

УДК 624.014

**В.М. Першаков**, к.т.н., проф.  
**Л.М. Коцюбинська**, студ.  
**І.П. Лоза**, студ.  
**Т.А. Місірук**, студ.

## ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ОДНОПОВЕРХОВИХ МЕТАЛЕВИХ РАМНИХ КАРКАСІВ

Узагальнено та проаналізовано конструктивні рішення одноповерхових металевих рамних каркасів промислових, цивільних і сільськогосподарських будівель за останні 20 років. Виявлено найбільш ефективні конструкції і напрям їх розвитку.

Summarizing and analysis of the constructive decisions of one-storeyed metal frame skeletons of industrial, civil and agricultural buildings under the certificates of authorship and patents of the leading countries for last 20 years is carried out. The most effective designs and direction of their development are revealed.

**конструктивні рішення, металеві рамні каркаси**

### Постановка проблеми

У 70–80 роки ХХ ст. в колишньому СРСР були надзвичайно поширені одноповерхові рамні каркаси для промислових, цивільних і сільськогосподарських будівель [1].

Нині виникла необхідність з'ясувати, які винаходи і патенти розроблені за останні роки у провідних країнах стосуються ефективних конструкцій одноповерхових металевих рамних каркасів.

У зв'язку з цим на кафедрі комп'ютерних технологій будівництва факультету аеропортів Національного авіаційного університету було проведено узагальнення та аналіз ефективних конструкцій одноповерхових металевих рамних каркасів за авторськими свідоцтвами і патентами за останні 20 років.

### Узагальнення конструктивних вирішень рамних каркасів

1. У 1982 р. в ЦНДПроектстальконструкція було запропоновано винахід, метою якого є зниження металомісткості конструкції.

Рамна конструкція (рис. 1) складається з ламаного контуру ригеля 1, стояка 2, затягування 4, прикріпленого до кронштейнів 3, розташованого на нижній стороні ригеля 1 і зміщеною у середину рами відносно жорсткого вузла 5 сполучень ригеля зі стояком.

Конструкція кронштейна може бути використана як опора 6 підвісних кран-балок.

Подовжню вісь затягування 4 раціонально зцентрувати у вузлі 5 сполучень ригеля зі стояком.

Для рамних систем з різними прольотами, висотами і навантаженнями, що діють, рамна конструкція дає змогу знизити металомісткість ригеля на 20–30 %.

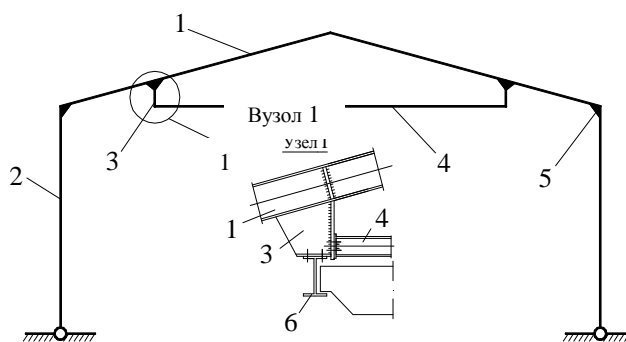


Рис. 1. Рамна конструкція:

- 1 – ригель;
- 2 – стояк;
- 3 – кронштейн;
- 4 – затягування;
- 5 – жорсткий вузол;
- 6 – опора підвісних кран-балок

2. Для зниження металомісткості і підвищення компактності під час транспортування було запропоновано конструктивне рішення Проектним інститутом «Ленінградський водоканалпроект» і ЛІСИ в 1989 р. (рис. 2).

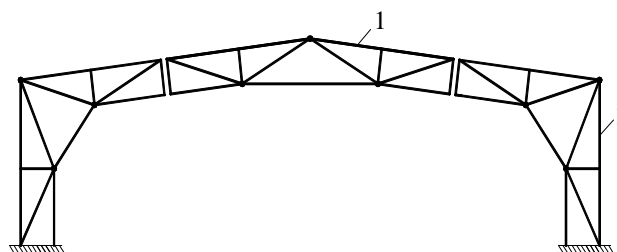


Рис. 2. Збірно-розбірна рама з модульних елементів 1

Збірно-розбірна рама (рис. 2) з модульних елементів 1 включає ригель і стояки, утворені з'єднаними між собою модульними елементами 1 у вигляді наскрізних багатокутників.

Кожний модульний елемент *1* виконаний з двох однакових прямокутних трапецій, сполучених шарніром у вершинах гострих кутів з можливістю складання з примиканням довгих сторін. Затягуванням сполучені вершини тупих кутів прямокутних трапецій кожного модульного елемента *1*.

Залежно від кількості модульних елементів можна створювати рами різних прольотів.

3. У 1993 р. було проведено дослідження Проектним і конструкторсько-технологічним інститутом легких металоконструкцій і запропоновано винахід з підвищенням несучої здатності і жорсткості конструкції.

Рама каркаса будівлі (рис. 3) містить зварні ригелі *2* і стояки *10*, такі, що складаються з поясів *1* та *9* і розкосів *3* та *7*.

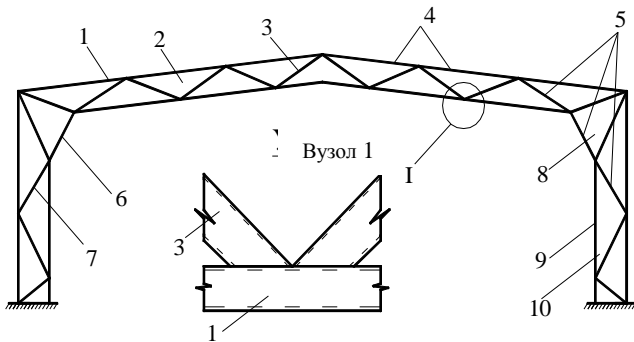


Рис. 3. Рама каркаса будівлі:

- 1* та *9* – пояси;
- 2* – ригель;
- 3* та *7* – розкоси;
- 4* – панель;
- 5* – ламана лінія;
- 6* – підкоси;
- 8* – рівнобедрений трикутник;
- 10* – стояки

Ригель *2* зі стояками *10* сполучені підкосами *6*, які розміщені у внутрішньому контурі рами та утворюють спільно з примикаючими розкосами *3* та *7* з'єднання із зовнішніми поясами *1* та *9* ригелів *2* і стояків *10* по ламаній лінії *5*, описаною кривою другого порядку. При цьому розміри поперечних перетинів ригеля *2* і стояків *10* рівні, а в карнизному вузлі з'єднання ригеля *2* зі стояком *10* за допомогою підкоса *6* утворений рівнобедрений трикутник *8*.

Підкоси *6* ригеля *2* і стояків *10* у вузлах з'єднання з поясами *1* та *9* сполучені між собою уздовж крамок прилеглих стінок. Окрім цього, співвідношення довжини панелі *4* поясів *1* та *9* до висоти перетину елементів рами, тобто ригелів *2* і стояків *10*, перебуває в межах 1...5.

Застосування каркаса дає змогу знизити металомісткість на 25...30 %, збільшити корисний об'єм будівлі і підвищити його жорсткість.

4. У Казанській державній архітектурно-будівельній академії у 2005 р. було запатентовано конструкцію сталеві рами. Технічний результат винаходу направлений на зниження витрати сталі, трудомісткості виготовлення і монтажу.

Сталева рама (рис. 4) складається зі стояка *6* і ригеля *1*, виконаних із прокатного профілю, наприклад, двотавра.

Скріплені кінці стояка і ригеля мають поздовжній розріз, нижні кінці яких відігнуті і утворюють підкоси, вони сполучені між собою через фланці *4* на болтах *2*.

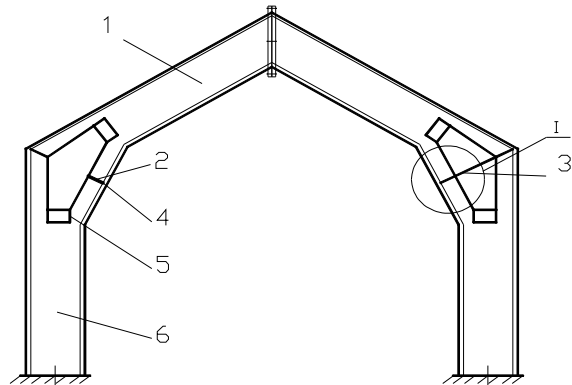


Рис. 4. Сталева рама:

- 1* – ригель;
- 2* – болти;
- 3* – сполучний елемент;
- 4* – фланці;
- 5* – фасонка;
- 6* – стояки

Місце перегину підсилюють фасонкою *5*. Якщо підкоси сполучені між собою під кутом, тоді між вузлом їх з'єднання і вузлом з'єднання стояка з ригелем встановлюють сполучний елемент *3*.

Сталева рама не зважаючи на те, що виготовлена з однотипного профілю, у найбільш напруженому вузлі (тобто в карнизі) має розвинений поперечний перетин, що дає змогу сприймати значно більше навантаження.

Сталева рама (рис. 4) забезпечує зменшення витрати сталі і знижує трудомісткість виготовлення і монтажу.

У 2006 р. набули поширення будівлі з легких металоконструкцій.

5. У зв'язку з цим фінансово-будівельна компанія «Актив» розробила корисну модель, мета якої – зниження металомісткості зі збереження експлуатаційної надійності будівлі (рис. 5).

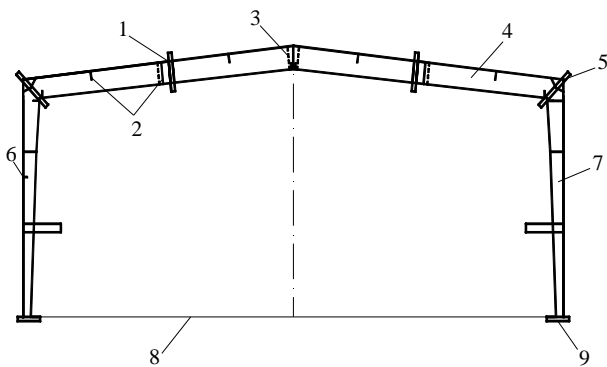


Рис. 5. Будівля з легких металоконструкцій:

- 1,5 – фланці;
- 2 – ребра жорсткості;
- 3 – підкоси;
- 4 – ригелі;
- 6, 7 – колони;
- 8 – затягування;
- 9 – пластини

Каркас будівлі з легких металевих конструкцій складається з рами, зібраної з колон 6 та 7 і ригелів 4, виконаних із зварних двутаврів змінного перетину і з'єднаних один з одним за допомогою фланців 5.

Елементи ригеля з'єднані один з одним з допомогою фланців 1.

Колони 6 та 7 і ригелі 4 посилені ребрами жорсткості 2, які можуть бути виконані на всю висоту перетину або її частину, підкосами 3 і з'єднані затяжками 8.

Колони 6 та 7 шарнірно сполучені з фундаментом за допомогою пластини 9.

Каркас будівлі утворений секціями рам, з'єднаних одна з одною системою вертикальних і горизонтальних зв'язків.

Касети виконані з гнутого металевого листа у вигляді П-подібної скоби, довгий бік якої відповідає кроку секції рамної конструкції і становить переважно 6 м.

Короткі боки касети Г-подібної форми мають відбортовані кромки (рис. 6).

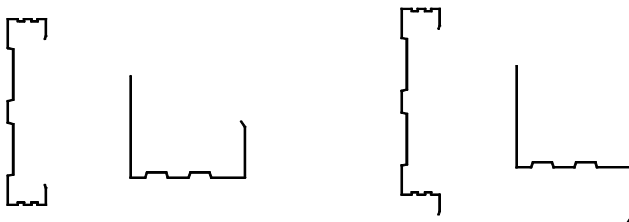


Рис. 6. Касети з гнутого металевого листа

Варіанти виконання касет обумовлені їх розміщенням в огорожувальній конструкції будівлі.

Довгі і короткі боки касет мають технологічні П-подібні пази і виїмки, які забезпечують можливість кріплення утеплювача, ущільнювача, облицювальних елементів.

Касети кріпляться одна до одної та елементів рами за допомогою металовиробів, утворюючи, відповідно, горизонтальну і вертикальну лінії стиків.

Конструкція будівлі з легких металоконструкцій дає змогу понизити трудомісткість виготовлення і монтажу будівель.

Можливість виключення прогонів з конструкції будівлі забезпечується за рахунок використання як огорожуваних конструкцій, касет із гнутого металевого профілю і призводить до зниження металомісткості зі збереженням експлуатаційної надійності будівлі.

Такі конструкції можуть бути використані для зведення великопрогонних будівель, зокрема в сейсмонебезпечних районах.

6. Як результат співпраці фахівців Австралії та Росії, в 2003 р. було запатентовано рамну конструкцію.

Винахідники створили рамну конструкцію, яка скорочує час, потрібний для установлення або полегшення установлення пристрою для кондиціонування повітря і конденсації на даху (рис. 7).

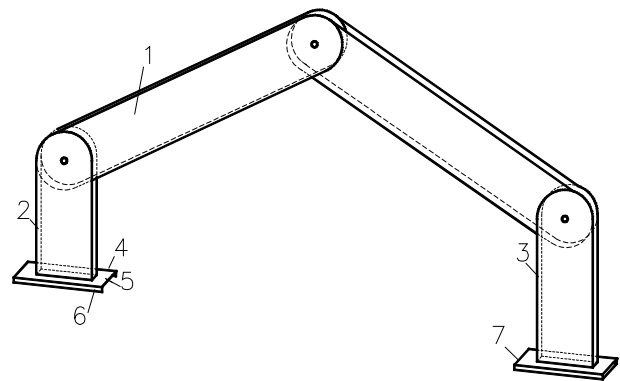


Рис. 7. Рамна конструкція:

- 1 – рамна конструкція;
- 2, 3 – трубчасті елементи;
- 4, 7 – відкриті трубчасті елементи;
- 5, 6 – пластини

Запропоновану рамну конструкцію для будівлі або навісу (рис. 7) утворюють два подовжені елементи 1, 2.

Перше призначене для кріплення і з'єднання разом двох подовжених елементів з можливістю їх повороту відносно один до одного.

Рамна конструкція 1 включає відкриті трубчасті елементи 4, 7, які мають *u*-подібний поперечний перетин.

Кожен із відкритих трубчастих елементів 4, 7 містить верхню пластину 5 і бокові пластини 6.

Відкриті трубчасті елементи 4, 7 прикріплені до нижніх кінців трубчастих елементів 2 і 3 за допомогою верхніх пластин 5 так, що верхня поверхня пластини 5 контактує з нижнім кінцем трубчастих елементів 2 і 3.

Відкриті трубчасті елементи 4 та 7 прикріплені до трубчастих елементів 2 і 3 таким чином, що подовжня вісь кожного відкритого трубчастого елемента 4 та 7 перпендикулярна до бокових стінок трубчастого елемента 2 або 3.

Бокові пластини 6 під'єднані знизу до верхньої пластини 5 приблизно під кутом  $90^\circ$ .

7. Будівля типу «Орськ» являє собою систему каркаса з плоских рам (виготовлених за технологією і на устаткуванні німецької фірми «Плауен»), що встановлюються з кроком 6 м.

Кожна рама працює на один прогін.

Багатопрогонні будівлі зводять установленням потрібної кількості суміжних автономних рам, конструктивно не зв'язаних між собою.

Базовими є будівлі з шириною прогону 12, 18, 24 м і заввишки до низу несучої конструкції 6,32 м для безкранового і 7,52 м для варіанта з краном (рис. 8).

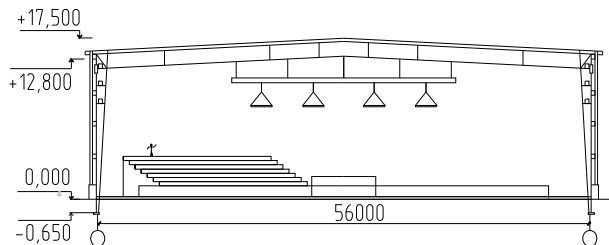


Рис. 8. Схема спортивної споруди з використанням рам змінного перерізу

Розроблено взаємозамінні види каркасів типу «Орськ», «Орськ-1» і «Орськ-2».

Каркас рам типу «Орськ-1» виконують коробчатого перерізу, каркас типу «Орськ-2» з гнутозварних профілів.

Обидва види каркасів дають змогу встановити у будівлі крани мостові електричні вантажопідйомністю 5 т, а у разі управління з підлоги – 8 т.

Усі монтажні з'єднання виконують на болтах. Завдяки унікальній конструкції каркаса монтаж рамних будівель типу «Орськ» дуже простий і здійснюється в короткі терміни з мінімальним залученням вантажопідйомних механізмів.

Стіни всіх будівель складаються з тришарових панелей зі сталевими обшивками і мінераловатним утеплювачем.

У базовий комплект постачання для зведення будівлі входять:

- каркас;
- покрівля;
- тришарові стінові панелі;
- вікна;
- ворота;
- двері.

Рамними конструкціями змінного перерізу є несучі каркаси із зварних двутаврів. Будівлі з такими каркасами характеризуються мінімальною металомісткістю, архітектурною виразністю, гнучкістю об'ємно-планувальних рішень.

Широкі можливості рамних конструкцій змінного перерізу дають змогу ефективно використовувати їх у будівлях з прогонами 24–80 м промислового і суспільного призначення, ринків, спортивних арен і залів, фізкультурно-оздоровчих комплексів, ангарів для літаків та інших інженерних споруд (рис. 8, 9).

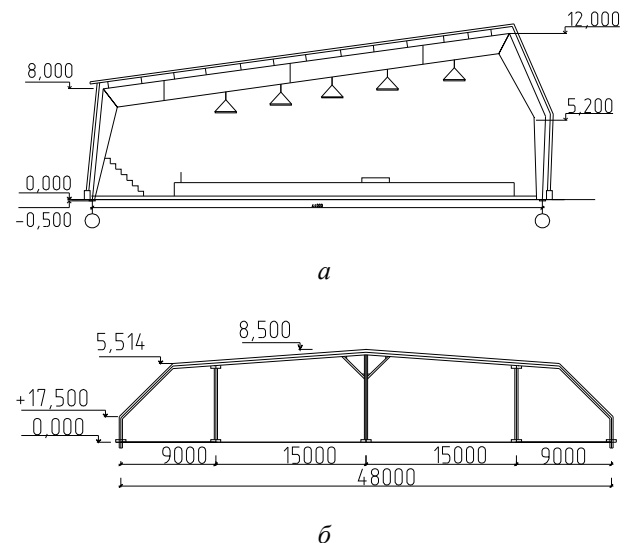


Рис. 9. Схема будівлі на основі рам змінного перерізу

8. У своєму винаході фахівці Білоруського політехнічного інституту досягли зниження матеріаломісткості каркаса і трудомісткості його зведення, а також збільшення корисної площі будівлі.

Каркас одноповерхової багатопрогінної будівлі (рис.10) включає колони 4, 5, розташовані по внутрішніх осях каркаса і шарнірно опертих на фундаменти 9, 10, елементи 2 жорсткості, будівельні конструкції 1, опертих на колони жорстко або шарнірно і стінове огороження 3 та 6.

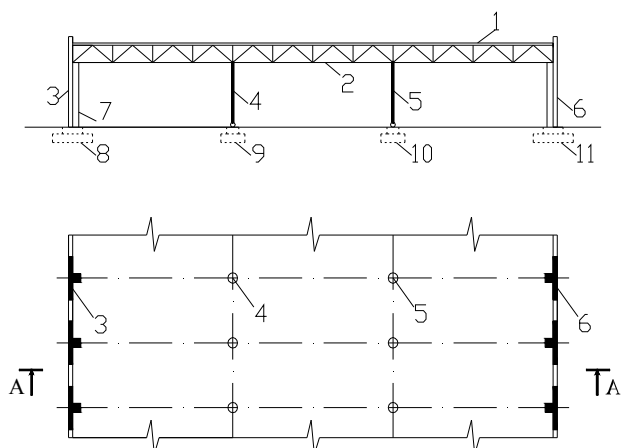


Рис. 10. Каркас одноповерхової багатопрогінної будівлі:

- 1 – будівельна конструкція;
- 2 – елемент жорсткості;
- 3, 6 – стінове огороження;
- 4, 5 – колони;
- 7 – пілястр;
- 8, 11 – стінові панелі;
- 9, 10 – фундаменти

Елементи 2 жорсткості мають вигляд встановлених уздовж зовнішніх подовжніх осей каркаса стінових панелей 8, 11 з пілястром 7, жорстко з'єднаних з фундаментами 9, 10 і жорстко або шарнірно – з будівельними конструкціями 1, встановленими на пілястрах 7.

Стінові панелі 8, 11 мають висоту, яка дорівнює висоті будівлі, і ширину, яка дорівнює кроку колон 4, 5. Елементи 2 жорсткості забезпечують жорсткість каркаса як у подовжньому, так і в поперечному напрямках.

Якщо на каркас діють горизонтальні вітрові навантаження, вони сприймаються у площині кожної поперечної рами лише стіновими елементами 8, 11 з пілястром 7, що затиснуті у фундаменті 9, 10, а колони 4, 5, оперті шарнірно на фундаменти 9, 10, жодних горизонтальних навантажень не сприймають.

За рахунок того, що стіновий елемент 8, 11 виконує захисні функції, знижується витрата матеріалів і трудовитрат під час монтажу і збільшується корисна площа будівлі.

9. У Росії в 1997 р. запатентований винахід, який дає змогу забезпечити цілісність каркаса в разі вибуху і можливість нормальної експлуатації після дії вибухової хвилі.

Усі шарніри виконані з пластин та опорних пальців, а їх пластини встановлені на фундаменти і торці трубчастих стояків і ригелів, а фасонки розташовані на відстані від вузлів з'єднання стояків та ригелів. При цьому каркас забезпечений енергопоглинальними пристроями, установленими між фасонками стояків та ригелів і з'єднаними з ними болтами (рис. 11).

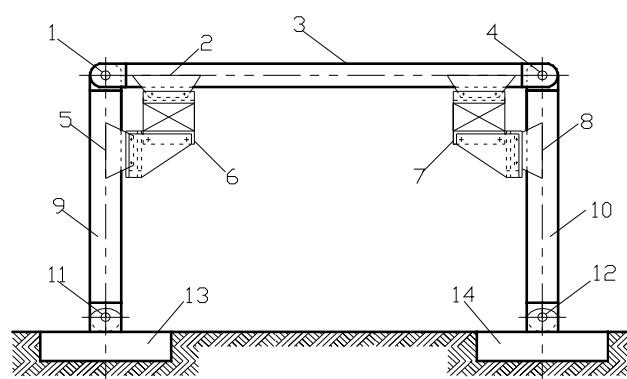


Рис. 11. Каркас споруди:

- 1, 4, 11, 12 – опорні пальці;
- 2, 5, 8 – фасонки;
- 3 – трубчастий ригель;
- 6, 7 – енергопоглинальні пристрої;
- 9, 10 – трубчасті стояки;
- 13, 14 – фундаментні плити

Кожен енергопоглинальний пристрій виконаний у вигляді нижнього і верхнього опорних столиків з швелерів, перший з яких прикріплений до фасонки стояка, а другий до фасонки ригеля, блока з матеріалу з вертикальними каналами, встановленого між верхнім і нижнім опорними столиками, і пружин, розміщених в каналах блока і закріплених верхнім кінцем на верхньому опорному столику, а нижнім кінцем на нижньому опорному столику за допомогою опорних дисків, шайб і гайок.

Каркас такої споруди (рис.11) складається з фундаментних плит 13, 14, трубчастих стояків з пластинами на кінцях 9, 10, трубчастого ригеля з пластинами на кінцях 3, опорних пальців 1, 4, 11, 12, фасонки 2, 5, 8, енергопоглинальних пристроїв 6, 7. Технічне рішення каркаса споруди забезпечує цілісність каркаса під впливом надрозрахункової дії вибуху і можливість нормальної експлуатації будівлі або споруди.

10. Російський вчений С.М. Баранов запатентував винахід, метою якого є забезпечення можливості швидкого зведення і збирання-розбирання конструкцій з дотриманням високої жорсткості за рахунок спрощення з'єднання елементів рами і використання легких шарнірних вузлів з'єднання.

Металеву раму каркаса будівлі (рис.12) виконано дзеркально симетрично відносно вертикальної осі. Рама складається з двохсклоного ригеля 2 і похилих стояків 9.

Зовнішній кінець кожного із скатів ригеля 2 шарнірно прикріплений до вершини похилого стояка 9 і шарнірно сполучений з верхнім кінцем похилої затяжки 5 утворенням вузла 1 з'єднання.

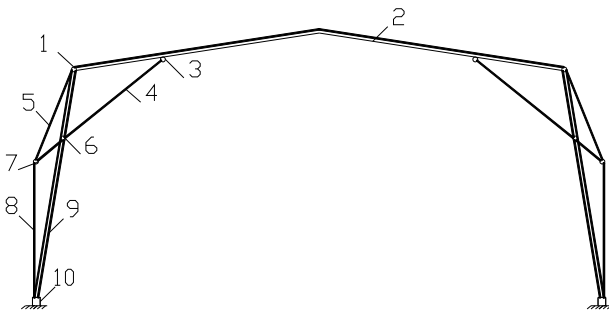


Рис. 12. Металева рама каркаса будівлі:

- 1, 3, 6, 7 – вузли;
- 2 – двосхилий ригель;
- 4 – розкіс;
- 5 – похиле затягування;
- 8 – вертикальна затяжка;
- 9 – похилий стояк

Кожне крило рами забезпечене похилим розкосом 4, що працює на стискування, верхній кінець його шарнірно з'єднаний з проміжною ділянкою ската ригеля 2 з утворенням вузла 3, а проміжна ділянка розкоса 4 шарнірно з'єднана з проміжною ділянкою похилого стояка 9 з утворенням вузла 6.

Нижній кінець розкоса 4 шарнірно з'єднаний з нижнім кінцем похилої затяжки 5 і з верхнім кінцем вертикальної затяжки 8 з утворенням вузла 7 з'єднань, а нижній кінець вертикальної затяжки 8 жорстко прикріплений до основи похилого стояка 9 з утворенням вузла 10 з'єднання.

При цьому затяжка 5 має менший кут нахилу до горизонту, ніж похилого стояка 9, розкіс 4 має менший кут нахилу до горизонту, ніж затяжка 5, а затяжку 8 виконано вертикальною, що наближає конструкцію описуваної рами до арочного типу, зберігаючи корисні для оптимальної конфігурації простору приміщення властивості прямокутної рами.

11. З метою підвищення несучої здатності і уніфікації у 1989 р. було запропоновано елемент для арки НДІ будівництва та архітектури Держбуд КиргРСП і ЦНДІСК ім. В.А. Кучеренка.

Елемент (рис. 13) містить:

- верхній пояс 1;
- стояки 4, 5;
- розкоси 3;
- гнучкий нижній пояс 2, 8.

Торцевий стояк 6 шарнірно з'єднаний з верхнім поясом 1, а стрижень-хомут 7 – зі стояком 6 і вільно охоплює нижній гнучкий пояс 2, 8 під розкосом 3.

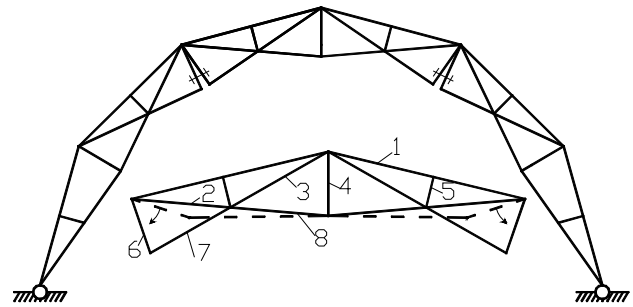


Рис. 13. Несучий будівельний елемент для арки:

- 1 – верхній пояс;
- 2, 8 – гнучкий нижній пояс;
- 3 – розкіс;
- 4, 5 – стояки;
- 6 – торцева стояк;
- 7 – стрижень-хомут

Запропонований будівельний елемент повністю виготовляють на заводі.

Гнучкі елементи 2, 3 і 8 виконані з канатів, високоміцного дроту або арматурних стрижнів.

Жорсткі елементи 1, 4, 5 і 6 виконані з гнучкого або прокатного швелера.

Гнучкі розкоси і нижній пояс 2, 8 приєднані на місці зварювання без проміжних сполучних деталей до зовнішніх граней верхнього поясу 1 і стояки 4, 5.

#### Аналіз досліджень та публікацій

Всього за період 1982–2007 рр. було проаналізовано у колишньому СРСР – 5 патентів, Росії – 5, Австралії – 1 і конструкції будівель типу «Орськ-1».

Деякі винаходи стосуються рамних металевих конструкцій із затягуванням для сприйняття розпору, причому в конструкції ЦНДІпроектсталь-конструкція, затягування кріпиться на відстані 1/3 довжини піврами від карнизного вузла з одночасним підвішуванням опори шляхів підвісних кран-балок.

У конструкції збірно-розбірної рами затягування сполучає вершини тупих кутів прямокутних трапецій кожного модульного елемента.

Сталева рамна конструкція Казанської державної архітектурно-будівельної академії виконана з двотавра, який у карнизному вузлі має подовжний розріз. Нижні кінці відігнуті, утворюють підкоси та з'єднані між собою через фланці на болтах.

Конструкції рам типу «Орськ» виконано з двотавра змінного перерізу і характеризуються гнучкістю об'ємно-планувальних рішень. Викликають інтерес багатопролітні й просторові рамні

конструкції з шарнірно-опертими колонами на фундамент; балочна структура з металевими колонами, підкосами й балками, в якій досягаються рівна міцність і стійкість.

Окремими винаходами є арки та рами криволінійного контура: металева рама каркаса будівлі включає двосхилий ригель, похилі стояки і розкоси, шарнірно з'єднані затягування і розкоси; будівельна арка складається з верхнього поясу, стояків, розкосів і гнучкого нижнього поясу.

### **Висновки**

1. За останні 20 років конструкції металевих однопрогонних, багатопрогонних і просторових рам для каркасів одноповерхових будівель продовжують удосконалювати.

2. Набула поширення конструкція затягувань для сприйняття розпору для однопрогонних каркасів будівель.

3. Отримали розвиток багатопрогонні і просторові рамні конструкції з шарнірно-опертими середніми колонами на фундамент; балочні структури з колонами, підкосами і балками; рамна конструкція з модулів (стояки, консолі).

4. Отримали розвиток арки і рами криволінійного контуру, які мають свої конструктивні відмінності.

### **Література**

1. *Промислова* власність: Офіційний патентний бюлетень України. – К., 1993-2007 рр.

Стаття надійшла до редакції 15.06.09.