

УДК 624.072.014

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ БІСТАЛЕВИХ СТЕРЖНІВ ЗА МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ

В.С.Шебанін, доктор технічних наук, професор

І.І.Хилько, старший викладач

Миколаївський державний аграрний університет

У статті розглянуто питання дослідження несучої здатності бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій з урахуванням умов виконання першого та другого граничних станів. Розроблено методику розрахунку несучої здатності бісталевих стержнів за межею пружності та відповідну програму на ПЕОМ.

В статье рассмотрен вопрос исследования несущей способности бистальных стержней в области ограниченных пластических деформаций с учетом условий выполнения первого и второго предельных состояний. Разработана методика расчета несущей способности бистальных стержней и соответствующую программу на ПЭВМ.

Розрахунок міцності стиснуто(розтягнуто)-зігнутих бісталевих стержнів за недеформованою схемою у формі перевірки умовних напружень у найбільш навантаженому перерізі виконується за формулою:

$$\frac{N}{A_f + A_2 R_w / R_f} \pm \frac{M}{C_{Nx} I_x} y \leq R_f \gamma_c, \quad (1)$$

де C_{Nx} — коефіцієнт, що враховує обмежений розвиток пластичних деформацій [1].

Дана формула дозволяє при заданих поздовжньої N і поперечної F силах, розрахунковому опорі матеріалу стержня R_y , граничній величині пластичних деформацій $\varepsilon_{ip,lim}$ підібрати геометричні розміри перерізу стержня так, щоб при заданій схемі навантаження в найбільш навантаженому перерізі досягалася величина $\varepsilon_{ip,lim}$.

Значення згинальних моментів у формулі (1), які знаходяться за недеформованою схемою, відрізняються на певну величину від значень згинальних моментів, які знайдено за деформованою схемою з урахуванням впливу прогинів, що можна врахувати введенням корегуючого коефіцієнта. Тому для розрахунку міцності стиснуто(розтягнуто)-зігнутих стержнів треба враховувати вплив прогину на величину ексцентриситету поздовжнього зусилля, що змінює значення згинальних моментів, збільшуючи їх при стискуванні $M_d = M + N_y$, та зменшуючи при розтягуванні $M_d = M - N_y$, де y – значення прогинів, знайдених по всій довжині стержня.

Епюри згинальних моментів від діючої поздовжньої сили за рахунок прогинів зображено на рис.1, д та рис. 2, д.

Для практичних розрахунків міцності бісталевих стержнів за критерієм обмежених пластичних деформацій будемо застосовувати формулу (1), доповнену коефіцієнтом v

$$\frac{N}{A_f + A_2 R_w / R_f} \pm \frac{v M}{C_{N_x} I_x} y \leq R_f \gamma_c, \quad (2)$$

де v – корегуючий коефіцієнт, який враховує роботу стержнів за деформованою схемою.

У випадку стиску з поперечним згином корегуючі коефіцієнти $v > 1$ і тоді величина згинального моменту $M_d^{\max} = v \cdot M^{\max}$ у найбільш навантаженому перерізі стержня визначена з урахуванням деформованої схеми, більше ніж величина згинального моменту $M^{\max}$, знайденого за недеформованою схемою. Коефіцієнт $v > 1$, оскільки $M_d^{\max} = M^{\max} + N_y^* = v M^{\max}$, тоді

$$v = (M^{\max} + N_y^*) / M^{\max}. \quad (3)$$

При розтягуванні з поперечним згином корегуючі коефіцієнти $v < 1$, оскільки згинальний момент $M_d^{\max} = M^{\max} - N_y^* = v M^{\max}$, тоді

$$v = (M^{\max} - N_y^*) / M^{\max}. \quad (4)$$

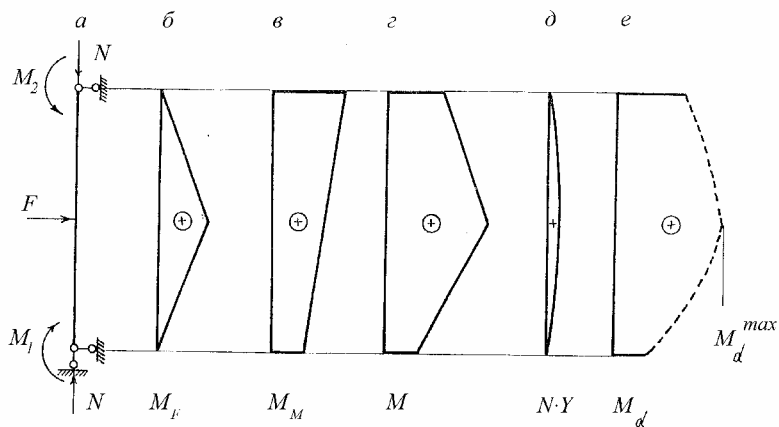


Рис. 1. Напружено-деформований стан бісталевого стержня при стиску з протилежними за знаком кінцевими моментами

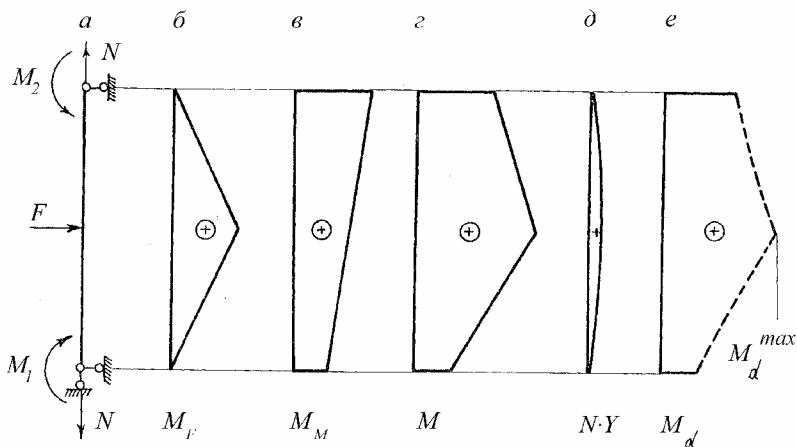


Рис.2. Напружено-деформований стан бісталевого стержня при розтягу з протилежними за знаком кінцевими моментами

В даному випадку величина згинального моменту $M_d^{\max}$ менша величини $M_{\max}$. У формулах 3 і 4 y^* — величина прогину в найбільш напруженому перерізі стержня, N — абсолютна величина поздовжньої сили.

Числові значення корегуючих коефіцієнтів ν визначаються безпосередньо з прямого розрахунку математичної моделі стержня на ПЕОМ за розробленою програмою у відповідності з алгоритмом [2]. Коефіцієнти ν обчислювалися залежно від величини поздовжньої сили N , геометричних розмірів стержня l , A ($A = A_1 + A_2 + A_3$) та властивостей матеріалу при шарнірному закріпленні кінців стержня.

Таким чином, для стержня, що розглядається, коефіцієнти ν є функцією від N , l , A (також і відношення A_3/A_1), λ , R_y , μ . Коефіцієнти $\mu = 1$, оскільки вивчаються тільки стержні шарнірно закріплені на кінцях. Як показали проведенні дослідження, вплив деформованої схеми незначно залежить від матеріалу стержня, тобто коефіцієнти μ мало залежать від величини розрахункового опору R_y . Тому таблиці корегуючих коефіцієнтів складено для значення $R_y = \sigma_T = 210 \text{ МПа}$.

Але при розрахунку міцності перерізу стержня властивості матеріалу, які визначаються його розрахунковим опором, мають значний вплив. Тому у формулі (2) введено коефіцієнт $C_{N_x}[1]$, який враховує обмежений розвиток пластичних деформацій залежно від величини розрахункового опору матеріалу стержня R_y .

Отже, корегуючі коефіцієнти є функцію п'яти змінних $\nu = \nu(N, l, A, A_3/A_1, \lambda)$, що робить таблиці коефіцієнтів ν великими за обсягом. Тому доцільним є введення узагальненого параметру υ , який можна отримати, використовуючи формулу Ейлера $N_{кр} = \pi^2 EI / (\mu l)^2$ заміною в ній сталої π на змінну величину $\upsilon < \pi$. Тоді з урахуванням того, що $\mu = 1$, одержимо

$$N_{кр} = \upsilon^2 EI / l^2. \quad (5)$$

В інших більш складних випадках закріплення кінців стержня, коефіцієнт вільної довжини μ виражається через π і ν : $\mu = \sqrt{\pi/\nu}$ [3]. З формули 4 для узагальненого параметру ν отримаємо залежність

$$\nu = I \cdot \sqrt{N/(EI)}, \quad (6)$$

або, враховуючи, що $\lambda = I/\sqrt{I/A}$, будемо мати

$$\nu = \lambda \cdot \sqrt{N/(EA)}. \quad (7)$$

Таким чином, узагальнений параметр ν є функцією від N, I, A, λ : $\nu = \nu(N, I, A, \lambda)$ і дозволяє значно зменшити об'єм таблиць корегуючих коефіцієнтів ν та компактно їх скомпонувати, оскільки залежності (6) чи (7) дозволяють отримати при різних комбінаціях вказаних параметрів з області стійкого стану одне і те саме значення параметра ν .

З урахуванням узагальненого параметру ν коефіцієнт ν можна представити як функцію від ν і A_3/A_1 , тобто $\nu = \nu(\nu, A_3/A_1)$.

Розрахунки, виконані на ПЕОМ, показали, що корегуючі коефіцієнти ν практично не залежать від асиметрії перерізів, тобто від відношення A_3/A_1 . Дане явище пояснюється тим, що при заданій схеми навантаження та фіксованих значеннях ν і $\varepsilon_{ip,lim}$ зміна відношення A_3/A_1 приводить до зміни значень A, I, λ, I таким чином, щоб значення ν було те саме.

Таким чином, корегуючий коефіцієнт ν залежить тільки від величини узагальненого параметру ν , тобто $\nu = \nu(\nu)$. Наприклад, при стискуванні для величини граничної пластичної деформації $\varepsilon_{ip,lim} = 0,002$ залежно від схеми навантаження при $\nu = 0,7$ були результати, які наведено у наступній таблиці.

Таблиця

Схема навантаження												
A_3/A_1	0,4	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,8	1
ν	1,048	1,05	1,051	1,051	1,103	1,096	1,099	1,1	1,123	1,119	1,126	1,128
	1,05				1,1				1,12			

ВИСНОВКИ.

Використання отриманих результатів при розрахунку стиснуто-зігнутих бісталевих стержнів за критерієм обмежених пластичних деформацій з урахуванням деформованої схеми приводить до обґрунтованого збільшення надійності і рівномірності металевих конструкцій. При розтягу з поперечним згином урахування деформованої схеми згідно із запропонованою методикою приводить до підвищення навантажень на 22-34% у порівнянні з розрахунками моносталевих стержнів за недеформованою схемою при врахуванні розвитку обмежених пластичних деформацій. При розрахунку розтягнуто-зігнутих зварних колон економія сталі складає від 5 до 16% у порівнянні з розрахунками міцності, виконаними за недеформованою схемою. При розрахунку стиснуто-зігнутих зварних бісталевих колон за деформованою схемою економія матеріалу складає до 7% у порівнянні з розрахунками за СнП II-23-81*, виконаними для моносталевих колон зі сталі, що використовується у полках бісталевих колон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендации по проектированию бистальных балок. – М.: ЦНИИПроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова, 1985. – 47 с.
2. Шебанін В.С., Хилько І.І. Міцність бісталевих стержнів при згині з позовжною силою з урахуванням деформованої схеми в області обмежених пластичних деформацій. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. -1998.- вип.2.- С.123-128.
3. Шебанін В.С. Прочность изгибаемых стальных стержневых конструкций при учете физической и геометрической нелинейности в области ограниченных пластических деформаций. Докторская диссертация. -Одесса, – 1993.