

УДК 624.012.25: 539.319.00.24

**УТОЧНЕНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ПРОСТОРОВИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗВИЧАЙНО АРМОВАННИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ З ПОДВІЙНИМ АРМУВАННЯМ ПРИ ЗГИНІ З КРУЧЕННЯМ НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ**

**УТОЧНЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЕЧЕНИЙ ОБЫЧНО АРМИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ С ДВОЙНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ПРИ ИЗГИБЕ С КРУЧЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

**BY DETERMINING THE STRENGTH OF THE SPATIAL SECTION OF PRESTRESSED CONCRETE RECTANGULAR PROFILE CELL DOUBLE REINFORCEMENT IN BENDING AND TORSION-BASED MODEL OF DEFORMATION**

**Клюка О.М., к.т.н., доц. (Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук)**

**Клюка Е.Н., к.т.н., доц. (Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг)**

**L. Kluka, cand.tehn.nauk., associate professor, (Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University) vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine**

**Виходячи з аналізу власних досліджень запропонована уточнена методика визначення міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів таврового профілю з подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі.**

**Исходя из анализа собственных исследований предложена уточненная методика определения прочности пространственных сечений обычно армированных железобетонных элементов таврового профиля с двойным армированием при изгибе с кручением на основе деформационной модели.**

**The article deals with the analysis of scientific researches of reinforced concrete beams of various cross-sectional shapes in bending and biaxial bending with torsion. The location scheme of the concrete compressed zone**

not along the line that connects the ends of the failure diagonal crack on opposite sides, but at a certain angle along the element longitudinal axis, the value of which depends only on the  $T$  operating torque and  $M_d$  beam moments ratio, has been specified. In order to determine it, an algebraic dependence is proposed, which corresponds to experimental cases of "pure" bending and "pure" torsion. The author suggests to take into account all four branches of the cross reinforcement, located either near the stretched sides and or on the compressed sides, instead of one, as it has been suggested in previous studies. The purpose of this work is to develop an improved technique for determining the bearing capacity of spatial sections of T-shaped reinforced concrete elements with double profile reinforcement taking into account all four branches of the cross reinforcement when bending with a torsion according to the deformation scheme.

The article suggests to arrange closed clamps in order to create an internal torque which should take the tensile stresses from the torque caused by external loading in bending reinforced concrete elements.

The developed method for calculating the bearing capacity makes it possible to perform a precise calculation of the strength of the spatial sections of T-shaped reinforced concrete elements with double profile reinforcement taking into account doubly reinforcement concrete and all four branches of the cross reinforcement in bending with torsion on the basis of the deformation model.

**Ключові слова:** уточнена методика, міцність, згин з крученням, тавровий профіль, просторовий переріз, подвійне армування, деформаційна модель.

Уточненная методика, прочность, изгиб с кручением, тавровый профиль, пространственное сечение, двойное армирование, деформационная модель.

The strength, the spatial section, prestress, rectangular profile, dual reinforcement deformation model.

**Вступ.** Виконані в свій час в науково-дослідному інституті бетону і залізобетону (НДІЗБ) під керівництвом проф. О. О. Гвоздева експериментально-теоретичні дослідження звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю при сумісній дії згинаючого та крутного моментів, дозволили в першому наближенні розробити розрахункову схему руйнування та запропонувати методику розрахунку таких елементів. Результати цих досліджень були використані при розробці радянських нормативних документів [1], у відповідності з якими епюра напружень в стиснутій зоні бетону приймалась прямокутною. Результати подальших досліджень дозволили замінити прямокутну епюру стискуючих напружень в бетоні на криволінійну і перейти на деформаційну схему розрахунку несучої здатності залізобетонних елементів в Білорусії [2], в Росії [3], а потім і в Україні [4].

**Аналіз останніх досліджень.** Виконані в 60-70-х роках минулого століття експериментально-теоретичні дослідження звичайних і попередньо напружених залізобетонних елементів різних форм поперечного перерізу при косому згині з крученням [5-7] дозволили уточнити схему розташування стиснутої зони бетону не по лінії, що з'єднує кінці похилої тріщини руйнування на протилежних гранях, а під певним кутом до поздовжньої вісі елемента, величина якого залежить тільки від співвідношення діючих крутного  $T$  та згинаючого  $M_d$  моментів  $\psi = T : M_d$  і визначається за залежністю

$$\alpha = \text{arc tg} (1 + 1/5 \psi), \quad (1)$$

яка відповідає екстремальним випадкам: «чистому» згину ( $T = 0$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ) і «чистому» крученню ( $M_d = 0$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ).

Авторами робіт [6, 7] запропоновано також урахувувати три гілки поперечної арматури, розташовані біля розтягнутих граней замість однієї, як це рекомендовано в [1-4].

В роботі [8] запропонована методика розрахунку міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним і подвійним армуванням з урахуванням трьох гілок поперечної арматури, перетнутих похилою тріщиною руйнування, при згині з крученням за деформаційною схемою, а в роботі [9] – те ж, для звичайно армованих залізобетонних елементів таврового перерізу з подвійним армуванням.

**Постановка завдання.** Розробка уточненої методики визначення несучої здатності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів таврового профілю з подвійним армуванням з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури при згині з крученням за деформаційною схемою.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В згинальних залізобетонних елементах, при наявності крутних моментів, обов'язково необхідно влаштовувати закриті хомути для створення внутрішнього крутного моменту для сприйняття розтягуючих напружень від крутного моменту, викликаного зовнішнім навантаженням. Внутрішній крутний момент повинен складатися із двох пар зусиль в симетрично розташованих стрижнях як вертикальних, так і горизонтальних гілок поперечної арматури, об'єднаних в просторовий каркас. Виходячи з цих міркувань, метою даної роботи є корекція розрахункових формул, запропонованих в роботі [9] для визначення несучої здатності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів таврового профілю з подвійним армуванням, що зазнають згину з крученням, на основі деформаційної моделі. Ця методика розрахунку базується на розрахунковій схемі, представленій на рис. 1 і 2.

Для визначення напружень в стиснутій зоні бетону за деформаційною моделлю в даному випадку приймаємо, за пропозицією авторів роботи [10], поліном п'ятого ступеню у вигляді

$$\sigma_c = f_{cd} \sum_{i=1}^5 \alpha_k \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k, \quad (2)$$

де  $f_{cd}$  – міцність бетону на стиск.

Для звичайно армованого таврового перерізу з поздовжньою робочою арматурою, розташованою в розтягнутій і стиснутій зонах (див. рис. 1 і 2), за умови, коли висота стиснутої зони  $z > h_f$ , умови рівноваги зусиль в просторовому, нормальному до площини стиснутої зони бетону, перерізі запишуться у вигляді

$$\Sigma M_{O-O} = 0; \quad (3)$$

$$\Sigma X = 0, \quad (4)$$

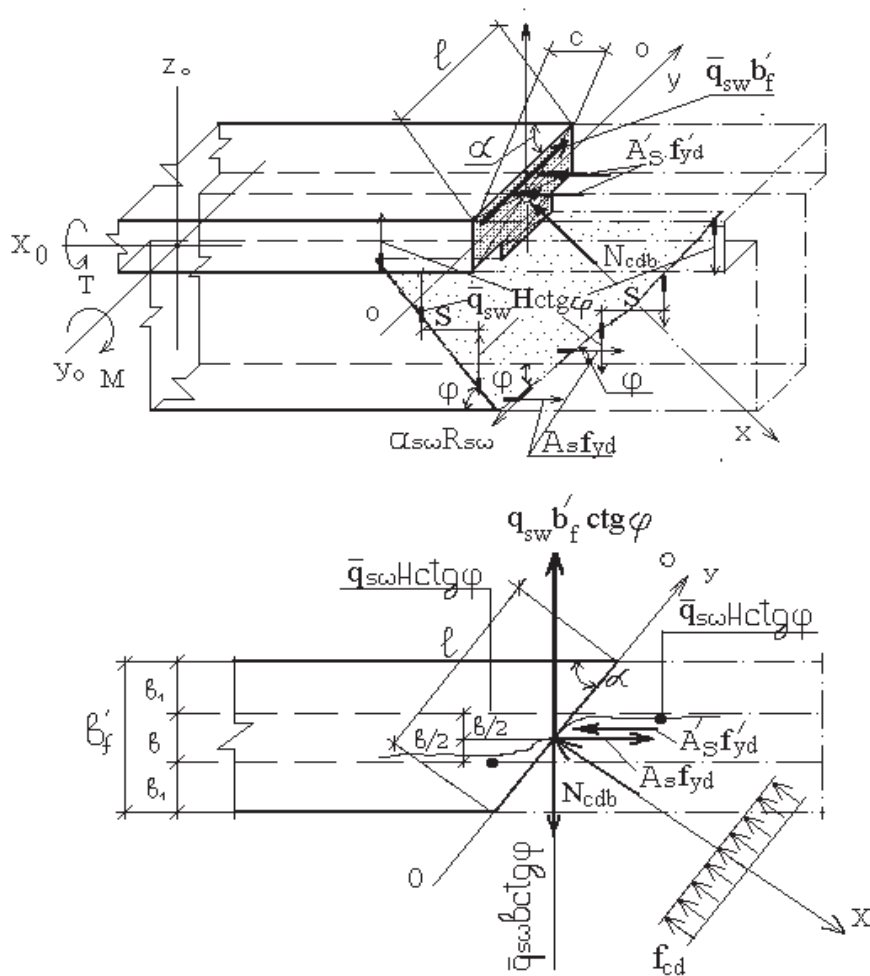


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення несучої здатності звичайно армованого залізобетонного елемента таврового профілю з подвійною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі:  
 а – аксонометричний вигляд розрахункової схеми;  
 б – горизонтальна проекція залізобетонного елемента

де  $\Sigma M_{O-O}$  – сума моментів усіх внутрішніх і зовнішніх зусиль відносно нейтральної лінії  $O-O$ , що проходить через нижню межу стиснутої зони бетону і лежить в її площині

$$M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = N_s \sin \alpha (H_o - z) + N'_s \sin \alpha (z - a'_{sz}) + N_{ywdb} \cos \alpha (H - a_z - z) + N'_{ywdb} \cos \alpha (z - a_z) + N_{ywdH} \sin \varphi H + N_{cdb1} (z - 0,5h_f) + 0,5N_{cdb} z. \quad (5)$$

В цій формулі:

$$N_s = f_{yd} A_s; \quad (6)$$

$$N'_s = f'_{yd} A'_s; \quad (7)$$

$$N_{ywdb} = \bar{q}_{ywd} b \operatorname{ctg} \varphi; \quad (8)$$

$$N'_{ywdb} = \bar{q}'_{ywd} b_f \operatorname{ctg} \varphi; \quad (9)$$

$$N_{ywdH} = \bar{q}_{ywd} H \operatorname{ctg} \varphi, \quad (10)$$

де  $\bar{q}_{ywd} = f_{ywd} A_{sw} / s$  – погонне зусилля в поперечних стрижнях, віднесене до одиниці довжини елемента; на початковому етапі розрахунку діаметр  $d_{sw}$  і крок поперечної арматури  $s$  приймаються конструктивно залежно від висоти поперечного перерізу згинального елемента при поки що невідомому діаметрі поздовжньої робочої арматури; в подальшому, при перевірці несучої здатності елемента на дію крутного моменту, ці параметри можуть коригуватися;

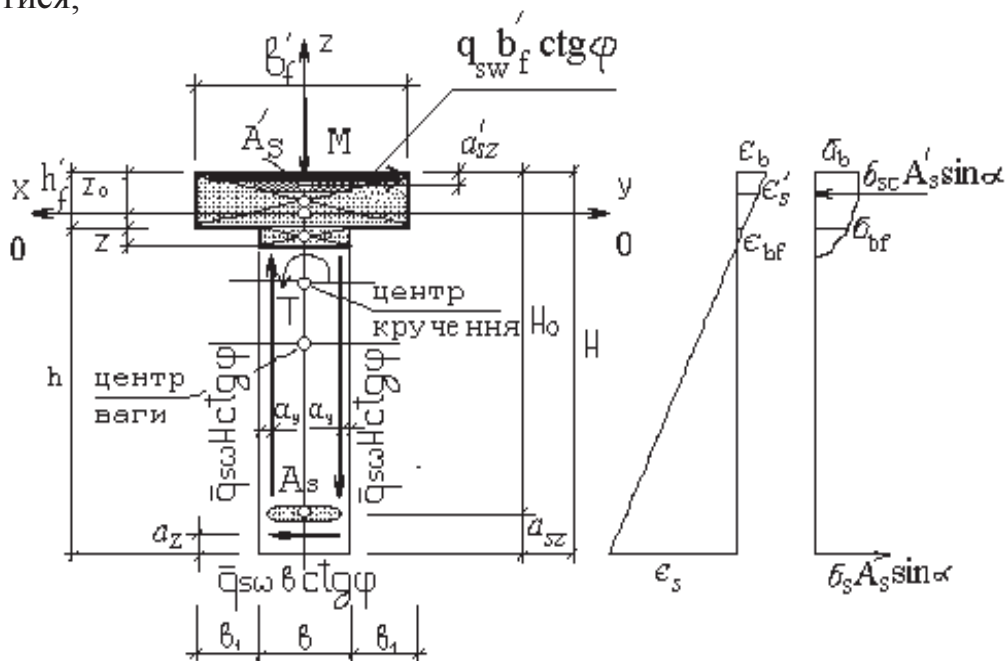


Рис. 2. До розрахункової схеми для визначення несучої здатності звичайно армованого залізобетонного елемента таврового профілю з подвійною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі:

а – поперечний переріз залізобетонного елемента;

б – епюра деформацій;

в – епюра внутрішніх зусиль в поперечному перерізі

$N_{cdb1}$ ,  $N_{cdb}$  – нормальні до площини стиснутої зони бетону зусилля, що сприймаються бетоном стиснутих звисів полочки та стиснутою частиною ребра нормального просторового перерізу елемента таврового профілю. Величини цих зусиль (див. рис.1) визначаються за формулами:

$$N_{cdb1} = \int_{z_f}^z \sigma_c dA_c = \frac{(b_f - b)}{\sin \alpha} \int_{z_f}^z \sigma_c dz = \frac{(b_f - b)}{\sin \alpha} \int_{\varepsilon_{cf}}^{\varepsilon_c} \sigma_c d\varepsilon_c; \quad (11)$$

$$N_{cdb} = \int_0^z \sigma_c dA_c = \frac{b}{\sin \alpha} \int_0^z \sigma_c dz = \frac{b}{\sin \alpha} \int_0^{\varepsilon_c} \sigma_c d\varepsilon_c, \quad (12)$$

в яких  $\varepsilon_c$  – відносна деформація крайнього верхнього стиснутого волокна бетону;

$\Sigma X$  – сума проєкцій всіх внутрішніх зусиль на вісь, що проходить через точку перетину вертикальної осевої лінії  $z$  із нейтральною лінією  $O-O$  перпендикулярно площині стиснутої зони бетону:

$$(N_s - N'_s) \sin \alpha + (N_{ywdb} + N'_{ywdb}) \cos \alpha - (N_{cdb1} + N_{cdb}) / \sin \alpha = 0; \quad (13)$$

тут:

$$N_s = \sigma_s A_s = E_s \varepsilon_s A_s, \quad (14)$$

$$N'_s = \sigma'_s A'_s = E_s \varepsilon'_s A'_s, \quad (15)$$

де  $\varepsilon_s$  і  $\varepsilon'_s$  – відповідно відносна деформація крайнього волокна розтягнутої і стиснутої арматури.

З використанням залежності « $\sigma_c - \varepsilon_c$ » у вигляді (2) формули (11) і (12) набувають вигляду:

$$N_{cdb1} = f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z \times \left( \alpha_1 \frac{\varepsilon_c}{2\varepsilon_{cR}} + \alpha_2 \frac{\varepsilon_c^2}{3\varepsilon_{cR}^2} + \alpha_3 \frac{\varepsilon_c^3}{4\varepsilon_{cR}^3} + \alpha_4 \frac{\varepsilon_c^4}{5\varepsilon_{cR}^4} + \alpha_5 \frac{\varepsilon_c^5}{6\varepsilon_{cR}^5} \right) -$$

$$- f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z_f \times \left( \alpha_1 \frac{\varepsilon_{cf}}{2\varepsilon_{cR}} + \alpha_2 \frac{\varepsilon_{cf}^2}{3\varepsilon_{cR}^2} + \alpha_3 \frac{\varepsilon_{cf}^3}{4\varepsilon_{cR}^3} + \alpha_4 \frac{\varepsilon_{cf}^4}{5\varepsilon_{cR}^4} + \alpha_5 \frac{\varepsilon_{cf}^5}{6\varepsilon_{cR}^5} \right); \quad (16)$$

$$N_{cdb} = f_{cd} \frac{b}{\sin \alpha} z \times \left( \alpha_1 \frac{\varepsilon_c}{2\varepsilon_{cR}} + \alpha_2 \frac{\varepsilon_c^2}{3\varepsilon_{cR}^2} + \alpha_3 \frac{\varepsilon_c^3}{4\varepsilon_{cR}^3} + \alpha_4 \frac{\varepsilon_c^4}{5\varepsilon_{cR}^4} + \alpha_5 \frac{\varepsilon_c^5}{6\varepsilon_{cR}^5} \right), \quad (17)$$

де:  $\alpha_k$  – коефіцієнти, що визначаються за рекомендаціями [10];

$z_f$  і  $\varepsilon_{cf}$  – відповідно відстань від нейтральної лінії до нижньої грані полочки і відносна деформація бетону на рівні нижньої грані полочки, які визначаються за гіпотезою плоских перерізів наступним чином:

$$z_f = z - h_f; \quad (18)$$

$$\varepsilon_{cf} = \frac{z_f \varepsilon_c}{z} = \frac{(z - h_f) \varepsilon_c}{z}. \quad (19)$$

Зусилля, що сприймаються поздовжньою розтягнутою  $N_s$  і поздовжньою стиснутою  $N'_s$  арматурою та стиснутою зоною бетону  $N_{cd}$ , визначаються за формулами

$$N_s = \frac{E_s A_s}{\sin \alpha} \frac{\varepsilon_c}{z} (H_o - z); \quad (20)$$

$$N'_s = (E_s A'_s / \sin \alpha) (\varepsilon'_c / z) (z - a'_s); \quad (21)$$

$$N_{cd} = \frac{f_{cd} b_f z}{\sin \alpha} \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+1} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k - \frac{f_{cd} (b_f - b) z_f}{\sin \alpha} \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+1} \left( \frac{\varepsilon_{cf}}{\varepsilon_{cR}} \right)^k. \quad (22)$$

Моменти, які сприймаються поздовжньою розтягнутою  $M_s$ , поздовжньою стиснутою  $M'_s$  і всіма стрижнями поперечної арматури ( $M_{yswb}$ ,  $M'_{yswb}$  і  $M_{yswH}$ ) та стиснутою зоною бетону (звисами полицки  $M_{cdb1}$  та ребром  $M_{cdb}$ ) відносно нейтральної лінії просторового перерізу  $O-O$ , визначаються за формулами:

$$M_s = \frac{\sigma_s A_s}{\sin \alpha} z_s = \frac{E_s \varepsilon_s A_s}{\sin \alpha} z_s = \frac{E_s A_s}{\sin \alpha} \frac{\varepsilon_c}{z} (H_o - z)^2; \quad (23)$$

$$M'_s = (\sigma'_s A'_s / \sin \alpha) z'_s = (E_s \varepsilon'_s A'_s / \sin \alpha) z'_s = (E_s A'_s / \sin \alpha) (\varepsilon'_c / z) (z - a'_s); \quad (24)$$

$$M_{ywdb} = N_{ywdb} \cos \alpha (H - a_{sz} - z); \quad (25)$$

$$M'_{ywdb} = N'_{ywdb} \cos \alpha (z - a_{sz}); \quad (26)$$

$$M_{ywdH} = N_{ywdH} H \sin \varphi; \quad (27)$$

$$M_{cdb1} = \int_{z_f}^z \frac{\sigma_c}{\sin \alpha} z dA_c = \frac{b_f - b}{\sin \alpha} \int_{z_f}^z \sigma_c z dz = \frac{b_f - b}{\sin \alpha} \int_{\varepsilon_f}^{\varepsilon_b} \sigma_c d\varepsilon_c; \quad (28)$$

$$M_{cdb} = \int_0^z \frac{\sigma_c}{\sin \alpha} z dA_c = \frac{b}{\sin \alpha} \int_0^z \sigma_c z dz = \frac{b}{\sin \alpha} \int_{\varepsilon_f}^{\varepsilon_b} \sigma_c d\varepsilon_c. \quad (29)$$

З урахуванням виразу (2) формули (28) і (29) приймають вигляд:

$$M_{cdb1} = f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k - f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha}; \quad (27)$$

$$M_{cdb} = f_{cd} \frac{b}{\sin \alpha} z^2. \quad (28)$$

Повний згинаючий момент, що сприймає стиснута зона бетону, визначається за наступною формулою

$$M_{cd} = f_{cd} \frac{b_f}{\sin \alpha} z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k - f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z_f^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_{cf}}{\varepsilon_{cR}} \right)^k, \quad (29)$$

а сумарний згинаючий момент, що сприймається поздовжньою і всіма стрижнями поперечної арматури – за формулою

$$M_s + M'_s + M_{yswb} + M'_{yswb} + M_{yswH} = \frac{E_s A_s}{\sin \alpha} \frac{\varepsilon_c}{z} (H_o - z)^2 + (E_s A'_s / \sin \alpha) (\varepsilon'_c / z) (z - a'_s) + N_{ywdb} \cos \alpha (H - a_{sz} - z) + N'_{ywdb} \cos \alpha (z - a_{sz}) + N_{ywdH} H \sin \varphi. \quad (30)$$

Підставляючи вирази (27), (28) і (30) у (5), отримуємо

$$\begin{aligned}
M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = & \frac{E_s A_s}{\sin \alpha} \frac{\varepsilon_c}{z} (H_o - z)^2 + (E_s A'_s / \sin \alpha) (\varepsilon'_c / z) (z - a'_s) + \\
& + N_{ywdb} \cos \alpha (H - a_{sz} - z) + N'_{ywdb} \cos \alpha (z - a_{sz}) + N_{ywdH} H \sin \varphi + \\
& + f_{cd} \frac{b_f}{\sin \alpha} z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k + f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z_f^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_{cf}}{\varepsilon_{cR}} \right)^k. \quad (31)
\end{aligned}$$

Розв'язуючи це рівняння відносно  $M_d$  з урахуванням того, що  $\psi = T : M_d$ , отримуємо

$$\begin{aligned}
M_d = & \frac{1}{\sin \alpha + \psi \cos \alpha} \left[ \frac{E_s A_s}{\sin \alpha} \frac{\varepsilon_c}{z} (H_o - z)^2 + (E_s A'_s / \sin \alpha) (\varepsilon'_c / z) (z - a'_s) + \right. \\
& + N_{ywdb} \cos \alpha (H - a_{sz} - z) + N'_{ywdb} \cos \alpha (z - a_{sz}) + N_{ywdH} H \sin \varphi + f_{cd} \\
& \left. \frac{b_f}{\sin \alpha} z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cR}} \right)^k + f_{cd} \frac{b_f - b}{\sin \alpha} z_f^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left( \frac{\varepsilon_{cf}}{\varepsilon_{cR}} \right)^k \right]. \quad (32)
\end{aligned}$$

Невідоме в цьому рівнянні  $z$  визначається методом поступового наближення, починаючи з величини  $z > 0,5 h_f$  до досягнення достатньої точності не нижче 5 %.

При практичних розрахунках кут нахилу тріщин руйнування  $\varphi$  до поздовжньої вісі елемента, за експериментальними даними авторів робіт [6] і [7], слід приймати рівним  $45^\circ$ .

Після цього за формулою

$$T = \psi \times M_d \quad (33)$$

визначають величину крутного моменту, що сприймається просторовим перерізом звичайно армованого елемента таврового профілю з подвійною арматурою.

Якщо ж крутний момент  $T$ , визначений за формулою (33), виявиться меншим від викликаного зовнішнім навантаженням, в такому випадку слід зменшити конструктивно прийнятий крок поперечної арматури  $s$  або збільшити її діаметр і повторити розрахунок за вище запропонованою методикою.

**Висновок.** Отримані формули дозволяють виконувати уточнений розрахунок міцності просторових перерізів звичайно армованих залізобетонних елементів таврового профілю з подвійним армуванням з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури при згині з крученням на основі деформаційної моделі.

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – М., 1986. – 79 стр.

2. СНБ 5.03.01-02. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования. – Мн., 2002– 217 стр.

3. СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М., 2003. Госстрой России.– 125 стр.



4. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 98 с.

5. Фалеев Л. В. Экспериментально-теоретические исследования несущей способности железобетонных балок прямоугольного и таврового сечений, работающих на кривой изгиб с кручением. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Полтава, 1968. – 301 стр.

6. Кузьменко А. М. Экспериментально-теоретические исследования несущей способности предварительно напряженных железобетонных элементов прямоугольного сечения при кривом изгибе с кручением. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Полтава, 1972. – 230 стр.

7. Жорняк Н. С. Экспериментально-теоретические исследования несущей способности предварительно напряженных железобетонных элементов таврового и двутаврового поперечных сечений на кривой изгиб с кручением. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Полтава, 1973. – 170 стр.

8. Клюка О.М. Розрахунок міцності нормальних перерізів залізобетонних елементів при згині з крученням на основі нелінійної деформаційної моделі. Дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук за спец. 05.23.01– будівельні конструкції, будівлі та споруди. / – Полтава: Полтавський НТУ ім. Ю. Кондратюка, 2010. – 163 с.

9. Клюка О. М. Розрахунок міцності просторових перерізів залізобетонних елементів таврового профілю з подвійним армування при згині з крученням на основі деформаційної моделі / О. М. Клюка, М. С. Жорняк // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Рівне : НУВГП, 2012. – Вип. 23. – С. 261–268.

10. Бамбура А. Н. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе / А. Н. Бамбура, А. Б. Гурковский // Збірник наукових праць. – Київ: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – Кн. 1. – С. 121–130.

1. СНиП 2.03.01-84\*. Betonnye y zhelezobetonnye konstruksii. Normy proektyrovaniya [Concrete and reinforced concrete structures. Design standards]. (1986). Moscv.

2. SNB 5.03.01-02. Konstruksyy betonnye y zhelezobetonnye. Normy proektyrovaniya [Concrete and reinforced concrete structures. Design standards]. (2002). Mynsk.

3. SP 52-101-03. Betonnye y zhelezobetonnye konstruksyy bez predvarytelnoho napriazheniya armatury [Concrete and reinforced concrete structures without prestressing reinforcement.] – 2003. Moscv: Hosstroj Rossyy.

4. ДБН В.2.5-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування [Construction of houses and buildings. Concrete and reinforced concrete structures. General design]. (2009). Kyiv: Minregionbud Ukraini.

5. Faleev L. V. Eksperymentalno-teoretycheskye yysledovaniya nesushchei sposobnosti zhelezobetonnykh balok priamouholnoho y tavrovoho secheniy, rabotaiushchyykh na kosoi yzghyb s kruchenyem. Dyssertatsiya na soyskanye uchenoi stepeny kand. tekhn. nauk. – Poltava, 1968. – 301 str.

6. Kuzmenko A. M. Экспериментально-теоретическое исследование несущей способности предварительно напряженных железобетонных элементов прямоугольного сечения при косом изгибе с кручением. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Полтава, 1972. – 230 стр.

7. Zhorniak N. S. Экспериментально-теоретическое исследование несущей способности предварительно напряженных железобетонных элементов таврового и двутаврового поперечных сечений на косой изгиб с кручением. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Полтава, 1973. – 170 стр.

8. Kliuka O. M. Rozrakhunok mitsnosti normalnykh pereriziv zalizobetonnykh elementiv pry zghyni z kruchenniam na osnovi neliniinoi deformatsiinoi modeli. Dys. na zdobuttia nauk. stup. kand. tekhn. nauk za spets. 05.23.01 – budivelni konstruktsii, budivli ta sporudy. / Poltava: Poltavskiy NTU im. Yu. Kondratiuka, 2010. –163 s.

9. Klyuka L. (2012). Calculation of the strength of the spatial sections of reinforced concrete elements of the tin profile with double reinforcement with bending with torsion on the basis of deformation models/ Klyuka L. // Collection of scientific works "Resource-saving materials, constructions, buildings and structures" Rivne, Vol. 23, 261–268.

10. Bambura A. (2003). To the construction of the deformation theory of reinforced concrete rod systems on an experimental basis/ A. Bambura, A. Hurkovskiy // Collection of scientific works, Kyiv, KNUBA, Vol.59, 121-130.