

УДК 624.074.5

**ПОРІВНЯЛЬННЯ МЕТОДОЛОГІЇ НОРМАТИВНИХ РОЗРАХУНКІВ
ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ**

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ НОРМАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ**

**COMPARISON OF METHODOLOGY OF NORMATIVE CALCULATIONS
OF REINFORCED CONCRETE BEAM OF RECTANGULAR PROFILE**

Сіянов О.І., к.т.н., доцент (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця)

Сіянов А.И., к.т.н., доцент (Винницкий национальный технический университет, г. Винница)

Siyanov O.I., candidate of technical sciences, associate professor (Vinnytsya National Technical University, Vinnytsya)

Наведено приклад перевірки міцності перерізу звичайної залізобетонної балки. Здійснено порівняння характерних методологій нормативних розрахунків та виконано співставлення отриманих результатів. Розкрито резерви міцності перерізу конструкції.

Приведен пример проверки прочности сечения обычной железобетонной балки. Осуществлено сравнение характерных методологий нормативных расчетов и выполнено сопоставление полученных результатов. Раскрыты резервы прочности конструкции.

An example of verification of strength of profile of ordinary reinforced concrete beam is made. Comparison of characteristic methodologies of normative calculations is carried out and comparison of the got results is executed. Reserves of strength of construction are exposed.

Ключові слова:

Залізобетонна балка, перевірка міцності, нормативний розрахунок.

Железобетонная балка, проверка прочности, нормативный расчет.

Reinforced concrete beam, verification of strength, normative calculation.

Актуальність проблеми. Огляд публікацій. З введенням в дію у 2011 р. вітчизняного нормативного документа – державного стандарту (ДСТУ) в сфері бетонних і залізобетонних конструкцій [1] постало одне, але дуже

важливе питання щодо можливої зручності у використанні наведених в ньому положень для розрахунку.

Безумовно ні про які нарікання щодо фаховості видання не може бути й мови, адже по структурі, змісту та своїй суті документ – якісний, досить повний і узгоджений з аналогічними євро кодами [2]. Тим більше великий колектив [1] розробників чинного вітчизняного нормативу складається з числа висококваліфікованих фахівців, серед яких відомі в нашій державі і за кордоном заслужені наукові кадри та професіонали вищого рівня. Але думка про спрощення математичного апарату, забезпечення придатності для повсякденних розрахунків зовсім не нова і досі продовжує турбувати інженерну спільноту. Та й не тільки подібне питання будоражить звичайних спеціалістів, які отримали фахову підготовку і постійно стикаються з означеною проблемою.

В науковому світі теж спостерігається незадоволення в частині використання сучасних вітчизняних будівельних норм. Зокрема автор статті [3] констатує наявність незручностей в окремих положеннях чинного документа і пише “певне ускладнення розрахунків у багатьох випадках не призводить до пропорційного підвищення їх точності”. І таке твердження звичайно відповідає істині, адже вдало відображає недосконалість у викладенні рекомендованих методик.

Нині навіть пряме використання сучасних норм не завжди дозволяє виконати необхідні обчислення. Так, розрахунок простих залізобетонних балок потребує глибокого аналізу запропонованого підходу і формування придатного до застосування інженерного алгоритму.

З урахуванням указаних умов **сформульовано мету** роботи, яка полягає у порівнянні попередньої і сучасної методології нормативних розрахунків звичайної залізобетонної балки та кількісному співставленні отриманих результатів.

Задавшись вихідними даними і використовуючи відомий та новий алгоритм можна виявити особливості методологічних підходів та можливі резерви міцності перерізу.

Основна частина. Наведемо конкретний приклад розрахунку. Як початкові дані візьмемо бетон С25/30 (В30), коефіцієнт умов роботи бетону $\gamma_{b2}=0,9$, арматуру А400С (А-III), кількість і діаметр стержнів арматури 4Ø20 мм, захисний шар бетону для арматури $a_s=60$ мм, довжину балки $l=3,9$ м, рівномірно розподілене навантаження на балку $q=42$ кН, розміри перерізу балки $b=250$ мм, $h=500$ мм (рис. 1). Тоді за такої схеми прикладання навантаження максимальний згинальний момент буде

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{42 \cdot 3,9^2}{8} = 7985 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

Використовуючи відому методику, здійсимо перевірку міцності перерізу залізобетонної балки за попередніми будівельними нормами і правилами [4].

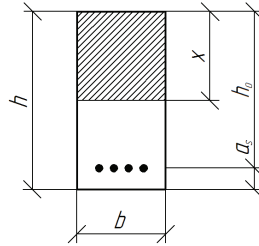


Рис. 1. Поперечний переріз балки з параметрами за попередніми будівельними нормами і правилами [4]

Згідно з ними і з використанням окремих джерел [5–7]

1) знаходимо розрахунковий опір бетону

$$R_b \cdot \gamma_{b2} = 1,7 \cdot 0,9 = 1,53 \text{ кН/см}^2;$$

2) визначаємо відстань від центра ваги арматури до верхньої грані балки

$$h_0 = h - a_s = 50 - 6 = 44 \text{ см};$$

3) обчислюємо параметр, що залежить від класу бетону і впливає на граничну висоту стиснутої зони бетону

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 17 \cdot 0,9 = 0,728;$$

4) розраховуємо граничну висоту стиснутої зони бетону

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,728}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,728}{1,1}\right)} = 0,584;$$

5) знаходимо площу поперечного перерізу арматури з урахуванням використання 4-ох стержнів

$$A_s = 4 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 4 \cdot \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 12,56 \text{ см}^2;$$

6) отримаємо висоту стиснутої зони бетону

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot \gamma_{b2} \cdot b} = \frac{36,5 \cdot 12,56}{1,53 \cdot 25} = 12,0 \text{ см};$$

7) визначаємо граничну висоту стиснутої зони бетону

$$x_R = \xi_R \cdot h_0 = 0,584 \cdot 44 = 25,7 \text{ см};$$

8) перевіряємо правильність армування перерізу шляхом порівняння відносної та граничної відносної висоти стиснутої зони бетону

$$x = 12,0 \text{ см} < x_R = 25,7 \text{ см};$$

9) обчислюємо момент, який може прийняти переріз

$$M_u = R_s \cdot A_s \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) = 36,5 \cdot 12,56 \cdot (44 - 0,5 \cdot 12,0) = 17420,7 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

10) перевіряємо умову міцності перерізу

$$M = 7985 \text{ кН} \cdot \text{см} < M_u = 17420,7 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Як бачимо згинальний момент від прикладеного рівномірно розподіленого навантаження менше отриманого граничного моменту з урахуванням заданих арматурних стержнів. Тому залізобетонна балка витримає розрахунковий момент і не зруйнується.

Тепер виконаємо перевірку міцності перерізу залізобетонної балки (рис. 2) за чинним державним стандартом України [1]. Але оскільки в даному нормативі наведено лише рекомендації щодо розрахунку, то застосуємо методику, яка запропонована у Вінницькому національному технічному університеті.

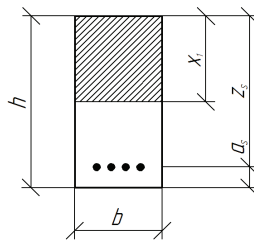


Рис. 2. Поперечний переріз балки з параметрами за чинними правилами проектування [1]

Згідно з нею і з використанням окремих джерел [8, 9]:

1) знаходимо розрахунковий опір бетону

$$f_{cd} \cdot \gamma_c = 1,7 \cdot 0,9 = 1,53 \text{ кН/см}^2;$$

2) визначаємо розрахункову міцність арматури на межі текучості

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{40}{1,1} = 36,4 \text{ кН/см}^2;$$

3) обчислюємо відстань від центра ваги арматури до верхньої грані перерізу

$$z_s = h - a_s = 50 - 6 = 44 \text{ см};$$

4) встановлюємо граничні деформації бетону від стиску і отримаємо відповідний коефіцієнт

$$\epsilon_{cu3.cd} = 3,23; \quad \epsilon_{c3.cd} = 0,6; \quad \lambda = \frac{\epsilon_{cu3.cd} - \epsilon_{c3.cd}}{\epsilon_{cu3.cd}} = 0,814;$$

5) розраховуємо граничну висоту стиснутої зони бетону

$$x_{1u} = \frac{z_s \cdot \epsilon_{cu3.cd}}{\frac{f_{yd}}{E_s} \cdot 10^3 + \epsilon_{cu3.cd}} = \frac{44 \cdot 3,23}{\frac{36,4}{2,1 \cdot 10^4} \cdot 10^3 + 3,23} = 28,7 \text{ см};$$

6) знаходимо допоміжні параметри

$$B = \frac{3 \cdot z_s \cdot (\lambda + 1)}{\lambda^2 + \lambda + 1} = \frac{3 \cdot 44 \cdot (0,814 + 1)}{0,814^2 + 0,814 + 1} = 96,7 \text{ см};$$

$$K = \frac{6 \cdot M}{b \cdot f_{cd} \cdot \gamma_c \cdot (\lambda^2 + \lambda + 1)} = \frac{6 \cdot 7985}{25 \cdot 1,53 \cdot (0,814^2 + 0,814 + 1)} = 505,8 \text{ см};$$

$$D = B^2 - 4K = 96,7^2 - 4 \cdot 505,8 = 7327,7 \text{ см};$$

7) отримаємо фактичну висоту стиснутої зони бетону

$$x_1 = \frac{B - \sqrt{D}}{2} = \frac{96,7 - \sqrt{7327,7}}{2} = 5,6 \text{ см};$$

8) порівнюємо отриману величину з граничним значенням

$$x_1 = 5,6 \text{ см} < x_{1u} = 28,7 \text{ см};$$

9) визначаємо відстань від верхньої грані перерізу до рівнодіючої зусилля стиску бетону

$$a_c = \frac{x_1 \cdot (\lambda^2 + \lambda + 1)}{3 \cdot (\lambda + 1)} = \frac{5,6 \cdot (0,814^2 + 0,814 + 1)}{3 \cdot (0,814 + 1)} = 2,5 \text{ см};$$

10) обчислюємо відстань між рівнодіючими зусилля стиску бетону і розтягу арматури

$$z = z_s - a_s = 44 - 2,5 = 41,5 \text{ см};$$

11) розраховуємо момент, який може сприйняти переріз

$$M_u = F_y \cdot z = f_{yd} \cdot A_s \cdot z = f_{yd} \cdot \frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4} \cdot z = 36,4 \cdot \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 41,5 = 18973,1 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

12) перевіряємо умову міцності перерізу

$$M = 7985 \text{ кН} \cdot \text{см} < M_u = 18973,1 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Як бачимо згинальний момент від прикладеного рівномірно розподіленого навантаження менше отриманого граничного моменту з урахуванням заданих арматурних стержнів. Тому залізобетонна балка витримає розрахунковий момент і не зруйнується.

Отже, обидві методики показали невелику різницю у результатах. Втім за чинними нормами розрахунок граничного моменту на 8,9 % виявив резерви міцності перерізу.

Висновки. Оцінено зручність у використанні державного стандарту України як основного вітчизняного документа в сфері розрахунку і проектування бетонних і залізобетонних конструкцій. Проаналізовано наявний математичний апарат і вказано на складність у викладенні рекомендованих методик. Наведено

приклад перевірки міцності перерізу звичайної залізобетонної балки від прикладеного рівномірно розподіленого навантаження. Здійснено порівняння попередньої і сучасної методології нормативних розрахунків та виконано співставлення отриманих результатів. Установлено невелику різницю в значенні граничного моменту за обома методиками розрахунку. Розкрито резерви міцності перерізу конструкції.

1. ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. 2. Eurocode-2: Design of Concrete Structure. – Part 1-1: General Rules and Rules for Building: EN 1992-1-1. – [Final Draft, December, 2004]. – Brussels: CEN. – 2004. – 225 p. 3. Ромашко В. М. Основи деформаційно-силової моделі залізобетонних елементів і конструкцій / В. М. Ромашко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2015. – Вип. 30. – С. 247–254. 4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 86 с. 5. Байков В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – М. : Стройиздат, 1991. – 766 с. 6. Стасюк М. І. Залізобетонні конструкції. Ч. 1. Основи розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами : навч. посібник / М. І. Стасюк. – К. : ІЗМН, 1997. – 272 с. 7. Вержбовский Г. Б. Справочник современного проектировщика / Г. Б. Вержбовский, Ю. А. Веселев, В. В. Лагутин [и др.]; под общ. ред. Л. Р. Маиляна. – Изд. 3-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 540 с. 8. Бабаев В. М. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунком за СНиП 2.03.01-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / В. М. Бабаев, А. М. Бамбура, О. М. Пустовойтов [та ін.]; за заг. ред. В. С. Шмуклера. – Харків: Золоті сторінки, 2015. – 208 с. 9. Гольшев А. Б. Сопrotивление железобетона : монография / А. Б. Гольшев, В. И. Колчунов. – К. : Основа, 2009. – 432 с.