

УДК 539.4:624.011

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ З ВИКОРИСТАННЯ ДІАГРАМ ДЕФОРМУВАННЯ БЕТОНУ ТА АРМАТУРИ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА И АРМАТУРЫ**

**DEFINITION FLEXURE REINFORCED CONCRETE BEAM FROM DIAGRAM CONCRETE DEFORMATION AND REINFORCMENT**

Гомон П.С., к.т.н., Бичковський Т., студент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Гомон П.С., к.т.н., Бычковский Т., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Gomon P.S., candidate of technical scienses, Bychkovskiy T., student  
( National university of water managements and natural recourses used, Rivne )

Приведений приклад визначення прогинів балки з використанням діаграм деформування бетону та арматури. Виконано побудову залежності «момент кривина».

Приведенный пример определения прогибов балки с использованием диаграмм деформирования бетона и арматуры. Выполнено построение зависимости «момент кривизна».

The examples of determining beam deflections using strain diagrams of concrete and reinforcement. Done building dependency "moment curvature".

**Ключові слова:**

Прогин, балка, залізобетон.

Прогиб, балка, железобетон.

Deflection, beams, reinforced concrete.

**Стан питання.** Введення нових норм [1] та [2] потребує пришвидшеної перебудови всього навчально-методичного забезпечення навчального процесу: підготовку навчальних посібників, методичних розробок тощо. Багато положень ДБН і ДСТУ потребують додаткових теоретичних роз'яснень та рекомендацій щодо практичного їхнього використання. На

даний момент існує багато робіт [5,6,7,8,9], які в розрахунках використовують діаграми деформування бетону, проте відсутній простий практичний метод розрахунку прогинів залізобетонних елементів, який міг би використати, як аспірант, так і викладач.

**Основні передумови.** Для визначення прогинів залізобетонної балки були використані залежності між напруженнями в бетоні  $\sigma_c$  і деформаціями  $\epsilon_c$  (Рис. 1). та залежності між напруженнями в арматурі  $\sigma_s$  і деформаціями  $\epsilon_s$  (Рис. 2).

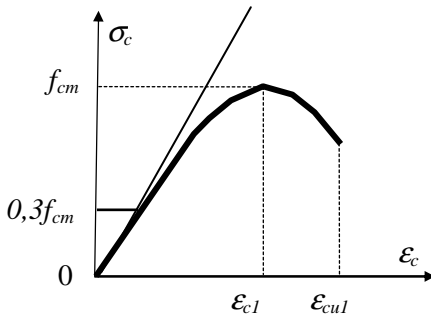


Рис. 1. Діаграма “напруження – деформації” бетону

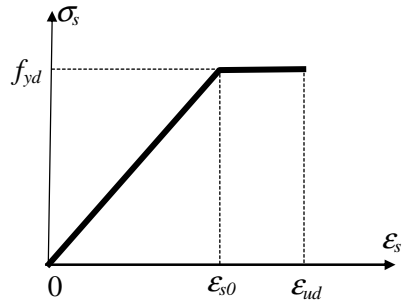


Рис. 2. Діаграма “напруження – деформації” арматури

Залежність між напруженнями в бетоні  $\sigma_c$  і деформаціями  $\epsilon_c$  для короткотривалого осьового навантаження описується рівнянням типу

$$\sigma_c = f_{cd} \sum_{k=1}^5 a_k \eta^k, \quad (1)$$

де  $f_{cd}$  - розрахункове значення міцності бетону на стиск [1];

$a_k$  - коефіцієнти полінома [1];  $\eta = \epsilon_c / \epsilon_{c1}$ ;

$\epsilon_{c1}$  - деформація бетону при максимальних напруженнях, при розрахунку за першою групою граничних станів приймається  $\epsilon_{c1,cd}$

Залежність між напруженнями в арматурі  $\sigma_s$  і деформаціями  $\epsilon_s$  в розтягнутій арматурі при відносній деформації  $\epsilon_s < \epsilon_{s0}$  слід приймати  $\sigma_s = \epsilon_s E_s$  в випадку коли  $\epsilon_{ud} > \epsilon_s > \epsilon_{s0}$  слід приймати  $\sigma_s = f_{yd}$ .

Для визначення прогину балки слід встановити залежність «момент-кривина» для різних перерізів залізобетонної балки, за методикою, яка описана в [3]. З використанням залежності «момент-кривина» та епюри згинального моменту можна встановити кривину в кожній точці балки.

Якщо залізобетонну балку розділити на рівні частини і визначити на краях цих проміжків кривину, то можна встановити середнє значення кривини на всій ділянці балки.

Нехай ми маємо  $i$  – ту ділянку балки довжиною  $l_i$  в якій в кожній точці по довжині виникає постійна кривина  $\chi_i$  (Рис. 3). Тоді кут повороту двох країв цієї ділянки (Рис. 3) буде дорівнювати

$$\alpha_i = \frac{l_i}{R_i} \quad (2)$$

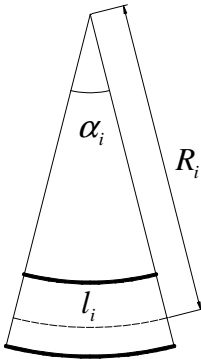


Рис. 3 Визначення кута повороту  $\alpha_i$

Як відомо кривина для такої ділянки буде оберненою величиною радіуса, тобто

$$\chi_i = \frac{1}{R_i} \quad (3)$$

З врахуванням (3) формула (2) прийме вигляд

$$\alpha_i = \chi_i l_i \quad (4)$$

Для визначення прогину балки слід задатися, початковими умовами, для балки з симетричним навантаженням, вихідними даними будуть: а) прогин на початку балки і в кінці балки дорівнює нулю б) кут повороту балки в її центрі рівний нулю.

Тоді визначення прогину балки буде включати визначення кутів повороту ділянок балки а також визначення прогинів на кожній ділянці цієї балки.

Кут повороту  $n$ -ої ділянки виходячи з центру балки можна визначити за формулою

$$\alpha_n = \sum_{k=1}^n \alpha_k + \alpha_0 \quad (5)$$

Прогин балки з симетричним навантаженням буде дорівнювати, сумі всіх прогинів ділянок з постійною кривиною, а також з початковим прогином точки з якої ведеться визначення прогину

$$f_n = f_0 + \sum_1^n f_i \quad (6)$$

Визначити прогин для  $i$ -ої ділянки можна за формулою

$$f_i = R_i \cos\left(\sum_{k=0}^{i-1} \alpha_k\right) - R_i \cos\left(\sum_{k=0}^i \alpha_k\right) \quad (7)$$

$$f_i = \frac{1}{\chi_i} \cos\left(\sum_{k=0}^{i-1} \alpha_k\right) - \frac{1}{\chi_i} \cos\left(\sum_{k=0}^i \alpha_k\right) \quad (8)$$

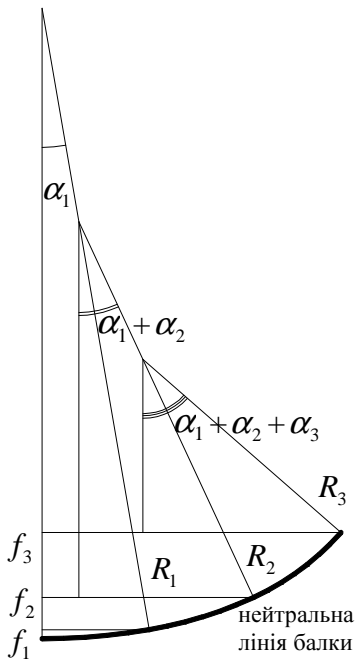


Рис. 4 Визначення прогину балки

При цьому слід виконувати визначення прогинів з точки, де відоме значення, початкового кута повороту балки  $\alpha_0$ .

### Визначення прогину залізобетонної балки.

Вихідні дані:

Довжина балки  $l = 6,1\text{ м}$ .

На балку діє рівномірне розподілене навантаження  $q = 22\text{ кН/м}$ .

Вихідні дані: матеріал – бетон класу С25/30.

розміри поперечного перерізу:

$h = 60\text{ см}$  - висота перерізу;

$b = 18\text{ см}$  – ширина перерізу;

$a_s = 3\text{ см}$  – товщина захисного шару;

балка армована в розтягнутій зоні –  $2\text{Ø}20$  А400С  $A_s = 6,28\text{ см}^2$ .

Характеристики бетону:

$f_{cd} = 14,5\text{ МПа} = 1,45\text{ кН/см}$ .

Характеристики арматури:

$f_{yd} = 385\text{ МПа} = 38,5\text{ кН/см}$ .

Для балки з незмінним перерізом встановлений графік «момент-кривина» (Рис. 4).

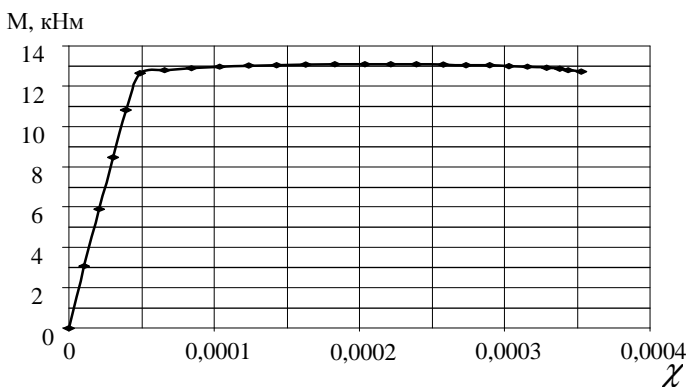


Рис. 5 Залежність згинального моменту від кривини для балки

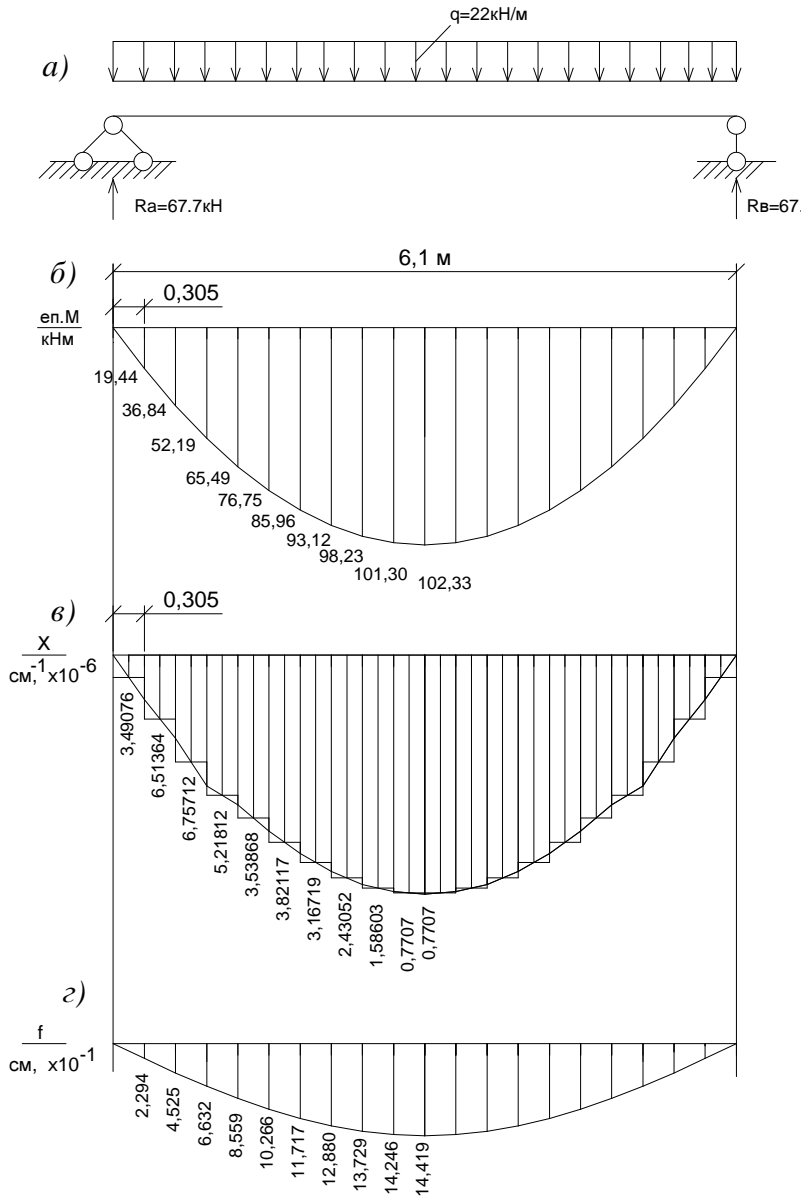


Рис. 6 Розрахункова схема балки, епюра згинаючих моментів, кривизни та прогинів ( а – розрахункова схема балки; б – епюра згинаючого моменту, кНм; в – зміна кривизни (графік), а також зміна кута повороту балки; г – епюра прогину балки )

Максимальний прогин від дії рівномірно розподіленого навантаження на дану однопролітну балку становить

$$f_{\max} = \sum_{i=1} f_i = 0,2294 + 0,2231 + 0,2107 + 0,1927 + 0,1706 + 0,1451 + 0,1163 + 0,0849 + 0,0517 + 0,0173 = 1,4417 \text{ см}$$

**Висновки:** Слід відзначити, що при наявності графіка момент-кривина для балки з незмінним перерізом, можна легко визначити прогин балки. Наведений аналітично-графічний метод розрахунку прогинів залізобетонних елементів має наступні переваги: доступність та використання нових норм проектування. А також недоліки: досить великий об'єм розрахунків при великій точності, який можна спростити за допомогою використання ЕОМ.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. 2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.– 166 с. 3. Бабич Є.М Розрахунок нерозрізних залізобетонних балок із використанням деформаційної моделі: Рекомендації /Є.М. Бабич, В.Є. Бабич, В.В. Савицький – Рівне: НУВГП, 2005. – 38 с. 4. Бабич Є.М Розрахунок несучої здатності поперечних перерізів згинальних залізобетонних елементів // Є.М. Бабич, В.Є. Бабич, В.В. Савицький / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2012. – Випуск 23. - С.94 - 103. 5. Бабич Є.М. Визначення напружено-деформованого стану та розрахунок згинальних залізобетонних елементів таврового перерізу // Є.М. Бабич, П.С. Гомон / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2011. – Випуск 21. - С.109-114. 6. Гомон П.С. Рівняння рівноваги та визначення внутрішніх зусиль в згинальних залізобетонних елементах таврового перерізу// П.С. Гомон / Матеріали студентської наукової конференції: Зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2007.- Випуск 2.- С.115-116. 7. Бамбура А. Н. Развитие методов оценки напряженно-деформированного состояния и несущей способности железобетонных конструкций на основе реальных диаграмм деформирования материалов / А. Н. Бамбура // Научно-практичні проблеми сучасного залізобетону: зб. тез першої всеукраїнської науково-технічної конференції. – Київ, 1996. – С. 36-39. 8. Бамбура А. М. До аналітичного описання діаграм механічного стану бетону при одноразовому короткочасному деформуванню / А. М. Бамбура // Будівельні конструкції: Збірник наукових праць. Випуск 57. – Київ, 2002. – С. 31-34. 9. Барашиков А. Я. Спрощені розрахунки несучої здатності нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів за деформаційною моделлю / А. Я. Барашиков, І. В. Задорожнікова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. Випуск 12. – Рівне, 2005. — С. 109-115.