

# Оптимізація стрижневих конструкцій з урахуванням скорочених сортamentів металопрокату

Іван Пелешко, Ігор Балук, Юрій Ковальчук

Кафедра будівельного виробництва, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м. Львів, вул. С.Бандери, 12, E-mail: ipeleshko@hotmail.com, Baluk\_Igor@ukr.net, dubkovelita@gmail.

*Problem of optimization of the cored steel constructions definition is presented in the article. It is suggested to take into account narrow-mindedness or briefness of assortment. For solution of task a genetic algorithm is used. Realization of the offered this problem definition is shown with the use of OptCAD software (www.optcad.com).*

Ключові слова – optimal design, steel structures, integer programming, application for the optimum design.

## I. Постановка проблеми

Стрижневі металеві конструкції мають широке застосування у будівництві. З метою економії ресурсів потрібно шукати способи зниження їхньої металоємності. Одним із таких способів є оптимізація металевих конструкцій. При цьому вибір відповідних типів поперечних перерізів і профілів сортamentів повинен бути обґрунтованим і раціональним.

На основі результатів теоретичного, конструктивного й технологічного аналізу була створена теорія сортamentу [1, 2]. З її допомогою виявлено економічні профілі прокату й складено повні та скорочені сортamenti профілів загального й спеціального призначення для застосування в будівельних конструкціях та в цілому у промисловості.

На час проектування доступна для використання зазвичай частина профілів сортamentів. Множина профілів може бути вказана також у завданні на проектування. Таким чином, множина доступних при проектуванні профілів скорочується у порівнянні із множиною профілів за стандартами або технічними умовами. Це має бути враховано при формулюванні та розв'язуванні задачі оптимізації стрижневих металевих конструкцій.

Для пошуку рішення задачі дискретної оптимізації металевих стрижневих конструкцій застосовують різні методи оптимізації. Часто використовують методи неперервної оптимізації з наступною дискретизацією розв'язку. З цією метою в [3] запропоновано підхід до дослідження множини розв'язків, близьких до точки екстремуму. Також можна сформулювати задачу оптимізації у дискретній постановці з подальшим розв'язуванням відповідними методами. Так, наприклад, в [4] описано застосування генетичних алгоритмів для пошуку рішень задач оптимізації металевих конструкцій у дискретній постановці.

В даній роботі сформулюємо задачу оптимізації стрижневих металевих конструкцій з урахуванням доступної множини профілів сортamentів. Розглядаються конструкції зі стрижнями, що

виготовляються з прокатних профілів і мають сталі розміри поперечних перерізів по довжині. Опишемо також реалізацію особливостей запропонованого формулювання цієї задачі у програмі OptCAD для оптимізаційного проектування стрижневих металевих конструкцій (www.optcad.com).

## II. Виклад основного матеріалу

Прикладні задачі оптимального проектування металевих конструкцій часто формулюють як задачі пошуку таких значень  $\bar{X}^*$  невідомих параметрів  $\bar{X}$  системи:

$$\bar{X} = (X_i), i = \overline{1, N_X}, \quad (1)$$

які забезпечують найменше (або найбільше) значення вибраного критерію оптимальності:

$$f^* = f(\bar{X}^*) = \min_{\bar{X} \in D} f(\bar{X}), \quad (2)$$

в області допустимих проектних рішень  $D$ , окресленій системою обмежень-рівностей та нерівностей:

$$\psi(\bar{X}) = \{\psi_\kappa(\bar{X}) = 0 \mid \kappa = \overline{1, N_{EC}}\}; \quad (3)$$

$$\phi(\bar{X}) = \{\phi_\eta(\bar{X}) \leq 0 \mid \eta = \overline{1, N_{IC}}\}; \quad (4)$$

$$\pi(\bar{X}) = \{X_i^L \leq X_i \leq X_i^U \mid i = \overline{1, N_{LUC}}\}; \quad (5)$$

де  $N_X$  – кількість невідомих параметрів системи (змінних проектування);  $\bar{X}^*$  – оптимальний розв'язок задачі;  $f^*$  – найменше значення критерію оптимальності;  $N_{EC}$ ,  $N_{IC}$ ,  $N_{LUC}$  – кількість обмежень відповідних типів [4].

Змінні проектування (1) стержневої системи характеризують властивості конструкції та її окремих елементів. За критерій оптимальності (2) приймають визначений техніко-економічний показник конструкції. Обмеження (3)-(4) описують умови функціонування системи відповідно до нормативних вимог, а також конструктивні, архітектурні, технологічні та інші додаткові вимоги.

Розглядають змінні проектування неперервного (дійсного) або дискретного (цілочислового) типів.

Неперервні змінні неперервно варіюють в межах деякого визначеного інтервалу можливих значень.

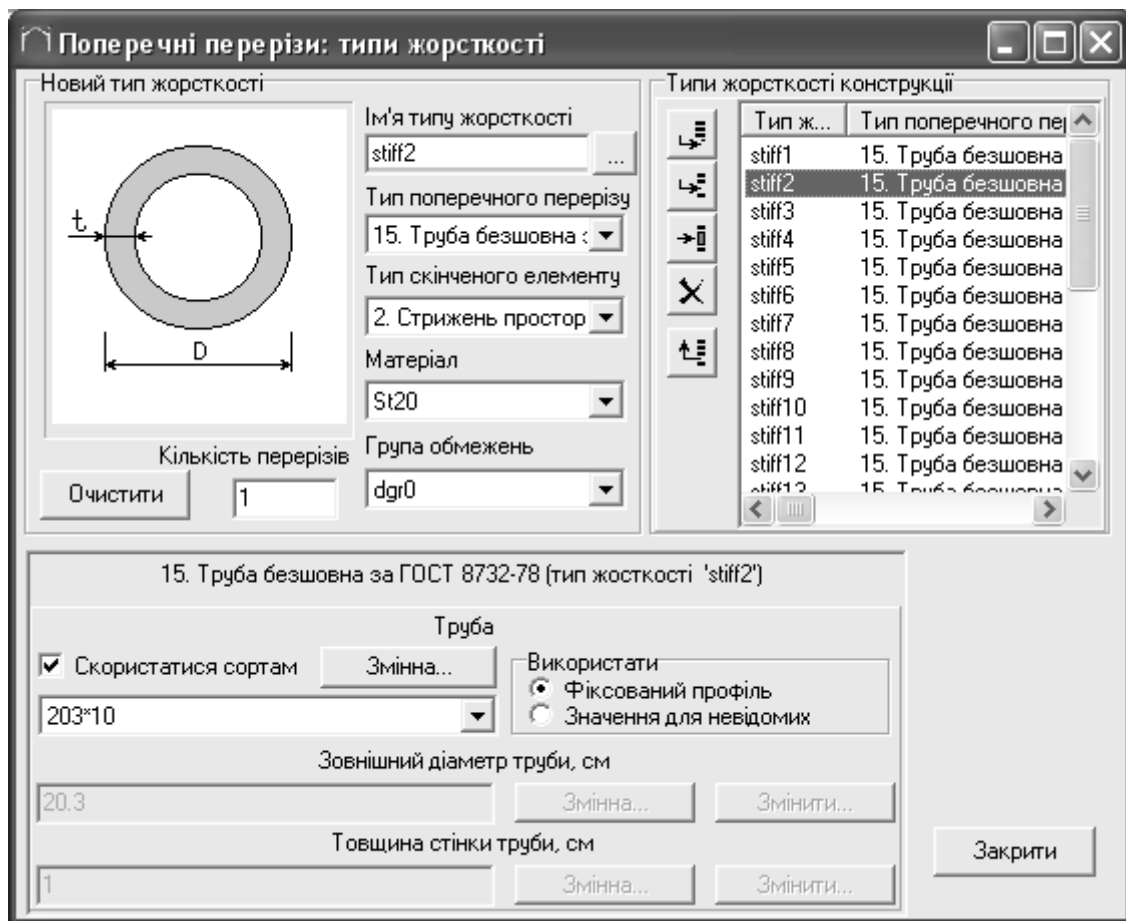


Рис. 1 Вікно для задавання типів жорсткості у програмі OptCAD.

До них відносять, зокрема, координати вузлів стержневої конструкції, неперервні розміри поперечних перерізів стрижнів, значення зусиль попереднього напруження.

*Дискретні змінні* варіюють відповідно до визначеного скінченного набору можливих значень таких змінних. До них пропонується віднести змінні, що описують невідомі шукані профілі поперечних перерізів стрижнів.

Опишемо невідомі шукані поперечні перерізи з профілів з використанням запропонованих змінних проектування. Спочатку для цього розглянемо типи поперечних перерізів та їхні типорозміри.

Кожен стрижень конструкції має той чи інший тип поперечного перерізу (наприклад, прокатний двотавр, зварний двотавр, тавровий переріз із двох парних кутників тощо). Нехай відома множина типів поперечних перерізів, які можуть використовуватися для стрижнів конструкції. Для кожного з типів поперечного перерізу відома своя множина прокатних елементів, з яких він складається. Ці множини прокатних елементів формуються із елементів деякої відомої загальної множини сортamentів, з яких виготовлені елементи поперечного перерізу стрижня.

Множина елементів типу поперечного перерізу розділена на групи елементів. Всі елементи однієї групи виготовлені з профілів, розміри яких в межах групи є однаковими. Ці профілі можуть бути різними для різних груп елементів.

Наприклад, тип балкового двотаврового складеного поперечного перерізу з двома осями симетрії складається з трьох елементів (верхньої полицки, нижньої полицки й стінки балки). Ці елементи розділяються на підмножину елементів полицки та підмножину елемента стінки.

У конструкції може бути використано декілька типорозмірів відповідного типу поперечного перерізу. Типорозміри одного типу поперечного перерізу відрізняються лише розмірами елементів. Групи елементів кожного типорозміру поділимо на фіксовані (із заданими відомими розмірами) та змінні (їхні розміри відшукуються у процесі оптимізації). Кожній змінній групі елементів відповідає одна дискретна шукана величина – сортаментна змінна проектування. Вона може набувати будь-яке одне значення із своєї множини доступних профілів. В межах одного сортаменту може утворитись множина сортаментних змінних сортаменту. Для опису деяких типорозмірів можуть використовуватися декілька сортаментних змінних.

Значення сортаментних змінних проектування (номер профілю у сортаменті), як і значення інших параметрів типорозмірів, використовуються в алгоритмах розрахунку характеристик поперечних перерізів. Ці алгоритми залежать від типу поперечного перерізу, а характеристики перерізів використовуються при формуванні матриці жорсткості методу скінчених елементів та при перевірці обмежень задачі оптимізації.

Опишемо задавання сортаментних змінних проектування та їхнє використання у типах жорсткості стрижнів за допомогою програми OptCAD (у програмі поняттю типорозмір відповідає тип жорсткості). Типи жорсткості стрижнів задаються у вікні “Поперечні перерізи: типи жорсткості” (рис. 1). Спочатку треба вибрати тип поперечного перерізу за допомогою однойменного випадаючого списку. На даний час у OptCADi доступно 19 типів поперечного перерізу. Потім треба надати імена типам жорсткості, задати розміри елементів поперечного перерізу тощо.

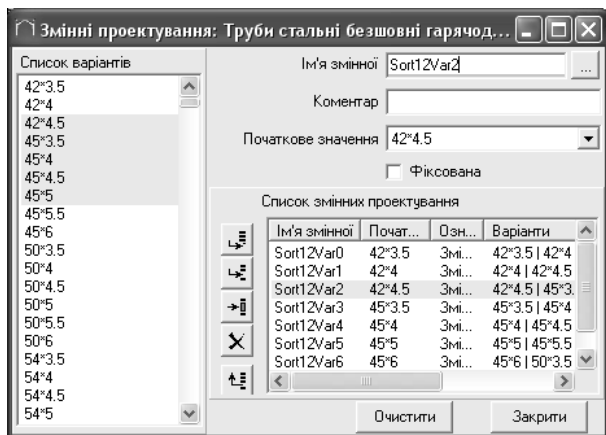


Рис. 2 Вікно для створення сортаментних змінних.

Після вибору типу поперечного перерізу у нижній частині вікна з'являються елементи вікна, що дозволяють задавати параметри груп елементів відповідного типу поперечного перерізу із прокатних профілів. Для вибору профілю із сортаменту для групи елементів перерізу слід вибрати елемент вікна “Скористатися сортаментом”. Після цього стає доступним випадаючий список профілів відповідного сортаменту. Якщо елемент перерізу фіксований, то у вказаному списку вказується потрібний профіль.

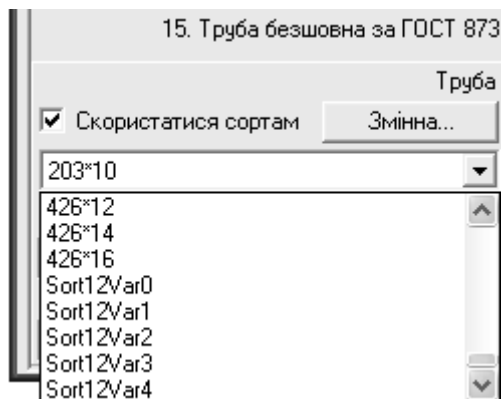


Рис.3 Фрагмент вікна рис. 1.

Якщо для групи елементів потрібно знайти оптимальний профіль, то виникає потреба створити й використати відповідну сортаментну змінну проектування. Для створення змінної слід натиснути

кнопку “Змінна...”, що знаходиться над списком профілів. Після цього з'явиться вікно (рис. 2) для створення та редагування сортаментних змінних. Для кожної змінної треба вказати її ім'я, вибрати варіанти можливих її значень із повного списку профілів деякого сортаменту тощо. Треба вибирати тільки ті профілі, які на час проектування конструкції є доступними або вказані у завданні на проектування. Імена сортаментних змінних автоматично з'являються після створення у кінці списку профілів відповідного сортаменту (рис. 3). Вибір імені змінної з цього списку приводить до її використання алгоритмом розв'язування задачі оптимізації.

## Висновки

Сформульовано задачу оптимізації металевих конструкцій із змінними розмірами профілів металопрокату у поперечних перерізах стрижнів. При цьому враховано доступні профілі сортаментів. Продемонстровано створення сортаментних змінних проектування та їхнє використання при задаванні типорозмірів поперечних перерізів за допомогою програми OptCAD.

У подальшому потрібно вдосконалити мову запису постановок задач оптимізації стрижневих металевих конструкцій [5] з метою врахування таких конструктивних вимог, як обмеження різниці товщини профілів, що з'єднуються у вузлах, та обмеження тонкостінності труб.

## References

- [1] Стрелецкий Н. С., Стрелецкий Д. Н. Проектирование и изготовление экономичных металлических конструкций. – М.: Стройиздат, 1964. – 360 с.
- [2] Мельников Н. П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.
- [3] Шимановский В. Н., Гордеев В. Н., Гринберг М. Л. Оптимальное проектирование пространственных решетчатых покрытий. – Киев: Будівельник, 1987. – 224 с.
- [4] Пелешко І. Д., Юрченко В. В. Застосування генетичних горитмів для пошуку оптимальних проектних рішень металевих конструкцій // VIII Українська науково-технічна конференція "Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее" (18-22 октября 2004 г., Киев, Украина) / Сб. докл., ч. 1 / Под общ. ред. А. В. Шимановского. - К.: "Сталь", 2004. - С. 250 - 260.
- [5] Пелешко І.Д. Проблемно-орієнтована мова запису вихідних даних програми оптимізації стрижневих металевих конструкцій // Современные строительные конструкции из металла и древесины: Сборник научных трудов. – Одесса, ОГАСА. - 2003. – с.185-191.