МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

УДК 624.014

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОГО КОРОБЧАТОГО КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ ЦЕНТРАЛЬНО-СТИСНУТОГО СТЕРЖНЯ

О.Є.ЯНІН – к.т.н., ас.,
О.В.ПИЛИПАСЬ – к.т.н., доц.,
Л.А.ЛЕЙНЕК – ас., Херсонський ДАУ

Підвищення ефективності промислового виробництва в значній мірі залежить від використання легких ефективних конструкцій, що значно зменшує матеріалоємність будівель і споруд та знижує вартість будівництва. З цією метою слід розширювати впровадження легких металевих конструкцій з застосуванням гнутозварних профілів квадратного та прямокутного перерізів для плоских та просторових ферм і перехресно-стержневих систем.

Раціональність конструктивної форми елемента та вибір його габаритних розмірів вирішується у процесі проектування, найважливішою частиною якого являється варіантне проектування і оптимізація. Метою оптимального проектування конструкцій є розробка такого її проекту, що задовольнить усі вимоги СНиП I I – 23 – 81* Стальні конструкції .

Використовуючи методи математичного моделювання в цій праці ставиться і розв'язується задача оптимізації коробчатого квадратного перерізу центрально-стиснутого стержня. В якості критерію оптимальності приймається гнучкість стержня λ і площа поперечного перерізу A (показник витрат матеріалу). В систему обмежень в задачу оптимального проектування стальних будівельних конструкцій включено слідуючи умови:

– відповідно до вимог СНиП [I] , п.5.3, повинна бути забезпечена стійкість

$$N / \varphi A \leq R_y \gamma_c \qquad (1)$$

– відповідно до вимог СНиП [I], п. 7.14, гнучкість стінки λ_w не повинна перевищувати граничного значення

$$\lambda_w = h_{ef} / t \leq \lambda_{uw} \qquad (2)$$

– відповідно до вимог СНиП [I], п.6.15, гнучкість стержня не повинна перевищувати граничної

$$\lambda \le \lambda lim \qquad (3)$$

– витрати матеріалу повинні бути мінімальними.

Замкнутий коробчатий профіль утворюється з відкритих шляхом зварювання замикаючих швів (рис.1 а,б). Будемо вважати, що профіль не має заокруглень, а розрахункові довжини стрижня у обох площинах дорівнюють одна одній (рис.1 в).

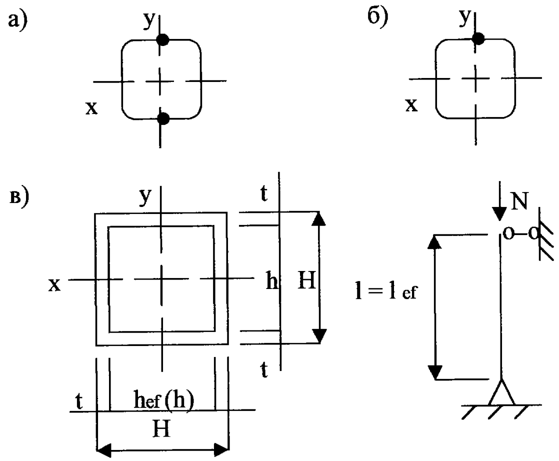

Рисунок 1. Центрально-стиснутий стержень коробчатого квадратного перерізу.

Традиційно задача вирішується таким чином. Задаються гнучкістю стержня λ, за якою за нормами знаходять коефіцієнт поздовжнього згинання φ. Потім із умови стійкості визначають потрібну площу поперечного перерізу стержня

$$A_{потр} = N / \varphi R y \gamma c \qquad (4)$$

а також потрібний радіус інерції, відповідний до прийнятої гнучкості:

$$i_{потр} = l\ ef / \lambda \qquad (5)$$

Знаючи $A_{потр}$. і $i_{потр}$. із розв'язання системи рівнянь знаходять геометричні розміри перерізу стержня – висоту перерізу H і товщину стінки t:

$$i_{потр} = \sqrt{I / A_{потр}} = \sqrt{(H^4 - h^4)/12 * 1/(H^2 - h^2)} = \sqrt{(H^2 + h^2)/12} \qquad (6)$$

$$A_{потр} = H^2 - h^2 = H^2 - (H - 2t)^2 = 4Ht - 4t^2 = 4t(h - t) \qquad (7)$$

або $12i^2{}_{nomp} = H^2 + (H-2t)^2 = 2H^2 - 4Ht + 4t^2 = 2H^2 - A_{nomp}$ (8)

$$A_{nomp} = 4t(H-t) \quad (9)$$

З рівняння (8) знаходимо H:

$$H = \sqrt{(12i^2{}_{nomp} + A_{nomp})/2} \quad (10)$$

З рівняння (9) за знайденим H знаходимо товщину стінки t :

$$t_{1.2} = H/2 \pm 1/2\sqrt{(H^2 - A_{nomp})} \quad (11)$$

Якщо у формулі (11) прийняти знак “+”, то виявляється, що t_1>H/2, тобто виходить за границі допустимих значень. Тому товщину стінки слід визначати за формулою:

$$t = H/2 - 1/2\sqrt{H^2 - A_{nomp}} \rangle 0 \quad (12)$$

Знайдемо, при якій гнучкості стержня витрати матеріалу будуть мінімальними. Очевидно, що вони пропорційні площі поперечного перерізу A. Отже, необхідно знайти таке значення гнучкості λ, за яким площа поперечного перерізу стержня буде мінімальною.

При зменшенні гнучкості стержня λ коефіцієнт повздовжнього згинання φ збільшується. З формули (4) видно, що при збільшенні φ потрібна площа поперечного перерізу зменшується.

Отже, чим менша прийнята гнучкість стержня, тим меншими будуть витрати матеріалу. Вияснимо, до якої межі можна зменшувати гнучкість.

При зменшені гнучкості стержня радіус інерції *i*, а значить, і висота перерізу H збільшуються. Для того, щоб вияснити, як змінюється товщина стінки t при збільшені H і зменшені A $_{потр}$ перетворюємо формулу (12) :

$$2t = (H - \sqrt{H^2 - A_{nomp}})(H + \sqrt{H^2 - A_{nomp}})/(H + \sqrt{H^2 - A_{nomp}}) = \quad (13)$$

$$= A_{nomp}/(H + \sqrt{H^2 - A_{nomp}})$$

З формули (13) видно, що товщина стінки зменшується. Звідси, гнучкість стінки збільшується, тому що

$$\lambda_{\varpi} = h_{ef/t} \tag{14}$$

У відповідності з п.7.14 СНиП [I] гранична гнучкість стінки розраховується:

при $\bar{\lambda}\langle 1 \quad \bar{\lambda}_{uw} = 1{,}2$

$$\lambda_{uw} = \bar{\lambda}_{uw}\sqrt{E/Ry}$$

при $\bar{\lambda} \geq 1 \quad \bar{\lambda}_{uw} = 1{,}0 + 0{,}2\bar{\lambda} \leq 1{,}6$

де $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{Ry/E}$

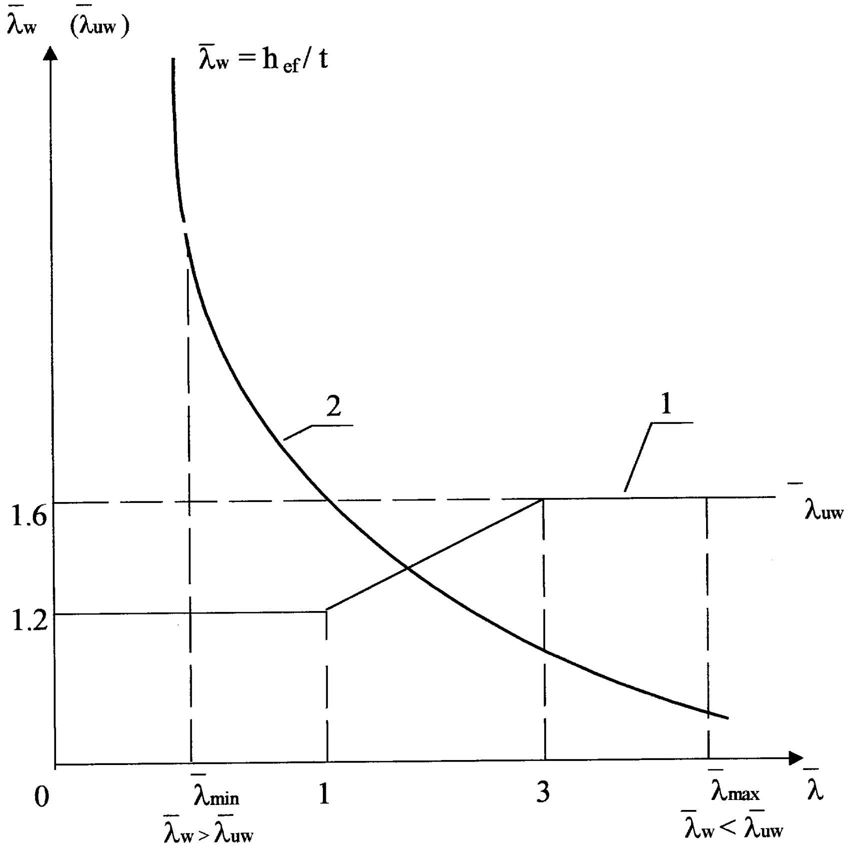

Рисунок 2. Графина інтерпретація залежності $\bar{\lambda} - \overline{\lambda_w}$ *і* $\bar{\lambda} - \overline{\lambda_{uw}}$.

На рис. 2 показано загальний характер залежності λ від $\lambda\ \omega$ (крива 1) і графік залежності λ від λ uw (крива 2), побудований на основі формули (15).

З приведених залежностей видно, що при зменшені гнучкості стержня λ гранична гнучкість стінки λ w зменшується, або не змінюється (при $\lambda<1$). Можна зробити наступний висновок: якщо зменшувати гнучкість стержня, то з одного боку гнучкість стінки збільшується, з другого боку, гранична гнучкість стінки зменшується. При $\lambda<1$ гранична гнучкість не змінюється.

Тому, з метою економії матеріалу, гнучкість стержня можна зменшувати доти, доки гнучкість стінки не дорівнюватиме граничній $\lambda w=\lambda_{uw}$. Далі зменшувати неможливо, тому що не буде виконуватись умова $\lambda_w\leq\lambda_{uw}$. Отже, у випадку $\lambda_w=\lambda_{uw}$, гнучкість стінки буде оптимальною, $\lambda=\lambda_{опт}$.

Визначення $\lambda_{опт}$ виконуємо методом послідовних наближень діленням відрізка навпіл (див.рис.2). Задаємося значеннями:

λ min (при якому $\lambda_w>\lambda_{uw}$)

λ max (при якому $\lambda_w<\lambda_{uw}$)

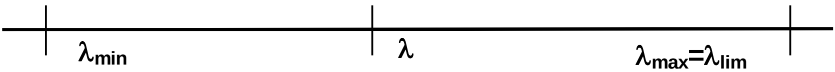

Рисунок 3. Ділення відрізка навпіл при виконанні метода послідовних наближень.

У першому циклі наближень приймаємо гнучкість стержня $\lambda=1/2(\lambda_{max}+\lambda_{min})$, для якої знаходимо λ_w і λ_{uw}, використовуючи приведені вище залежності:

Якщо виявиться, що $\lambda_w<\lambda_{uw}$, то значення $\lambda_{опт}$, що вишукують, лежить в межах $\lambda_{min}<\lambda_{опт}<\lambda$. Тоді слід прийняти нове значення $\lambda_{max}=\lambda$, нове $\lambda=1/2(\lambda_{max}+\lambda_{min})$ і виконати наступний цикл наближень; якщо виявиться, що $\lambda_w>\lambda_{uw}$, то значення $\lambda_{опт}$, що вишукується, лежить в межах $\lambda<\lambda_{опт}<\lambda_{max}$. Тоді слід прийняти нове $\lambda_{min}=\lambda$, нове $\lambda=1/2(\lambda_{max}+\lambda_{min})$ і, також виконати наступний цикл наближень; якщо виявиться, що $\lambda_w=\lambda_{uw}$, то це значення буде оптимальним $\lambda=\lambda_{опт}$.

Кількість циклів наближень залежить від заданої точності знаходження гнучкості стінки. Алгоритм вирішення задачі приведено на рис.4.

Висновки:

1. При розрахунках центрально-стиснутих стержнів коробчатого квадратного перерізу при зменшенні гнучкості стержня з одного

боку збільшується гнучкість стінки, а гранична гнучкість зменшується, або не змінюється.

2. Розроблений алгоритм дозволяє підібрати розміри поперечного перерізу коробчатого квадратного центрально-стиснутого стержня за рівності розрахункових довжин в обох площинах, виходячи з нормативних вимог СНиП і мінімальних витрат метала.

Література:

1. СНиП I I – 23 – 81* Стальные конструкции

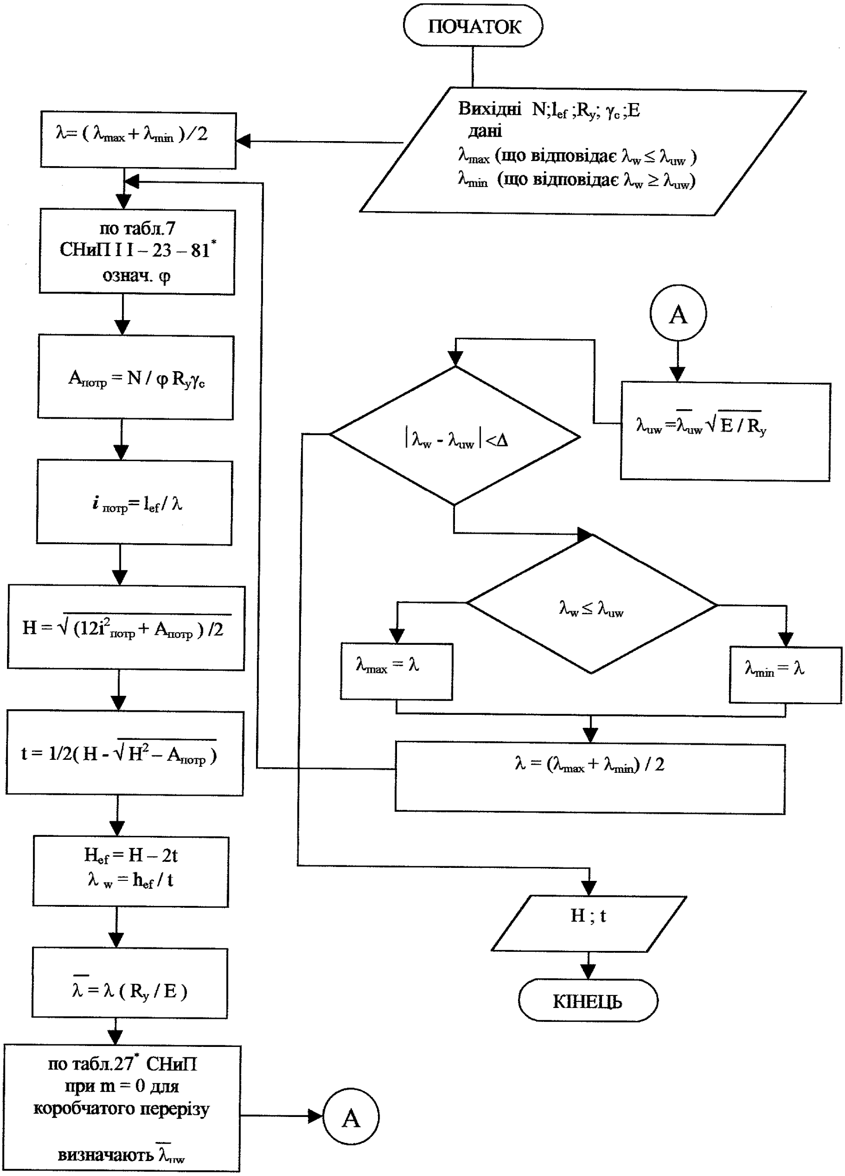

Рисунок 4. Алгоритм вирішення задачі.