

УДК 624.072.33

*Д-р техн. наук А.П. Фалендиш,  
інж. Е.А. Беліков*

*A.P. Falendysh  
E.A. Belikov*

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТАЛЕБЕТОННОЇ БАЛКИ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ**

**CROSS-SECTION CHARACTERIZATION OF SQUARE STEEL  
CONCRETE BEAM**

**Постановка проблеми.** Проектування на стадії створення технічного проекту пов'язано з конструктивними розробками елементів вузлів та сполучень, із виконанням розрахунків для визначення розмірів елементів та їх перерізів та створення робочих креслень. Споруда, яку побудовано за оптимальним проектом, має відрізнятися від інших, подібних, меншими витратами матеріалів, масою чи вартістю. При розробленні ефективного алгоритму визначення області оптимальних геометричних розмірів сталобетонної балки прямокутного перерізу необхідно враховувати можливі ресурси матеріалів, з яких виготовлено конструкцію [1,2].

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Протягом останніх років нарівні із значними експериментальними дослідженнями сталобетонних та трубобетонних конструкцій, що виконані під керівництвом професорів Е.Д. Чихладзе та Л.І. Стороженка [3,4], велика увага приділяється раціоналізації перерізів таких конструкцій, що дозволяє значно покращити показники їх матеріалоємності, вартості та трудомісткості [5,6].

**Формулювання цілей статті.** Мета досліджень полягає в розробленні

математичної моделі аналізу несучої здатності сталобетонної балки за допомогою методу приведенного перерізу та графічного визначення області оптимальних геометричних характеристик з урахуванням властивостей матеріалів (бетон та сталь).

**Основний матеріал досліджень.** Розглянемо сталобетонну балку прямокутного перерізу. Її розрахунок будемо проводити згідно з методом приведенного перерізу, який дозволяє розраховувати конструкції з різних матеріалів за допустимими напруженнями.

Знайдемо площу поперечного перерізу, приведенного до бетону, за формулою

$$A_{c'} = A_c + \eta_c \cdot A_s. \quad (1)$$

Площу поперечного перерізу, приведенного до сталі, визначаємо за формулою

$$A_{s'} = A_s + \eta_s \cdot A_c. \quad (2)$$

де  $\eta_s$ ,  $\eta_c$  – коефіцієнти, що визначають співвідношення модулів пружності матеріалів (сталі та бетону) приведенного перерізу, який визначається згідно з формулами для приведенного бетонного та сталю перерізів відповідно:

$$\eta_b = \frac{E_s}{E_c}, \quad \eta_s = \frac{E_c}{E_s}. \quad (3)$$

$$A_s = (h - 2\delta) \cdot (b - 2\delta), \quad (4)$$

Розглянемо характер зміни площі початкового бетонного перерізу (рис. 1) в залежності від зміни його геометричних розмірів:

де  $h, \delta, b$  – геометричні характеристики початкового поперечного перерізу, см:  $\delta = (0.1 \div 1.0)$ ,  $h = 2 \cdot b$ ,  $b = (1 \div 100)$ .

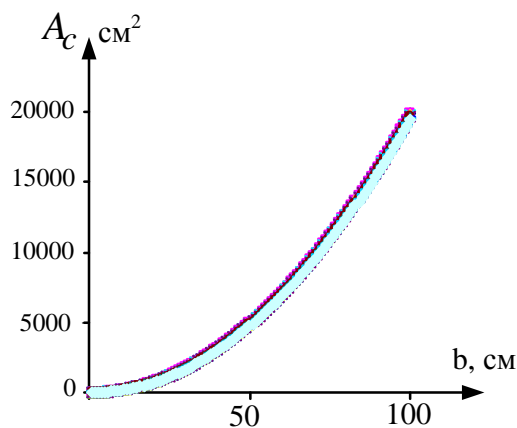


Рис. 1. Зміна початкової площі бетону

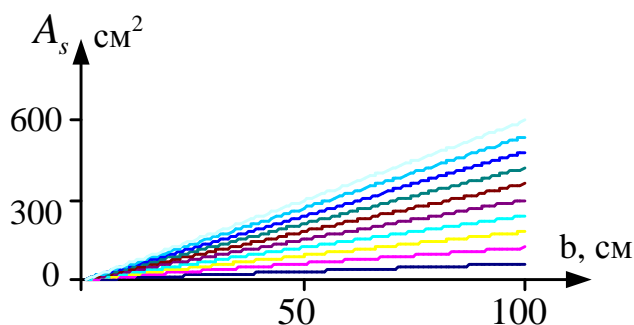


Рис. 2. Зміна початкової площі сталі

Визначимо площу приведенного бетонного перерізу (1) при класі бетону С16/20, С25/30, С32/40:

$$A_s(\delta, b) = h \cdot b - A_s(\delta, b). \quad (6)$$

Обчислюємо площу приведенного сталю перерізу (2):

$$A_c'(\delta, b) = A_c(\delta, b) + \eta_c \times A_s(\delta, b). \quad (5)$$

$$A_s'(\delta, b) = A_s(\delta, b) + \eta_s \times A_c(\delta, b). \quad (7)$$

Розглянемо характер зміни площі початкового сталю перерізу (рис. 2) в залежності від зміни його геометричних розмірів:

Порівняльні графіки приведенної площі бетонного та сталю перерізів у залежності від класу бетону й товщини обійми на рис. 3 та 4.

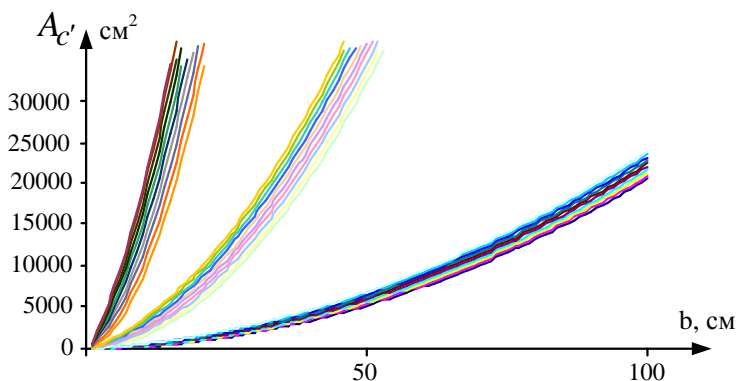


Рис. 3. Значення приведенної площі бетонного перерізу в залежності від класу бетону й товщини обійми

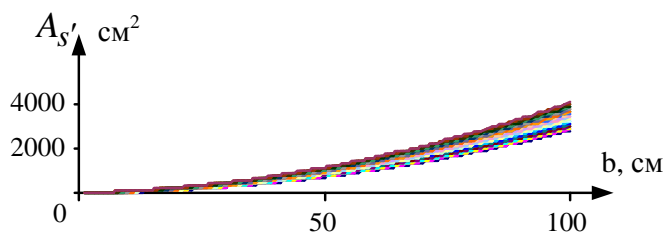


Рис. 4. Значення приведеної площі сталю перерізу

Приведений модуль пружності бетонного перерізу становить:

$$\frac{E_c}{A_c} + \frac{E_s}{A_s} = \frac{E_{c'}}{A_{c'}} \quad (8)$$

$$E_{c'} = A_{c'} \times \left[ \left( \frac{E_c}{A_c} + \frac{E_s}{A_s} \right) \right] \quad (9)$$

Приведений модуль пружності сталю перерізу:

$$\frac{E_c}{A_c} + \frac{E_s}{A_s} = \frac{E_{s'}}{A_{s'}} \quad (10)$$

$$E_{s'} = A_{s'} \times \left[ \left( \frac{E_c}{A_c} + \frac{E_s}{A_s} \right) \right] \quad (11)$$

Визначимо приведенний момент інерції бетонного та сталю перерізів:

$$I_{c'} = I_c + \eta_c \times I_s \quad (12)$$

$$I_{s'} = I_s + \eta_s \times I_c \quad (13)$$

де  $I_c = \frac{(b - 2\delta) \times (h - 2\delta)^3}{12}$ ,

$$I_s = \left[ \left( \frac{h - \delta}{2} \cdot b \cdot 2\delta \right) \right] \text{ чи} \quad (14)$$

$$I_s = \frac{(bh^3)}{12} - \left[ \frac{(b - 2\delta) \times (h - 2\delta)^3}{12} \right]$$

На рис. 5 та 6 наведено порівняльні графіки приведенного моменту інерції бетонного та сталю перерізів у залежності від класу бетону й товщини обійми.

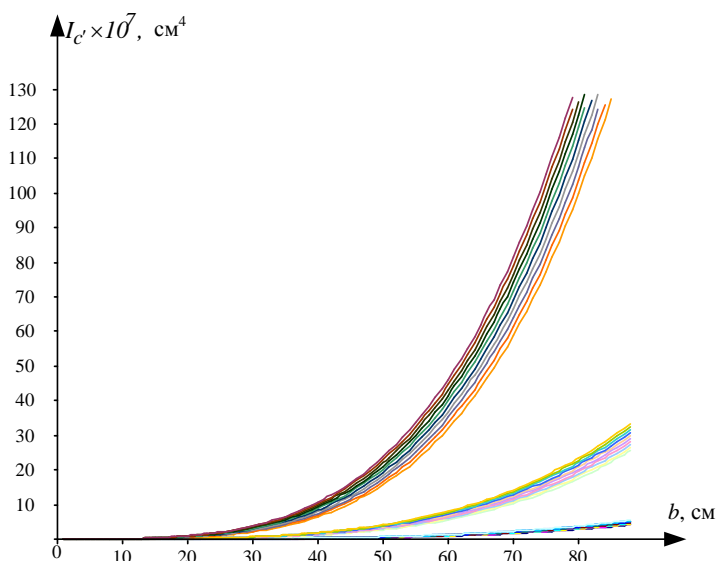


Рис. 5. Значення приведенного моменту інерції бетонного перерізу

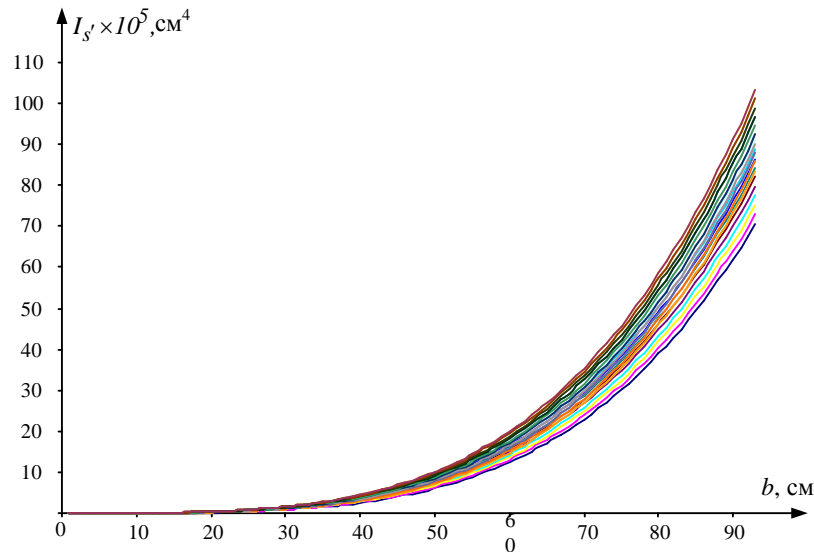


Рис. 6. Значення приведенного моменту інерції сталю перерізу

**Висновки.** Отримано області оптимальних геометричних характеристик для сталобетонної балки прямокутного поперечного перерізу з бетонами класу С16/20, С25/30, С32/40 та різною товщиною обойми.

#### Список літератури

1. Чихладзе, Е.Д. Спрощена діаграма граничних станів сталобетонного елемента в задачах оптимізації стержневих конструкцій [Текст] / Е.Д. Чихладзе, М.Г. Черненко // Зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59, кн.1. – С. 310-317.
2. Черненко, М.Г. Узагальнена діаграма граничних станів елемента в задачах оптимізації стержневих конструкцій [Текст] / М.Г. Черненко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 56. – С. 100-105.
3. Расчет трубобетонных конструкций [Текст] / Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.Я. Чорний. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.
4. Основы расчета и проектирования комбинированных и сталобетонных конструкций [Текст] / Э.Д. Чихладзе, Г.Л. Ватуля, Ю.П. Китов [и др.]; под ред Э.Д. Чихладзе. – К.: Транспорт Украины, 2006. – 104 с.
5. Китов, Ю.П. Влияние параметров проектирования на оптимальность конструкции стальных балок / Ю.П. Китов, Г.Л. Ватуля // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 56. – С. 100-105.

**Ключові слова:** початкові геометричні характеристики, приведений момент інерції, модуль пружності, сталобетонна балка.

#### Анотації

Отримано області, які є оптимальними за критерієм раціонального використання запасу міцності матеріалів конструкції (бетону та сталі), для геометричних характеристик

поперечних перерізів сталобетонної балки з бетонами класу C16/20, C25/30, C32/40 та товщиною обійми від 0,1 до 1,0 см.

Выбраны оптимальные области по критерию рационального использования запаса прочности материала конструкции (бетона и стали), для геометрических характеристик поперечных сечений сталобетонной балки с бетонами класса C16/20, C25/30, C32/40 и толщиной обоймы от 0,1 до 1,0 см.

It's determine the optimal data area using the criteria of rational utilizing of material (steel and concrete) safety coefficient for cross-sections geometrical properties of steel concrete beam with concrete strength C16/20, C25/30, C32/40 and case thickness from 0.1 to 1.0 sm.