

розрахунку геометричних параметрів розпірок дають підстави вважати їх прийнятними для проектування посиленних поздовжньо стиснених сталевих конструкцій під навантаженням.

1. Клименко Ф.Е., Барабаш В.М., Стороненко Л.І. *Металеві конструкції*. – 2-ге вид. – Львів: Світ, 2002. 2. Більський М.Р. *Експериментальні дослідження поздовжньо стиснутих сталевих конструкцій, посилення під навантаженням* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 520. – С. 9–16.3. А. с. 100439 СССР, МКН 37.3/03. *Способ усиления колон* / Н.М. Онуфриев. – Оубл. Бюл. // *Открытия. Изобрет.* – 1955. – № 4.

УДК 624. 014. 2

М.Р. Більський, М.В. Котів, Р.М. Котів
Національний університет Львівська політехніка,
кафедра будівельного виробництва

РОБОТА МЕТАЛЕВОГО СТРИЖНЯ ВІДКРИТОГО ПРОФІЛЮ, НАПРУЖУВАНОВОГО ЗАТЯЖКОЮ

© Більський М.Р., Котів М.В., Котів Р.М., 2008

Наведено результати дослідження роботи регулюючих сталевих елементів посилення стиснених сталевих стрижнів при реконструкції металевих каркасів будівель та споруд.

In this article resumed research results of work of regulative steel elements of strengthening of the compressed steel bars at the reconstruction of metallic frameworks of buildings.

Актуальність проблеми. Посилення сталевих конструкцій методом регулювання зусиль може дати істотну економію металу й можливість робити посилення під експлуатаційним навантаженням. Для посилення поздовжньо стиснених сталевих конструкцій дуже важливим є зменшення їх прогинів, що дає можливість збільшити їх стійкість. Цього можна досягти, застосувавши напружувані стрижні.

Аналіз останніх досліджень і не вирішені раніше частини проблеми. Методи посилення сталевих конструкцій передбачають збільшення поперечних перерізів і зміну конструктивної схеми [1]. Посилення поздовжньо стиснених сталевих конструкцій (стояків, колон) найпоширеніших практично важливих діапазонів гнучкостей у більшості випадків виконують збільшенням їх поперечного перерізу [1–3], що для малих гнучкостей не пов’язано з регулюванням зусиль, зате для середніх і великих гнучкостей таке регулювання доцільне [3]. Проте робота напружування регулюючих стрижнів вивчена недостатньо.

Регулювання зусиль за допомогою попереднього напруження при посиленні стиснених сталевих конструкцій зменшує їхні прогини [3]. Для досягнення максимального значення величини регулюючого зусилля необхідно детальніше вивчити роботу посилюючого пристрою стрижень–затяжка в процесі його виготовлення, напруження.

Мета роботи і задачі дослідження. Метою роботи є уточнення напружено-деформованого стану посилюючого стрижня в процесі його виготовлення. Основними завданнями дослідження були:

- а) перевірка стійкості елементів посилення в процесі його напруження, стиску затяжкою;
- б) теоретично обґрунтування розрахунку напружуваних затяжкою стрижнів.

Виклад основного матеріалу. В процесі виготовлення регулюючих елементів видовження затяжки при її натягуванні виводиться за межі довжини елемента, що напружується. Останній може бути з однією або двома діафрагмами, установленими відповідно посередині і в третинах його довжини.

Початкова вісь елемента описується синусоїдою

$$y_0 = f_0 \sin \frac{px}{l}, \quad (1)$$

де f_0 – випадковий його прогин.

Рівняння вигнутої осі елемента з однією діафрагмою посередині (рис. 1, а)

$$Ely_1'' = - \left(Nf_0 \sin \frac{px}{l} + Ny_1 - \frac{Q}{2} X \right), \quad (2)$$

де N – поздовжнє зусилля стиску елемента, що напружується; Q – пружний опір затяжки.

Розв'язок рівняння (2)

$$y_1 = - \frac{Q}{2Nk} \frac{\sin kx}{\cos kl/2} + \frac{Q}{2N} X + \frac{N}{N_e - N} f_0 \sin \frac{px}{l}, \quad (3)$$

де $k^2 = N/EI$, I – мінімальний момент інерції перерізу елемента; N_e – Ейлерова сила.
 $N_e = p^2 EI / l^2$.

Загальний прогин $y = y_0 + y_1$

$$y = \frac{N_e}{N_e - N} f_0 \sin \frac{px}{l} + \frac{Q}{2N} X - \frac{Q}{2Nk} \frac{\sin kx}{\cos kl/2}. \quad (4)$$

Прогин посередині стрижня

$$f = \frac{N_e}{N_e - N} f_0 + \frac{Ql}{4N} - \frac{Q}{2Nk} \operatorname{tg} \frac{kl}{2}. \quad (5)$$

Пружний опір затяжки відповідно до схеми (рис. 1, б)

$$\frac{Q}{2N} = \frac{2(f - c)}{l}, \quad (6)$$

де c – відстань від центру ваги поперечного перерізу затяжки до центру ваги перерізу елемента, що напружується, у місці діафрагми при закритому зазорі.

Після розв'язання системи двох рівнянь (5) і (6), маємо

$$Q = \left(f_0 \frac{N_e}{N_e - N} - c \right) 2Nk \operatorname{ctg} \frac{kl}{2}, \quad (7)$$

$$y = \left(f_0 \frac{N_e}{N_e - N} - c \right) \left(kx \operatorname{ctg} \frac{kl}{2} - \frac{\sin kx}{\sin kl/2} \right) + \frac{N_e}{N_e - N} f_0 \sin \frac{px}{l}. \quad (8)$$

Прогин посередині стрижня

$$f = \left(f_0 \frac{N_e}{N_e - N} - c \right) \frac{kl}{2} \operatorname{ctg} \frac{kl}{2} + c. \quad (9)$$

Згинальний момент у перерізі X-X

$$M = \frac{N}{\cos kl/4} c \left[\frac{1}{2} \frac{\sin kx}{\sin kl/4} \left(1 - n \frac{N_e}{N_e - N} \right) + n \frac{N_e}{N_e - N} \sin \frac{px}{l} \cos kl/4 \right], \quad (10)$$

де $n = f_0/c$.

Порівнюючи отриманий результат з формулою максимального моменту ($M = \frac{N_e}{\cos kl/2}$)

позацентрово-стисненого стрижня з ексцентриситетом прикладання навантаження e , бачимо, що ми отримали вираз величини моменту позацентрово-стисненого стрижня розрахункової довжини

$l_0 = \frac{1}{2}l$ з ексцентриситетом прикладання навантаження e_p

$$e_p = ck_1, \quad (11)$$

де

$$k_1 = \frac{1}{2} \frac{\sin kx}{\sin kl/4} \left(1 - n \frac{N_e}{N_e - N} \right) + n \frac{N_e}{N_e - N} \sin \frac{px}{l} \cos kl/4. \quad (12)$$

Місце знаходження розрахункового перерізу за довжиною елемента визначається за залежністю $\frac{dM}{dx} = 0$.

$$\frac{N_e}{N_e - N} \frac{np}{l} \cos \frac{px}{l} - \left(n \frac{N_e}{N_e - N} - 1 \right) k \frac{\cos kx}{\sin kl/2} = 0. \quad (13)$$

Після цього за рівнянням (12) визначається коефіцієнт k_1 , а за формулою (10) – максимальна величина моменту.

При навантаженні $N = N_e$, розкривши невизначеність, одержуємо так формули для визначення прогинів і моментів у перетині стрижня X-X.

$$y = c \left[\frac{np}{2} \frac{X}{l} \left(\frac{p}{2} + \cos \frac{px}{l} \right) + \sin \frac{px}{l} \right]; \quad (14)$$

$$M = N_e c \left(\sin \frac{px}{l} + n \frac{p}{2} \frac{X}{l} \cos \frac{px}{l} \right). \quad (15)$$

При $x = \frac{l}{2}$, формули (14) та (15) набудуть вигляду $y_{x=l/2} = c + \frac{p^2 f_0}{8}$, $M = N_e c$.

Необхідно зазначити, що в місці діафрагми згинальний момент в елементі при будь-якій величині стискаючого зусилля N дорівнюватиме $M = N c$.

Значення коефіцієнта k_1 у розрахунковому перерізі для $n = 0.5 - 10$ залежно від відношення $\frac{N_{kp}}{N_e}$ наведено на рис. 2.

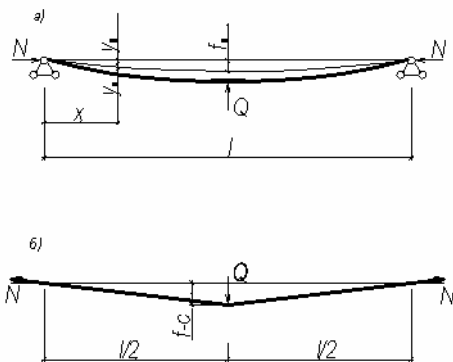


Рис. 1. Розрахункова схема:
а – стиснутого стрижня; б – зтяжки

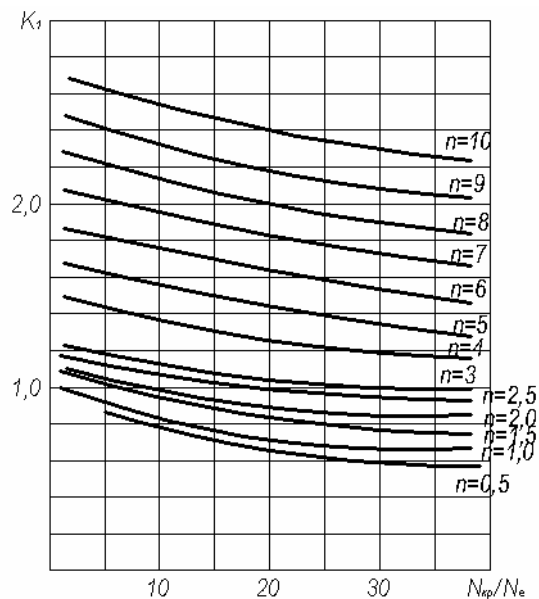


Рис. 2. Коефіцієнти K_1

Аналогічно для елемента із двома діафрагмами, які встановлені в третинах його довжини, одержуємо такі вирази прогинів і моментів у середній його частині.

$$y = \left(f_0 \frac{N_e}{N_e - N} \frac{\sqrt{3}}{2} - c \right) \left[\frac{kl}{3} \frac{\cos kl/2}{\cos kl/6 \sin kl/3} - \frac{\cos k \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cos kl/6} \right] + f_0 \frac{N_e}{N_e - N} \sin \frac{px}{l}; \quad (16)$$

$$M = N f_0 \frac{N_e}{N_e - N} \sin \frac{px}{l} + N \frac{\cos k \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cos kl/6} \left(f_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{N_e}{N_e - N} - c \right). \quad (17)$$

Максимальний момент посередині стрижня

$$M_{MAX} = \frac{N}{\cos kl/6} \left[c + f_0 \frac{N_e}{N_e - N} \left(\cos kl/6 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right]. \quad (18)$$

Отримана формула є виразом розрахункового моменту позацентрово-стисненого стрижня розрахунковою довжиною $l_0 = \frac{l}{3}$ з ексцентриситетом прикладання зовнішньої сили e_p

$$e_p = c + f_0 \frac{N_e}{N_e - N} \left(\cos kl/6 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right). \quad (19)$$

Позначивши вираз

$$\frac{N_e}{N_e - N} \left(\cos kl/6 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = k_2, \quad (20)$$

одержимо

$$e_p = c + f_0 k_2. \quad (21)$$

Коефіцієнт k_2 , обчислений для різних відношень $\frac{N_{кр}}{N_e}$ наведено в таблиці.

Значення коефіцієнта k_2

$\frac{N_{кр}}{N_e}$	0	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
k_2	0,134	0,133	0,132	0,131	0,130	0,128	0,1265
$\frac{N_{кр}}{N_e}$	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,5
k_2	0,125	0,122	0,119	0,116	0,114	0,111	0,110

За значеннями коефіцієнтів k_1 і k_2 завдання визначення несучої здатності елементів стиснутих зтяжкою вирішується методом підбору. Для цього задаємося величиною зусилля $N_{кр}$, визначаємо коефіцієнт k_1 (рис. 2) або k_2 (таблиця), обчислюємо за формулами (11), (21) розрахунковий ексцентриситет e_p і знаходимо критичну силу $N_{кр}$ за СНиП II-23-81* як для позацентрово-стисненого стрижня розрахунковою довжиною $l_0 = \frac{l}{2}$, для стрижня з однією діафрагмою, $l_0 = \frac{l}{3}$ – для стрижня із двома діафрагмами. Завдання можна вважати вирішеним, якщо отримане значення $N_{кр}$ дорівнюватиме раніше прийнятому.

Висновки: 1) стійкість елементів посилення в процесі їх стиску за допомогою зтяжок забезпечується однією (посередині), або двома діафрагмами (у третинах довжини);

2) інженерний розрахунок стійкості напружуваних елементів посилення достатньо виконувати згідно зі СНиП II-21-83* “Сталеві конструкції. Норми проектування ” як позацентровостиснених стрижнів.

1. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. *Металеві конструкції*. – Львів: Світ, 2002. – 312 с. 2. Більський М.Р. *Посилення металевих конструкцій під навантаженням*. – К.: Будівельник, 1975. – 120 с. 3. Бельский М.Р. *Усиления сжатых стержней стальных конструкций под эксплуатационной нагрузкой*. – М.: Стройиздат, 1984. – 120 с.

УДК 624.012:620.193

З.Я. Бліхарський, Р.Є. Хміль, Р.В. Вашкевич, Р.Ф. Струк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ВПЛИВ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАВАНТАЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ

© Бліхарський З.Я., Хміль Р.Є., Вашкевич Р.В., Струк Р.Ф., 2008

Наведено результати лабораторних експериментальних досліджень одночасного впливу агресивного середовища та навантаження на показники міцності арматурної сталі.

The results of laboratory experimental researches of simultaneous influence of aggressive environment and loading on the indexes of durability of armature steel are resulted in the article.

Постановка проблеми. Досвід і дослідження показують, що в місці перетину арматури тріщинами, які утворюються в розтягнутій зоні бетону, сталь може кородувати. Корозія починається тим раніше і розвивається тим швидше, що агресивнішим є середовище і більшою – ширина розкриття тріщин. Ступінь небезпечності корозії арматури у тріщині залежить від особливостей арматури: поперечного перерізу стрижнів і характеру її корозійної поведінки.

Загальна тенденція впливу різних дефектів на міцність металів є широко вивчена експериментально та теоретично лише для геометрично правильних концентраторів напружень. Для пошкоджень, які мають неправильну форму, наприклад, корозійної виразки, значно менше даних і в кожному конкретному випадку необхідно експериментально знаходити їх вплив на механічні властивості металів. Теоретичні розрахунки у цьому випадку ускладнені внаслідок важкопрогнозованої і складної форми поверхневих дефектів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки арматура так, як і бетон, є одним із складників залізобетонних конструкцій, вплив агресивного середовища на арматурну сталь досліджували ряд дослідників. Чим агресивніше середовище, тим більше знижується межа втоми за одночасної дії середовища і концентрації напружень, хоча це проходить менш інтенсивно, ніж на гладких зразках [1]. Так, у 3 % розчині натрію хлориду витривалість зразків із сталі 40Х з концентраторами напружень типу V-подібних кругових надрізів знижується на 15–20 %, а гладких зразків – на 70 % [4]. Дослідження впливу корозійного пошкодження на механічні властивості сталей 20Х і 40Х, показали, що всі типи корозійного пошкодження вуглецевих сталей незначно зменшують межі міцності і текучості. Вони одночасно можуть бути причиною втрати пластичних властивостей сталі, що характеризуються відносним видовженням і відносним звуженням та технологічною пробою на перегин. Для алюмінієвих сплавів спостерігаються подібні тенденції впливу корозійних пошкоджень на їх механічні властивості – знижується границя міцності та відносне видовження. Ці величини теж залежать від характеру пошкоджень [2].