановлення діафрагм.

Для вдосконалення конструкцій двогілкової наскрізної колони була запропонована колона з решіткою, виконаною з одиночних кутиків, які розташовані в плані перерізу колон симетрично осі колони, що проходить через дві гілки. Кутики розміщені по осі решітки обушком догори. По лінії дотику кутика з гілками колони полиці кутика зрізані і безпосередньо приварені до гілок колони («Двогілкова наскрізна колона». Патент України на винахід Na 2010 10011 від 13.08.2010, автор Божко В.А.).

В запропонованому рішенні дві гілки колони можуть бути різними за габаритом, що дуже суттєво для конструкції. Гілки колони з'єднуються по осі колони трикутною решіткою з кутиків, розташованих обушками догори, при цьому полиці кутиків мають похил 45^0 від вертикалі. По лінії дотику полиць кутика з гілками полиці кутика зрізуються та приварюються кутковими швами з двох сторін безпосередньо до гілок (рис. 3). Найбільш оптимальний кут похилу решітки 45^0. Це забезпечує надійність та жорсткість з'єднання, оскільки довжина швів перебільшує довжину полиці кутика на 40 %. Ексцентриситет решітки в вузлах приварення до гілок створює деякий місцевий вузловий момент, але оскільки таких моментів достатньо багато, то, як показують виконані з застосуванням ПК розрахунки напружено-деформованого стану колони, останній викликає збільшення напруги не більше 5 %.

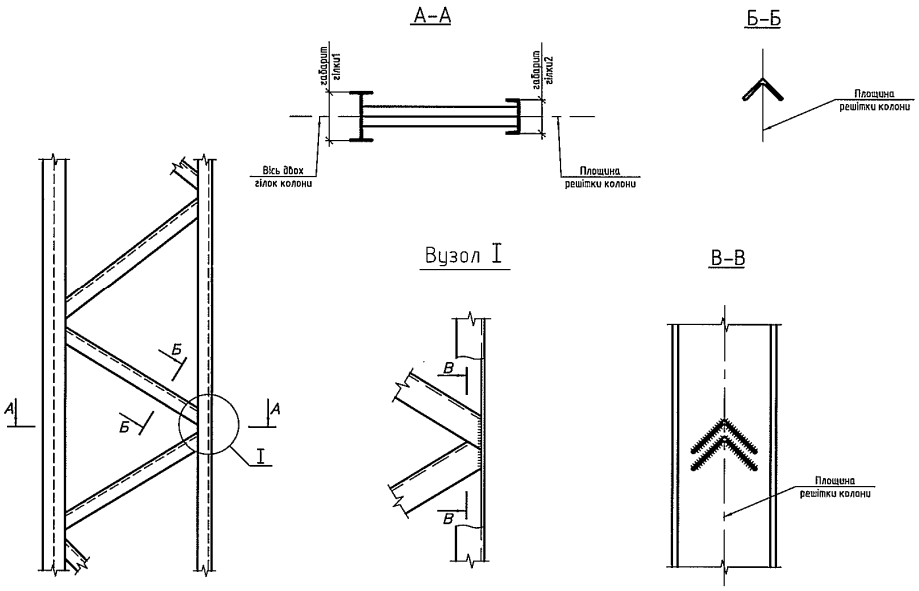

Рис. 3. Двогілкова наскрізна колона з одноплощинною решіткою

Взагалі, приварювання кожного кутика до гілки колони шириною 1,4 полиці кутика практично створює діафрагму наскрізної колони, яка підвищує просторову жорсткість та надійність її роботи.

Висновки

1. Основними конструкціями одноповерхових промислових будівель є ферми та колони, і від раціональності, трудомісткості та економічності їх вирішення залежить ефективність всієї споруди.

2. Конструкції ферм та наскрізних колон треба виконувати безфасонними у вузлах, за винятком вузлів спирання конструкції та їх монтажного з'єднання, використовуючи запропоновані рішення.

3. Виконання основних конструктивних елементів (ферм, колон) треба вирішувати з оптимально ефективними і раціональними конструктивними рішеннями, незважаючи на ексцентриситети в вузлових з'єднаннях елементів. Існуючі комп'ютерні програми статичних розрахунків конструкцій не потребують ніяких спрощень, які, на жаль, передбачають ДБН В.2.6-163:2010 і враховують як фактичну жорсткість вузлів, так і фактичні ексцентриситети.

4. При достатньо великих прогонах та навантаженнях ефективним є використання гнутозварних прямокутних коробчастих профілів за схемою, яка дозволяє ефективно використовувати ці профілі в роботі на тиск та згин при великій повздовжній жорсткості, та прокатних кутиків, які сприймають виключно розтяг та встановлюються в зонах великого поперечного зусилля в фермі. Найбільший ефект застосування таких ферм може бути досягнутий при використанні гнутозварних коробчастих профілів Британського сортаменту EN 10210 (UK).

Надійшла до редколегії 23.05.2013 р.