

Определены основные факторы, которые влияют на регламент организационных мероприятий по обеспечению эксплуатационной пригодности объекта.

Ключевые слова: *обследование здания, энергоэффективность, мониторинг, научно-техническое сопровождение строительных объектов.*

A. Tugai, O. Franchuk

Regulations for organizational measures to ensure the operational usefulness of the facility

The main factors that influence the regulations of organizational measures to ensure the operational usefulness of the facility are determined.

Key words: *building survey, energy efficiency, monitoring, scientific and technical support of construction projects.*

УДК 624.012.25: 539.319.00.24

О. М. Клюка

канд. техн. наук., доцент

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

СКОРЕГОВАНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ПРОСТОРОВИХ ПЕРЕРІЗІВ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРЯМОКУТНОГО ПРОФІЛЮ З ПОДВІЙНОАРМАТУРОЮ ПРИ ЗГІНІ З КРУЧЕННЯМ НА ОСНОВІ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Виходячи з аналізу власних досліджень запропонована скорегована методика визначення міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі.

Ключові слова: *міцність, згин з крученням, прямокутний профіль, просторовий переріз, попереднє напруження, подвійне армування, деформаційна модель.*

Вступ. Значна частина реальних залізобетонних конструкцій працюють в складних реальних умовах експлуатації, коли крім діючого згинаючого моменту виникає крутний момент, викликаний неспівпадінням вертикальної площини симетрії поперечного перерізу елемента з вертикальною площиною дії зовнішнього навантаження або зміною умов експлуатації конструкцій. Характерними в цьому відношенні є підкранові балки. Залежно від умов експлуатації (постійна вологість, агресивне середовище) в таких балках не повинні з'являтися тріщини в стадії експлуатації. Надійним засобом уникнення появи тріщин в таких балках є подвійне попереднє напруження поздовжньої робочої арматури.

Аналіз останніх досліджень. В попередніх роботах автора даної статті [1, 2] була розроблена методика визначення міцності просторових перерізів звичайно армованих та попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночним та подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі, коли напруження за висотою стиснутої зони бетону розподіляються не за прямокутною формою, як це було прийнято раніше, а за криволінійною, що відповідає фактичному напруженому стану поперечного перерізу. При цьому стиснута зона бетону розташовується не по лінії, що з'єднує

кінці похилої тріщини руйнування на протилежних гранях елемента, як це приймалось раніше (пряма залежність від форми і розмірів поперечного перерізу), а під певним кутом до поздовжньої вісі елемента і не залежить від форми і розмірів поперечного перерізу. Вона залежить тільки від співвідношення діючих крутного і згинаючого моментів. Величина цього кута не може бути меншою 45°, що відповідає «чистому» крученню, і не може бути більшою 90°, що відповідає «чистому» згину. Для визначення кута нахилу α стиснутої зони бетону до поздовжньої вісі елементів прямокутного поперечного перерізу використана залежність у вигляді

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

де $\psi = T : M_d$ – співвідношення між діючими крутним T та згинаючим M_d моментами.

В роботі [3] запропонована методика розрахунку несучої здатності попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночною арматурою з урахуванням усіх чотирьох стрижнів поперечної арматури, перетнутих похилою тріщиною руйнування з урахуванням визначення величини напружень за висотою стиснутої зони бетону запропонованим авторами статті [4] поліномом p' ятого ступеню у вигляді

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

тому що при наявності крутного моменту для сприйняття викликаних ним розтягуючих напружень необхідно обов'язково влаштовувати в поперечному перерізі елемента закриті хомути.

Постановка завдання. Скорегувати по аналогії з [3] методику розрахунку міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури та визначенням величини напружень за висотою стиснутої зони бетону поліномом p' ятого ступеню у вигляді (2).

Виклад основного матеріалу досліджень. Ця методика розрахунку базується на розрахунковій схемі (рис. 1, 2), в якій криволінійна епюра напружень в стиснутій зоні бетону висотою z_f замінюється прямокутною епюрою з умовною висотою $z \leq z_f \leq z_n$, де z_n – гранична висота стиснутої частини перерізу з рівномірно розподіленим напруженням в бетоні f_{cd} .

Для прямокутного перерізу з подвійною попередньо напруженою арматурою, розташованою як в розтягнутій, так і в стиснутій зоні бетону, умови рівноваги зусиль в просторовому, нормальному до площини стиснутої зони бетону, перерізі запишуться таким чином:

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

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

де ΣM_{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:

$$M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = N_{sp} \sin \alpha (d - z) - N'_{sp} \sin \alpha (z - a'_{sz}) + N_{sob} \cos \alpha (h - a_z - a'_z) + N_{soh} h \text{ctg} \varphi \sin \alpha + 0,5 N_b z. \quad (5)$$

В цій формулі:

N_{sob} – зусилля в стрижнях поперечної арматури, розташованих біля однієї з горизонтальних граней поперечного перерізу в межах похилої тріщини руйнування, визначається за формулою

$$N_{sob} = \bar{q}_{yod} b \operatorname{ctg}\varphi; \quad (6)$$

N_{soh} – зусилля в стрижнях поперечної арматури, розташованих біля однієї з вертикальних граней поперечного перерізу в межах похилої тріщини руйнування, визначається за формулою

$$N_{soh} = \bar{q}_{yod} h \operatorname{ctg}\varphi, \quad (7)$$

де:

$\bar{q}_{yod} = f_{yod} A_{sw} / s$ – погонне зусилля в поперечних стрижнях, віднесене до одиниці довжини елемента; на початковому етапі розрахунку крок поперечної арматури s та її діаметр d призначаються конструктивно залежно від розмірів поперечного перерізу згинального елемента при поки що невідомому діаметрі поздовжньої попередньо напруженої робочої арматури, які потім уточнюються при перевірці несучої здатності елемента на дію крутного моменту;

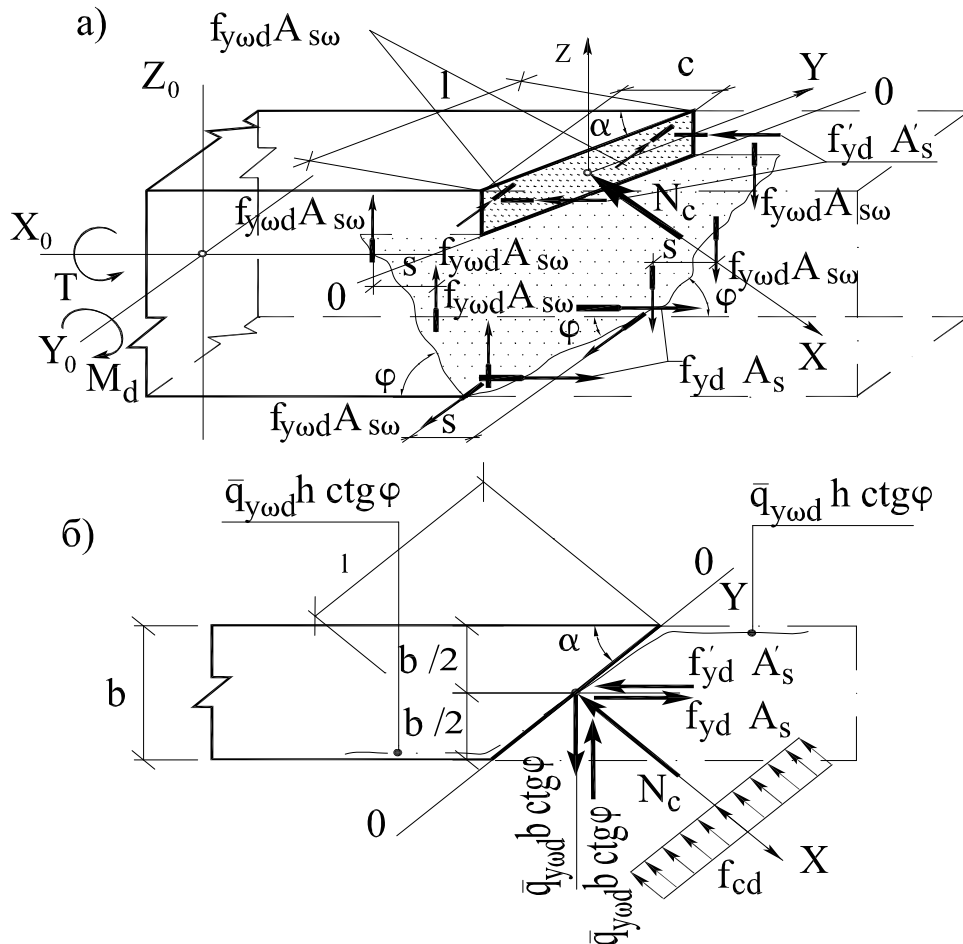


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення несучої здатності попередньо напруженого залізобетонного елемента прямокутного перерізу з подвійною арматурою при згині з крученням з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури на основі деформаційної моделі:

- а – аксонометричний вигляд розрахункової схеми;
- б – горизонтальна проекція залізобетонного елемента

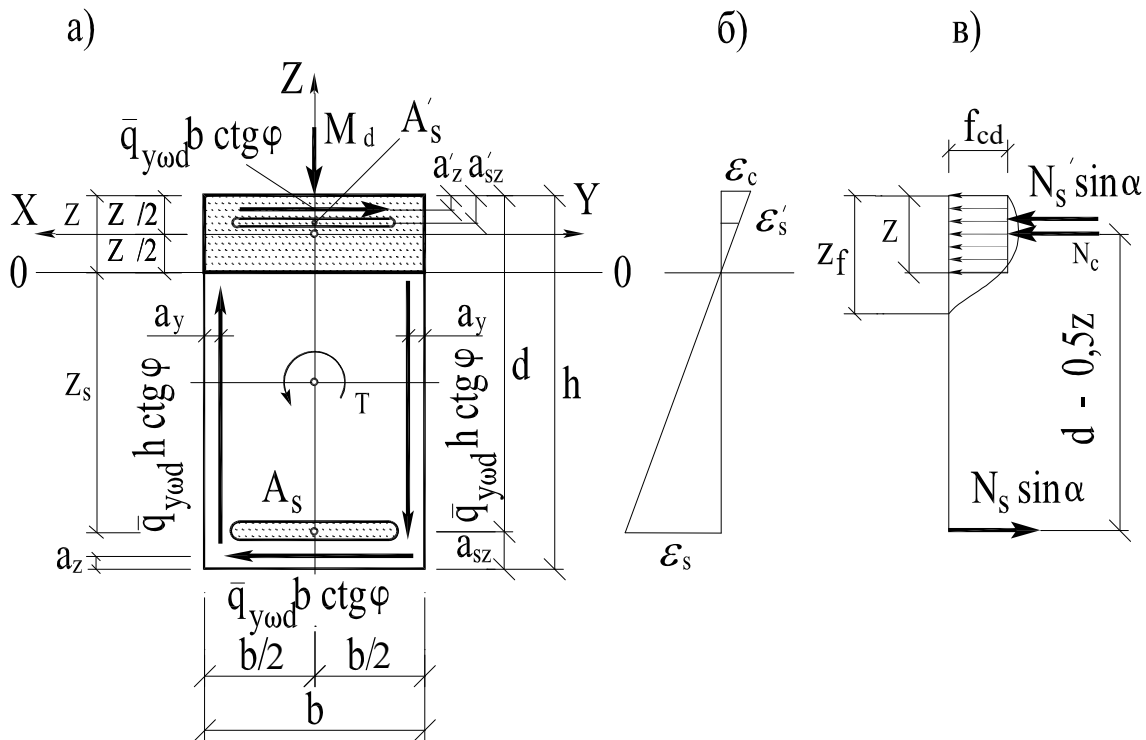


Рис. 2. До розрахункової схеми для визначення несучої здатності попередньо напруженого залізобетонного елемента прямокутного перерізу з подвійною арматурою при згині з крученням з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури на основі деформаційної моделі:

а – поперечний переріз залізобетонного елемента;

б – епюра деформацій;

в – епюра внутрішніх зусиль в поперечному перерізі

N_b – нормальне до площини стиснутої зони бетону зусилля, що сприймається бетоном стиснутої зони просторового перерізу. Величина цього зусилля (рис.2) визначається за формулою:

$$N_c = \int_0^z \sigma_c dA = b \int_0^z \sigma_c dz = b \int_0^{\epsilon_c} \sigma_c d\epsilon_c, \quad (8)$$

де ϵ_c – відносна деформація крайнього верхнього стиснутого волокна бетону;

ΣX – сума проєкцій усіх внутрішніх зусиль на вісь, що проходить через точку перетину вертикальної осьової лінії Z із нейтральною лінією $O-O$ перпендикулярно площині стиснутої зони бетону:

$$\Sigma X = N_{sp} \sin \alpha + N'_{sp} \sin \alpha + N_{sob} \cos \alpha - N_c = 0, \quad (9)$$

де:

$$N_{sp} = \sigma_{sp} A_{sp} = E_s \epsilon_s A_{sp}; \quad (10)$$

$$N'_{sp} = \sigma'_{sp} A'_{sp} = E_s \epsilon'_s A'_{sp}; \quad (11)$$

ϵ_s – відносна деформація крайнього волокна поздовжньої напруженої арматури, розташованої в розтягнутій зоні поперечного перерізу;

ϵ'_s – те ж, розташованої в стиснутій зоні поперечного перерізу.

З використанням залежності « $\sigma_c - \epsilon_c$ » у вигляді (2) формула (8) набуває вигляду:

$$N_c = f_{cd} b z \times \left(\alpha_1 \frac{\varepsilon_c}{2\varepsilon_{cl}} + \alpha_2 \frac{\varepsilon_c^2}{3\varepsilon_{cl}^2} + \alpha_3 \frac{\varepsilon_c^3}{4\varepsilon_{cl}^3} + \alpha_4 \frac{\varepsilon_c^4}{5\varepsilon_{cl}^4} + \alpha_5 \frac{\varepsilon_c^5}{6\varepsilon_{cl}^5} \right), \quad (12)$$

де α_k – коефіцієнти, що визначаються згідно з рекомендаціями [4].

З урахуванням (10), (11) і (12) складові рівняння (9) набувають вигляду:

$$N_{sp} = E_s A_{sp} \times \frac{\varepsilon_c}{z} (d - z); \quad (13)$$

$$N'_{sp} = E_s A'_{sp} \times \frac{\varepsilon_c}{z} (z - a'_{sz}); \quad (14)$$

$$N_c = f_{cd} b z \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+1} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k. \quad (15)$$

Моменти, які сприймаються нижньою (M_{sp}), верхньою поздовжньою напруженою (M'_{sp}) і поперечною (M_{sob} і M_{soh}) арматурою та стиснутою зоною бетону M_c відносно нейтральної осі $O - O$ просторового перерізу, визначаються за формулами:

$$M_{sp} = \sigma_{sp} A_{sp} z_{sp} = E_s \varepsilon_s A_{sp} z_{sp} = E_s A_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (d - z)^2; \quad (16)$$

$$M'_{sp} = \sigma'_{sp} A'_{sp} (z - a'_{sz}) = E_s \varepsilon'_s A'_{sp} (z - a'_{sz}) = E_s A'_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (z - a'_{sz})^2; \quad (17)$$

$$M_{sob} = N_{sob} \cos \alpha (h - a_z - z); \quad (18)$$

$$M_{soh} = N_{soh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha; \quad (19)$$

$$M_c = \int_0^z \sigma_c z dA_c = b \int_0^z \sigma_c dz = b \int_0^{\varepsilon_c} \sigma_c d\varepsilon. \quad (20)$$

З урахуванням виразу (2) формула (20), за якою визначається згинаючий момент, що сприймається стиснутою зоною бетону, набуває вигляду:

$$M_c = f_{cd} b z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k. \quad (21)$$

Сумарний згинаючий момент, що сприймається поздовжньою нижньою і верхньою напруженою та поперечною арматурою, визначається за формулою:

$$M_{sp} - M'_{sp} + M_{sob} - M_{soh} = E_s A_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (d - z)^2 - E_s A'_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (z - a'_{sz})^2 + N_{sob} \cos \alpha (h - a_z - z) - N_{soh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha. \quad (22)$$

Підставляючи вирази (21) і (22) у (5), отримуємо

$$M_d \sin \alpha + T \cos \alpha = E_s A_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (d - z)^2 - E_s A'_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (z - a'_{sz})^2 + N_{sob} \cos \alpha (h - a_z - z) - N_{soh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha + f_{cd} b z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k. \quad (23)$$

Розв'язуючи це рівняння відносно M_d з урахуванням того, що $\psi = T : M_d$, отримуємо розрахункову формулу для визначення міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з подвійним армуванням з урахуванням усіх чотирьох стрижнів поперечної арматури при згині з крученням при умові, що напруження за висотою стиснутої зони бетону визначаються поліномом п'ятого ступеню у вигляді (2),

$$M_d = \frac{1}{\sin \alpha + \psi \cos \alpha} \times \left\{ E_s A_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (d - z)^2 - E_s A'_{sp} \frac{\varepsilon_c}{z} (z - a'_{sz})^2 + N_{sob} \cos \alpha (h - a_z - z) - N_{soh} h \operatorname{ctg} \varphi \sin \alpha + f_{cd} b z^2 \sum_{k=1}^5 \frac{\alpha_k}{k + 2} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}} \right)^k \right\}, \quad (24)$$

в якій критична деформація бетону ε_{cl} визначається за запропонованою в роботі [1] формулою

$$\varepsilon_{cl} = 0,00074 f_{cd}^{0,31}, \quad (25)$$

отриманою на підставі виконаних власних експериментально-теоретичних досліджень.

В формулі (21) параметр z визначається методом поступового наближення до досягнення достатньої точності розрахунку не нижче 5 %.

Після цього за формулою

$$T = \psi M_d \quad (26)$$

визначають величину крутного моменту T , що сприймається просторовим перерізом елемента прямокутного перерізу з подвійною поздовжньою напруженою арматурою з урахуванням усіх чотирьох стрижнів поперечної арматури при згині з крученням при умові, що напруження за висотою стиснутої зони бетону визначаються поліномом п'ятого ступеню у вигляді (2).

Висновки.

1. У зв'язку з наявністю крутного моменту, викликаного зовнішнім навантаженням, в роботі аргументована необхідність влаштування закритих хомутив у поперечному перерізі попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу з подвійним армуванням, що працюють в умовах сумісної дії крутного та згинаючого моментів.

2. Запропонована методика дозволяє виконувати розрахунок міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного перерізу з подвійним армуванням при сумісній дії згинаючого та крутного моментів на основі деформаційної моделі з урахуванням усіх чотирьох гілок поперечної арматури та визначенням величини напружень за висотою стиснутої зони бетону поліномом п'ятого ступеню у вигляді (2).

Список літератури:

1. Розрахунок міцності нормальних перерізів залізобетонних елементів при згині з крученням на основі нелінійної деформаційної моделі.: дис. ... канд. техн. наук за спец. 05.23.01 / Клюка О.М. – Полтава: Полтавський НТУ ім. Ю. Кондратюка, 2010. – 163 с.

2. Клюка О. М. Уточнений метод розрахунку міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з подвійним армуванням при згині з крученням на основі деформаційної моделі / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць, випуск 32. Рівне, 2016. – С. 176 – 182.

3. Клюка О. М. Скорегований метод розрахунку міцності просторових перерізів попередньо напружених залізобетонних елементів прямокутного профілю з одиночною арматурою при згині з крученням на основі деформаційної моделі. // Нові технології в будівництві: міжвідомчий науково-технічний журнал – К. 2017. – Вип. 32. – С. 74–79.

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

Е.Н. Клюка

Скорректированный метод расчета прочности пространственных сечений предварительно напряженных железобетонных элементов прямоугольного профиля с двойным армированием при изгибе с кручением на основе деформационной модели

Исходя из анализа собственных исследований предложена скорректированная методика определения прочности пространственных сечений предварительно напряженных железобетонных элементов прямоугольного профиля с двойным армированием при изгибе с кручением на основе деформационной модели.

Ключевые слова: прочность, изгиб с кручением, прямоугольный профиль, пространственное сечение, предварительное напряжение, двойное армирование, деформационная модель.

L. Kluka

By determining the strength of the spatial section of prestressed concrete rectangular profile cell double reinforcement in bending and torsion-based model of deformation

Based on the analysis of their own research proposed refined method of determining the strength of the spatial sections of reinforced concrete elements usually rectangular profile with a single reinforcement bending with torsion based deformation model.

Key words: the strength, the spatial section, prestress, rectangular profile, dual reinforcement deformation model.

УДК 728.98

Г.М. Тонкачєєв

докт. техн. наук, професор

Т.Л. Чебанов

асистент

М.Р. Хохлачов

студент

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ – ДЕМОНТАЖУ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЬ

Розглянуто спосіб монтажу та демонтажу плівки блочних теплиць. Показано архітектурно-планувальні та конструктивні рішення сучасних теплиць. На прикладі реального проекту, - тепличного господарства в Чернігівській області наведено технологію виконання робіт.

Ключові слова: теплиці плівкові, монтаж, демонтаж, пристрій для монтажу, кліпси