

**ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ СТИСНУТОЇ ЗОНИ БЕТОНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
БАЛОК ТАВРОВОГО ПРОФІЛЮ, ОБУМОВЛЕНИХ КОСИМ
ДЕФОРМУВАННЯМ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
БАЛОК ТАВРОВОГО ПРОФИЛЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ КОСЫМ
ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

**DETERMINATION OF THE GROUP OF THE COMPRESSED
CONCRETE ZONE OF REINFORCED CONCRETE T-BEAM BY NON-
UNIPLANER DEFORMATION**

Павліков А.М., д.т.н., професор, Качан Т.Ю., к.т.н., Харченко М.О., аспірант,
(Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
м. Полтава)

Павликов А.Н., д.т.н., профессор, Качан Т.Ю., к.т.н., Харченко М.А.,
аспирант, (Полтавський національний технічний університет імені
Юрія Кондратюка, г. Полтава)

Pavlikov A.M., doctor of technical sciences, Kachan T.Yu., candidate of technical
sciences, Kharchenko M.O., post graduate student (Poltava National Technical
Yuri Kondratyuk University, Poltava)

**На основі нелінійної деформаційної моделі проаналізовано
формування стиснутої зони бетону в балкових залізобетонних
елементах таврового профілю, що працюють в умовах косоного згину.
Запропоновано розмежування форм стиснутої зони бетону на групи. Це
дозволяє в кожному випадку отримати залежність, яка точно описує дану
форму для конкретних значень кута β нахилу зовнішньої силової
площини і коефіцієнта армування μ .**

**На основе нелинейной деформационной модели проанализировано
формообразование сжатой зоны бетона в балковых железобетонных
элементах таврового профиля, что работают в условиях косоного изгиба.
Предложенное разграничение форм сжатой зоны бетона на группы. Это
позволяет в каждом случае получать зависимость, которая точно
описывает данную форму для конкретных значений угла β наклона
внешней силовой плоскости и коэффициент армирования μ .**

It is analyzed forming the compressed zone of concrete of reinforced concrete t-beam by non-uniplaner bending using nonlinear deformation model. The model allows for non-uniplaner bending t-beam to get the dependence which describes the shape of the compressed zone of concrete for particular values of the angle β of inclination of external power plane and reinforcement ratio μ .

Ключові слова:

Таврова балка, форма стиснутої зони бетону, косий згин, деформації.
Тавровая балка, форма сжатой зоны бетона, косой изгиб, деформации.
T- beam, form of the compressed concrete zone, non-uniplaner bending, deformations.

Вступ. Важливим фактором напружено-деформованого стану поперечного перерізу залізобетонних елементів таврового профілю, які зазнають косого деформування, є положення нейтральної лінії, котре залежить від ряду чинників. Найвпливовішим із них є кут нахилу площини дії зовнішнього навантаження до вертикальної вісі симетрії елемента. Положення нейтральної лінії в елементах таврового перерізу встановлюється двома параметрами – висота стиснутої зони бетону X та кут нахилу θ нейтральної лінії до горизонтальної вісі. Ці параметри можуть змінюватися в наступних межах: $0 \leq X \leq h \cos \theta + b \sin \theta - b_{eff} \sin \theta$, $0 \leq \theta \leq \pi/2$. Як видно з наведених співвідношень можуть існувати різні сполучення X та θ , наслідком чого і є процес формоутворення стиснутої зони бетону. Розглянемо цей процес.

Аналіз останніх досліджень, викладених в роботах [1 – 5], показав, що в елементах, що зазнають складного деформування, кількість випадків положення нейтральної лінії значно більша, ніж при плоскому згинанні. Як показують дослідження їх може бути 12 [2]. В сучасних нормах [6] розрахунок міцності балкових елементів, що працюють на косе згинання, у загальному випадку пропонуються проводити з використанням методики послідовних наближень.

Тому за мету роботи прийнято аналіз процесу формоутворення стиснутої зони бетону при косому деформуванні балкових залізобетонних елементів таврового профілю в аспекті застосування нелінійної деформаційної моделі на основі повних діаграм стану бетону та арматури.

Методика досліджень. При плоскому згинанні ($\beta=0$) залізобетонних балкових елементів таврового профілю можливі два суттєво різні випадки положення нейтральної лінії. Перший випадок – нейтральна лінія проходить в полиці ($X \leq h_{eff}$), другий випадок – в ребрі ($X \geq h_{eff}$). Оскільки для елементів, що зазнають косого деформування, кількість випадків положення нейтральної лінії значна, то в результаті цього зростає і кількість випадків розрахунку. Їх може бути 12. Всі випадки розрахунку можна поділити на 3 однорідні групи залежно від способу утворення форм стиснутої зони бетону.

Спосіб утворення форм стиснутої зони бетону залежить від початкового розташування нейтральної лінії відносно центра O ваги полиці. На рисунку 1 – 3 зображено приклади динаміки утворення форм стиснутої зони бетону зі збільшенням кута β , починаючи від його початкового значення $\beta_0=0$ та при фіксованому значенні X .

З рисунку 1 видно, що при початковому положенні нейтральної лінії (при $\beta=0$) та фіксованому значенні $X \leq 0,5h_{eff}$ можливі тільки чотири граничні форми стиснутої зони бетону. Вони складатимуть цілком визначену першу групу цих форм. Для першої групи форм характерним є те, що спочатку стиснута зона набуває вигляду трапеції. При цьому процес формоутворення відбувається таким чином: точка 1 швидше досягне точки 2 ніж точка 3 точку 4 при повороті нейтральної лінії навколо точки O . Весь процес переходу форм одна в іншу, на відміну від роботи [2] описується залежностями, наведеними на рисунку 1.

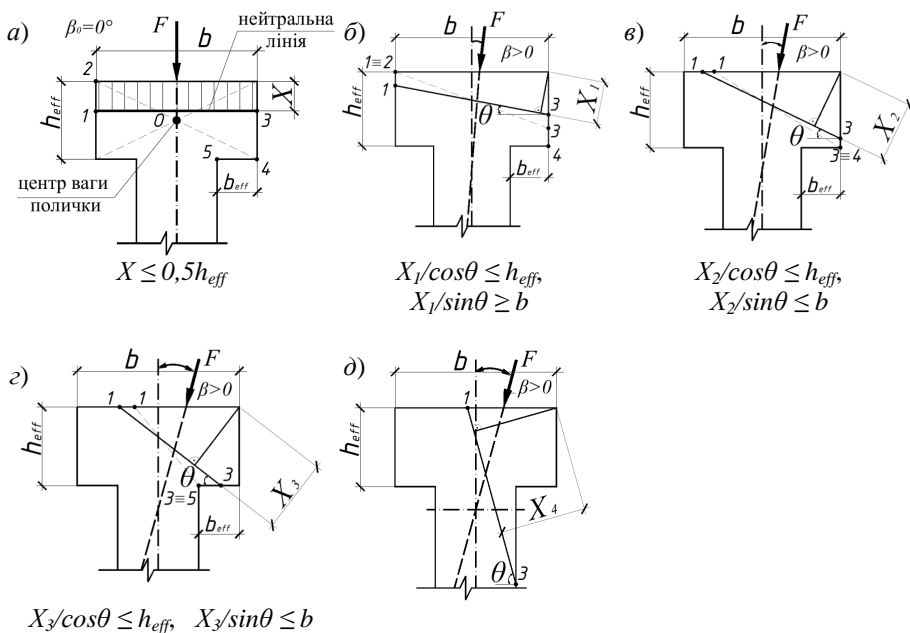


Рис. 1. Динаміка утворення форм стиснутої зони бетону зі збільшенням кута β за умови $X \leq 0,5h_{eff}$:

а – прямокутник; б – трапеція; в – трикутник; г – трапеція; д – п'ятикутник

Друга група ($0,5h_{eff} \leq X \leq 0,5h_{eff} (1+b_{eff}/b)$) форм стиснутої зони перерізу, суттєво відрізняється від першої. Процес її утворення (рис. 2) характеризується тим, що при повороті нейтральної лінії навколо точки O

точка 3 досягає точку 4 раніше ніж точка 1 досягне точку 2. На рисунку 2 представлено динаміку утворення форм стиснутої зони бетону зі збільшенням кута β для другої групи.

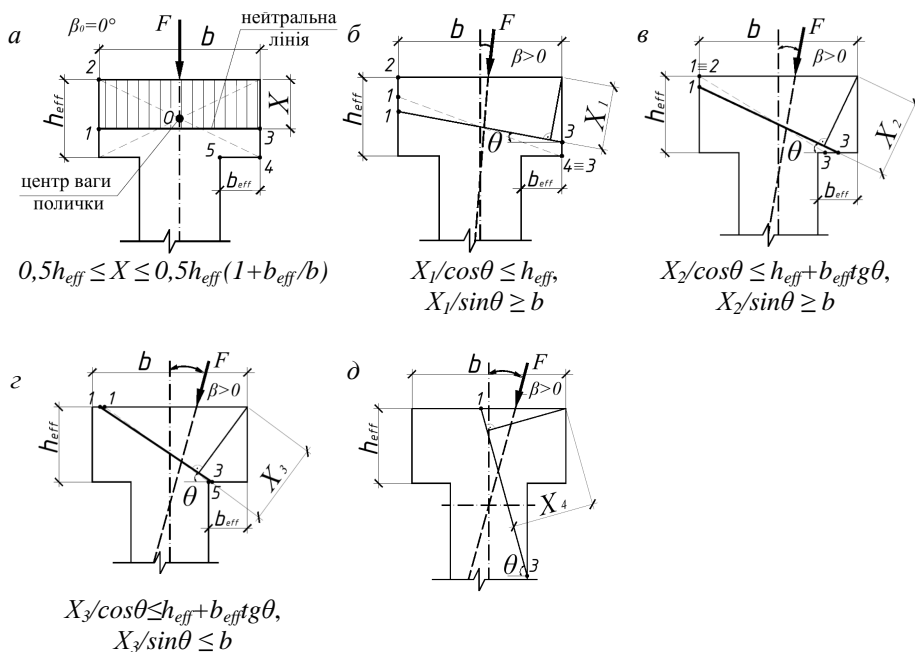


Рис. 2. Динаміка зміни форм стиснутої зони бетону зі збільшенням кута β при умові, що $0,5h_{eff} \leq X \leq 0,5h_{eff}(1+b_{eff}/b)$:

а – прямокутник; б – трапеція;

в – п'ятикутник; г – трапеція; д – п'ятикутник

Третя група ($0,5h_{eff}(1+b_{eff}/b) \leq X \leq h_{eff}$) форм стиснутої зони перерізу, суттєво відрізняється від перших двох. Характеризується вона тим, що на відміну від процесу утворення форм стиснутої зони перерізу за другою формою, точка 3 досягає точку 5 раніше ніж точка 1 досягне точку 2. На рисунку 3 представлено динаміку утворення форм стиснутої зони бетону зі збільшенням кута β для третьої групи.

В кожену із трьох груп, як показує аналіз, входять по чотири види форм стиснутої зони бетону, котрі послідовно можна отримати при збільшенні кута β . З метою розмежування форм одна від одної були установлені граничні випадки між ними, для описання яких достатньо знати тільки кут β нахилу силової площини та геометричні характеристики перерізу елемента.

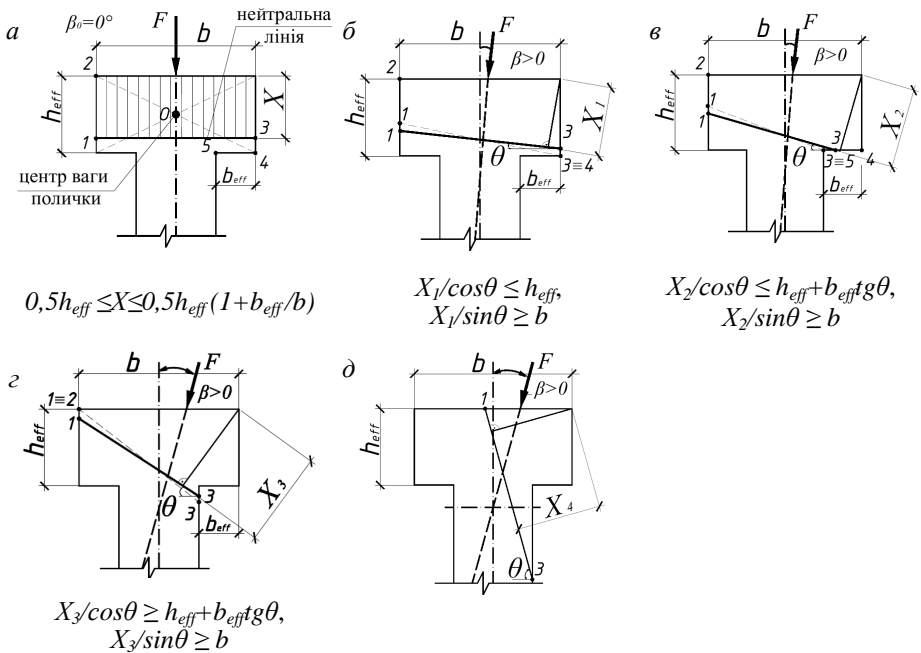


Рис. 3. Динаміка зміни форм стиснутої зони бетону
зі збільшенням кута β при умові, що $0,5h_{eff}(1+b_{eff}/b) \leq X \leq h_{eff}$:
а – прямокутник; б – трапеція; в – п'ятикутник;
г – шестикутник; д – п'ятикутник

Результати досліджень. Отже, основним параметром, за яким однозначно визначається група форм стиснутої зони бетону, являється висота стиснутої зони бетону X при $\beta=0$. Граничні умови, за якими можна визначити групу форм стиснутої зони, пропонується описувати наступними нерівностями:

$$1 \text{ група} \quad X \leq 0,5h_{eff}; \quad (1)$$

$$2 \text{ група} \quad 0,5h_{eff} \leq X \leq 0,5h_{eff}(1+b_{eff}/b); \quad (2)$$

$$3 \text{ група} \quad 0,5h_{eff}(1+b_{eff}/b) \leq X \leq h_{eff}. \quad (3)$$

При цьому в (1) – (3) значення висоти стиснутої зони:

$$X = \frac{f_{yd}A_s}{f_{cd}b\omega_{\beta=0}}, \quad (4)$$

де $\omega_{\beta=0}$ – коефіцієнт повноти епюри напружень у бетоні стиснутої зони:

$$\omega = (1 + \lambda) / 2, \quad (5)$$

λ – рівень пластичності бетону:

$$\lambda = 1 - \varepsilon_{c3,cd} / \varepsilon_c. \quad (6)$$

$\varepsilon_{c3,cd}$ – значення відносних деформацій стиску бетону;

ε_c – значення відносних граничних деформацій стиску бетону.

Таким чином, можна зробити **висновок**, що запропоноване на основі нелінійної деформаційної моделі розмежування форм стиснутої зони бетону залізобетонних балкових елементів таврового профілю, що зазнають косого деформування, на групи дозволяє визначити випадок розрахунку та отримати залежність, яка точно описує дану форму для конкретних значень кута β нахилу зовнішньої силової площини і коефіцієнта армування μ .

1. Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану в косо завантажених сзалізобетонних елементів у закритичній стадії: монографія / А.М. Павліков. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2007. – 259 с.
2. Хохлов А.Г. Влияние точности монтажа крановых рельсов на несущую способность подкрановых железобетонных: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.32.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / А.Г. Хохлов. – Полтава, 2000. – 24 с.
3. Бойко О.В. Оцінка міцності навскісно зігнутих балок на основі дволінійних діаграм деформування бетону та арматури: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.32.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / О.В. Бойко. – Полтава, 2010. – 22 с.
4. Бабич Є.М. Визначення напружено-деформованого стану та розрахунок згинальних залізобетонних елементів таврового перерізу / Є.М. Бабич, П.С. Гомон // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вип.21. – С. 80-87.
5. Павліков А.М. Залежність кута нахилу нейтральної лінії від кута дії силової площини у косозігнутих елементах прямокутного профілю / А.М. Павліков, Д.Ф. Федоров// Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – Вип. 1(29). – С. 66-70.
6. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. ДБН В.2.6-98:2009 / М-во регіонального розвитку та буд-ва України. – К., 2011. – 71 с.
7. Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 / М-во регіонального розвитку та буд-ва України. – К., 2011. – 118 с.