

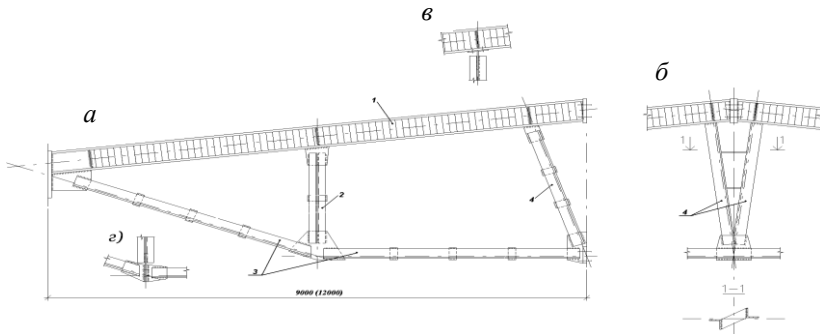
## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОЕЛЕМЕНТНИХ ФЕРМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОТАВРІВ З ГОФРОВАНИМИ СТІНКАМИ

Лаврінєнко Л. І.

Київський національний університет будівництва і архітектури  
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна  
E-mail: ludmila.lavrinenko@gmail.com

Застосування легких металевих будівельних конструкцій у наш час не викликає жодних сумнівів через ті переваги, які вони надають при комплексному вирішенні всіх етапів зведення будівлі. При цьому на перший план виходять взаємозалежність конструктивної форми та технологія її створення, підвищення ступеню уніфікації, можливість серійного виготовлення на спеціалізованих заводах металевих конструкцій.

Сучасні уявлення про легкі металеві конструкції пов'язують не стільки з їхньою масою, скільки з деяким інтегральним показником якості конструкції в конкретних умовах, до якого входять показники технологічності виготовлення та транспортування, простота та надійність монтажних з'єднань, можливість застосування швидкісних методів монтажу без застосування механізмів великої вантажопідйомності тощо. При такому підході сучасним вимогам зонайбільше відповідають тонкостінні малоелементні несучі конструкції [1, 3] (рис. 1).



**Рис. 1. Конструктивне рішення малоелементної шпренгельної ферми:**

*a* – відправна марка ферми (напівферма);

*б* – гребеневий вузол та варіант

V-подібної вставки; *в* – болтовий варіанти вузла

Відомо, що в діапазоні малих навантажень маса кроквяних конструкцій визначається не тільки діючими навантаженнями, а й

значною мірою характером конструктивного рішення. Щонайбільш відповідною до цих вимог може бути комбінована система у вигляді малоелементної шпренгельної ферми (див. рис. 1). Базовою конструктивною формою тут є двостоякова шпренгельна ферма, яка при певному мінімумі елементів дає змогу ефективно впливати на розподіл зусиль в її елементах шляхом незначних змін геометричних параметрів. Призначення параметрів конструктивної схеми малоелементної шпренгельної ферми були розглянуті з позицій оптимального проектування (рис. 2).



**Рис. 2. Результати оптимального проектування ферми прольотом 24 м та лінії рівнів цільових функцій:**

- $M$  – маса ферми;  $\Pi$  – приведені витрати;  $O$  – сумісні рішення;
- $a$  – оптимальне сумісне рішення;  $b$  – рівень 15-процентних втрат за функцією  $M$ ;
- $v$  – границя області допустимих рішень за конструктивною ознакою;
- $z$  – границя області допустимих рішень за деформативністю

В якості найпоширенішого критерію оптимізації було взято масу конструкції. За зміни габаритних розмірів конструкції при її

оптимізації необхідно врахувати відшкодування затрат, що виникають при експлуатації об'єкту: енергетичні витрати на опалення, вентиляцію додаткового об'єму будівлі, занятого конструкцією покриття, залежних від шуканих величин  $H$  і  $h$ . Дещо важче визначити вплив варіації параметрів на амортизаційні та інші експлуатаційні витрати. З іншої сторони очевидно, що витрати на електроосвітлення, водопостачання, прибирання варто виключити з розгляду. У вартість конструкції включається такий показник, як вартість суміжних конструкцій, розміщених з зовнішньої сторони покриття, площа яких змінюється із зміною висоти ферми [2].

Оптимізаційна модель передбачає функціональну залежність показників якості проектного рішення та внутрішньосистемних змінних, а задача оптимального проектування через нелінійність цієї залежності формулюється як задача нелінійного оптимального проектування. Застосовані обмеження-нерівності записані як обмеження за несучою здатністю відповідно до ДБН В.2.6-198 «Сталеві конструкції. Норми проектування» та доповнені обмеженнями на уніфікацію перерізів та конструктивними обмеженнями. Обмеження на прогини застосовувались як перевіірочні (див. рис. 2).

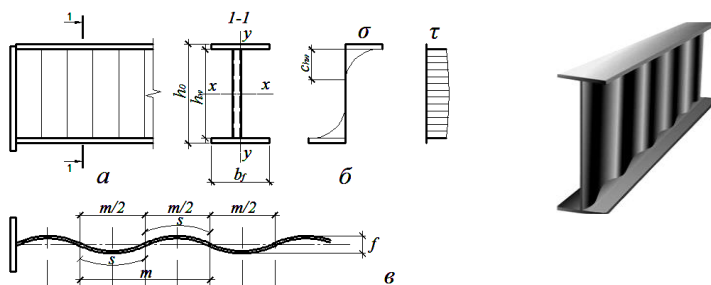
При дослідженні задачі з точки зору отримання інженерних рішень були виявлені активні або наближені до активних обмеження за несучою здатністю, що свідчить про можливість дискретно-рівномірного рішення, а отримана при розв'язанні великої кількості задач оптимізації інформація дозволяє вказати як на характерну особливість досліджуваної конструкції несуттєвий вплив зміни площі одного з елементів на стан інших.

Застосування апарата оптимального проектування дозволило отримати конструктивне рішення малоелементної шпренгельної ферми, металомісткість якого менша, а приведені витрати не перевищують аналогічних показників типової кроквяної ферми із замкнених гнutoзварних профілів з похилом верхнього поясу (див. рис. 2, *O*).

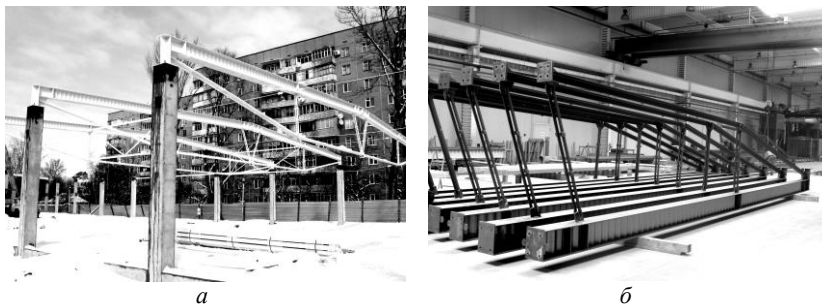
В якості верхнього поясу (балки жорсткості) малоелементної шпренгельної ферми було запропоновано використання зварного тонкостінного двотавру з гофрованою стінкою, який в Україні виготовляється на двох ЗМК (рис. 3). Таке конструктивне рішення забезпечує економію сталі на 10–21 % [1], що обумовлене особливостями таких двотаврів. Крім того в конструктивному плані їх використання дозволяє збільшити стійкість верхнього поясу поза площиною ферми завдяки розвиненим полицям двотавру по ширині.

Збільшення загальної жорсткості ферми при розвиненні ширини верхнього поясу ферми додатково забезпечує зниження трудо-

місткості виготовлення (при маніпуляціях з переміщенням відправних одиниць, дробеструменевою обробкою тощо), поліпшення транспортабельності відправних одиниць, відсутність складностей при монтажі (рис. 4), несуча здатність профільованого настилу (при безпрогонному рішенні) підвищується.



**Рис. 3. Конструктивні рішення двотавру з гофрованою стінкою:**  
*a* – загальний вигляд; *б* – характерні епюри напружень;  
*в* – геометрія гофрованої стінки



**Рис. 4. Малоелементні кроквяні ферми:**  
*a* – змонтовані ферми покриття;  
*б* – відправні одиниці ферм в процесі виготовлення (фото М.В. Лазнюка)

Серед досліджуваних питань актуальною є перевірка стійкості верхнього поясу в площині ферми при невеликому похилі верхнього поясу («проклаування» гребеневого вузла). Для розв'язання цих задач було розроблено ряд кінцево-елементних моделей в ПК ЛИРА, в лінійній та геометрично нелінійній постановці [1].

Ферма є ефективною як при безфасонковому вирішенні вузлів, так і при традиційному рішенні на болтах для можливості перевезення ферми розсіпом у спеціальному транспортному пакуванні. Можливе

створення відправної марки у вигляді напіферми без додаткових елементів для умов перевезення (див. рис. 4). Конструктивне рішення V-подібної центральної вставки та малоелементної шпренгельної ферми захищене патентом на корисну модель [4].

Подальші дослідження проводяться у напрямку пошуку резервів несучої здатності при розрахунках загальної стійкості двотаврів з гофрованою стінкою малої висоти, а також розрахунку місцевої стійкості поясів. З'ясовується ефективність та виробничі можливості застосування сталей підвищеної міцності та високоміцних сталей для тяжки та поясів балки жорсткості, а також досліджуються типологічний ряд конструктивних форм запропонованої конструкції для застосування в покриттях великих прольотів 48–60 м.

Ці та інші питання висуваються при проектуванні малоелементних конструкцій покриттів та вирішуються комплексно з більшою чи меншою широтою охоплення задач проектування. Для врахування всіх етапів життєвого циклу конструкції вимагає застосування нових технологій проектування [5]. Нові комплексні технології впроваджуються насамперед для тих конструкцій та елементів, які щонайбільше підготовлені до таких процесів. При моделюванні велика увага приділяється вирішенню питань аналізу суміжних з конструюванням інженерних проблем, узгодження 2D- і 3D-моделей та координації інформацій. В [5] розглядається стан інструментів BIM при моделюванні сталевих конструкцій та формулюються функціональні вимоги для розробки моделей BIM стосовно розробки національних норм для узгодження інформації від всіх учасників процесу. Такі роботи і дослідження у напрямі розробки BIM-технологій стосовно легких металевих конструкцій переважно мають міждисциплінарний характер.

Інформаційне моделювання малоелементних конструкцій з використанням високотехнологічних процесів виготовлення двотаврів з гофрованими стінками є чи не найбільш підготовленим для застосування BIM-технологій. Наведені задачі, що розглядаються стосовно малоелементних комбінованих конструкцій, аналізуються на можливість використання наявних засобів проектування для впровадження в BIM-технологічний процес проектування.

## Література

1. Лазнюк М. В. Малоэлементные фермы с верхним поясом из сварных двутавров с гофрированной стенкой. Строительная механика и строительные конструкции. М. : Издательство СКАД СОФТ, 2013. – С. 237–243.

2. Лавріненко Л. І., Зотіна А. С. Ефективні параметри мало-елементних шпренгельних ферм із застосуванням двотаврових елементів з гофрованими стінками. Будівельні конструкції. Теорія і практика, КНУБА, 2019. Вип. 4. С. 56–69. DOI:10.32347/2522-4182.4.2019.56–69.

3. Нилов А. А., Лавріненко Л. И. Малоэлементные шпренгельные конструкции покрытий производственных зданий. Совершенствование сваяных металлических конструкций. Киев : Наукова думка, 1992. С. 111–123.

4. Пат. UA 71800 U, E04C 3/08 (2006.01) Малоелементна шпренгельна ферма із V-подібною стабілізуючою вставкою / Нілов О. О., Лавріненко Л. І., Лазнюк М. В. – № u2012 00844 ; заявл. 27.01.12 ; опубл. 25.07. 12. – 3 с.

5. Білик А. С., Беляєв М. А. ВІМ-моделювання: огляд можливостей та перспективи в Україні. Промислове будівництво та інженерні споруди, 2015. № 2. С. 93–15.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОТНОГО ДОМОБУДУВАННЯ

*Афанасьєва Л. В.<sup>1</sup>, Поляков О. Л.<sup>2</sup>*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31*

*E-mail: <sup>1</sup>afanasieva2709@gmail.com, <sup>2</sup>nerooon25@gmail.com*

Розвиток висотного домобудування викликаний потребою ефективного використання ділянки забудови ділових центрів міст. Їх життєдіяльність ущільнювалась компактним розміщенням будівель на мінімальних ділянках будівництва з найменшою площею забудівлі. Підвищувалась місткість, ефективність експлуатації, інтенсивність використання територій, енергетичних та транспортних ресурсів.

Загальні особливості проектування висотних будівель визначають їх об'ємно-планувальне рішення з урахуванням функціональної приналежності: офіс, готель, житловий будинок, багатофункціональний комплекс. Нині характерним стає сполучення 2-х функцій будівлі за висотою: це сполучення готелів, офісів, житлових приміщень на верхніх відмітках з другою функцією на нижніх поверхах – торгівля, розважальні заклади.

В Україні висотне будівництво здійснюється відповідно до вимог [1]. На даний момент найвищою будівлею такого типу є ЖК «Кловський» висотою 168м в м. Києві.

Таким чином, доцільно дослідити зарубіжний досвід проектування будівель із залізобетонним каркасом. Особливої уваги потребують дослідження конструктивних схем будівель, а також конструк-