

ГОГОЛЬ Мирон¹, МЕЛЬНИК Ігор¹, ГАЛІНСЬКА Тетяна², СИДОРАК Дмитро¹

ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ СТАЛЕВИХ ФЕРМ

¹Національний університет «Львівська політехніка» 790013,

м. Львів, вул. С. Бандери, 12

dimych26@gmail.com

²Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24

Анотація. Розглянуто актуальне завдання вибору основних параметрів (регулювання внутрішнього напружено деформованого стану) комбінованої ферми, розв'язання якого дозволяє виявити оптимальне конструктивне рішення з мінімальною масою, вартістю матеріалу. Сформульовано задачу оптимізації ферм як детерміновану задачу нелінійного програмування. Для статичного розрахунку і визначення змінних стану конструкції застосовано метод скінченних елементів. Для розв'язування параметричної задачі оптимізації у програмі передбачено метод проекції градієнта на поверхню активних обмежень.

Однією з важливих проблем при проектуванні будівельних конструкцій є задача економії матеріальних ресурсів. А актуальним напрямком будь-якої проблеми сучасного інженерного проектування є досягнення ефективності та раціональності при задоволенні умов за міцністю і жорсткістю та конструктивних вимог. У багатьох випадках існує кілька розв'язків, і необхідно вибрати те, що краще відповідає вибраним критеріям.

Із цього погляду найкращим шляхом є оптимальне вирішення задачі. Сюди входить проблема вибору конструктивної схеми, визначення раціональних геометричних розмірів, оптимальний підбір елементів, що становлять конструкцію, і, нарешті, підбір перерізів, розрахунок стиків та вузлів. Основною умовою проектування ефективних сталевих кров'яних ферм є їх оптимальна структура, яка включає в себе одночасну оптимізацію: топології; геометричної схеми; міцностних характеристик сталі; розмірів поперечних перерізів.

Проблема оптимального проектування стрижневих систем (наприклад, комбінованих сталевих ферм) пов'язана у загальному випадку з розв'язанням двох завдань: пошуком оптимального розподілу матеріалу за довжиною конструкції та визначенням найбільш вигідного розподілу внутрішніх зусиль [1]. Оптимізація параметрів таких ферм і пошук раціональної конструктивної їх форми переважно ведеться за двома критеріями: першому, критеріями раціональності – рівність напружень у всіх характерних перерізах при одночасному виконанні вимог обох граничних станів; другому - критерію оптимальності – мінімізації маси, вартості матеріалу конструкції [2].

На даний час, розроблений розрахунковий метод регулювання НДС в комбінованих сталевих конструкціях, який дозволяє не тільки визначити раціональну топологію та жорсткісні характеристики поперечних перерізів конструктивних елементів, а й регулювати розподіл зусиль у балці жорсткості таким чином, щоб їх граничні значення досягалися одночасно не в одному, а в багатьох поперечних перерізах, тобто одержати раціональну конструкцію [2].

Проте, раціональне проектування забезпечує тільки одне, не обов'язково найменше значення, а завданням оптимального проектування сталевих конструкцій зазвичай є пошук таких значень обраних параметрів конструкцій, які забезпечують найменше (або найбільше) значення обраного критерію оптимальності в межах допустимих проектних рішень [3]. Таким чином, без уваги дослідників часто залишається завдання оптимального проектування комбінованих сталевих ферм при одночасному варіюванні

змінними проектування (розмірами перерізів) і розрахунковими параметрами стану - розрахунковим перерозподілом зусиль.

Тому, проблема оптимізації статично невизначених комбінованих сталевих ферм (рис. 1) з розглядом перерозподілу внутрішніх зусиль при зміні їх параметрів, відповідно до нормативних документів у проектуванні та будівництві, вимагає проведення подальших досліджень. Метою роботи є розробка методики параметричної оптимізації комбінованих сталевих ферм.

Для визначення раціональних геометричних форм сталевих комбінованих ферм було проведено числові експерименти при двох критеріях раціоналізації – одночасне виконання вимог обох граничних станів та мінімізацію маси ферми. Визначали раціональну кількість опор балки жорсткості, тобто для 30 м ферми вона складає п'ять. Прийняли висоту ферми відповідно до вимог ДСТУ [4], вона рівна 2,0 м. Дослідили раціональний кут нахилу стиснутих стержнів комбінованої ферми, який прийняли рівним $\beta = 80^\circ$. Також визначили раціональне співвідношення маси балки жорсткості до маси всієї ферми. Одержали мінімальні значення маси ферми для різних висот, які завжди є при співвідношенні маси балки жорсткості комбінованої ферми до загальної маси ферми рівному 50%.

По цим визначеним параметрам одержали раціональну конструктивну форму комбінованої сталеві ферми прогоном 30 м. Отримавши раціональну конструктивну форму комбінованої сталеві ферми за геометричними параметрами, ми ще не досягнули її за критеріями раціональності – рівність напружень у всіх характерних перерізах у балки жорсткості. Тому для цього нами розроблені різні нові розрахункові методи регулювання НДС в балці жорсткості.

Перший метод розрахункового регулювання НДС в балці жорсткості раціональної комбінованої ферми є створення опорних моментів на крайніх опорах. Другий метод – зміна поперечних перерізів розкосів, стійок і нижнього поясу. Третій метод – створення ексцентриситету у вузлах примикання системи підвіски до балки жорсткості.

Для цього був розроблений узагальнений алгоритм оптимізації сталевих ферм прольотом 30 м із розрахунковим регулюванням НДС. Даний алгоритм дозволяє проводити оптимізацію комбінованих ферм з використанням генетичних алгоритмів при забезпеченні рівномірності в розрахункових перерізах балки жорсткості, що забезпечує мінімальні витрати сталі.

Наукова новизна роботи полягає в наступному: – розроблено нову методику параметричної оптимізації комбінованих ферм в умовах регулювання напружено деформованого стану, що дозволяє знаходити з оптимальним співвідношенням жорсткості з безлічі допустимих. Врахування процесу регулювання НДС ферм при оптимізації зумовлює перехід на якийсь новий рівень, який відрізняється низкою позитивних специфічних особливостей.

Використані інформаційні джерела:

- [1] Vatulia, G., Komagorova, S., Pavliuchenkov, M. (2018). Optimization of the truss beam. Verification of the calculation results. MATEC Web of Conferences 230, 02037. Transbud. 2018.
- [2] Гоголь, М. В. (2018). Регулювання напружень у сталевих комбінованих конструкціях: Монографія. К.: Вид-во «Сталь». 222 с.
- [3] Stolpe, M. (2016). Truss optimization with discrete design variables: a critical review. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 53(2), 349–374.
- [4] ДСТУ Б В.2.6-74:2008. (2009). Конструкції будинків і споруд. Ферми сталеві кроквяні з гнutoзварних профілів прямокутного перерізу. Київ. 33 с.