



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

**77-ї НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРОФЕСОРІВ,  
ВИКЛАДАЧІВ, НАУКОВИХ ПРАЦІВНИКІВ,  
АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

**16 травня – 22 травня 2025 р.**

## МІЦНІСТЬ НА ЗГИН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК МОНОЛІТНОГО ПЕРЕКРИТТЯ, ЯКІ ПІДСИЛЕНІ ШЛЯХОМ НАРОЩУВАННЯ ПЕРЕРІЗУ ОДНОЧАСНО В СТИСНУТІЙ ТА РОЗТЯГНУТІЙ ЗОНАХ ДОДАТКОВИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМ ШАРОМ ТА АРМУВАННЯМ

Міцність на згин в розрахункових перерізах залізобетонного балкового елементу монолітного перекриття, який підсилюється шляхом нарощування перерізів одночасно в їх стиснутій та розтягнутій зонах відповідно додатковими залізобетонним шаром та поздовжнім армуванням, забезпечується при дотриманні умови:

$$M \leq f_s A_s \times (h_0 + d - 0,5x) + f_{sd} A_{sd} \times (h_0 + d \pm a_0 - 0,5x) + f_s A_s' \times (0,5x - a_s'), \quad (1)$$

де  $M$  – згинальний момент в розрахункових перерізах залізобетонного балкового елементу від дії зовнішніх навантажень на ділянці згину;  $d$  – товщина додаткового залізобетонного шару набутування при підсиленні залізобетонного балкового елементу шляхом нарощування його перерізів;  $h_0$  – робоча висота перерізу залізобетонного балкового елементу, що підсилюється;  $f_s$  – розрахунковий опір на розтяг поздовжньої арматури відповідно п.3.2 норм [1] залежно від її класу, якою армована нижня розтягнута зона залізобетонного балкового елементу;  $f_s'$  – розрахунковий опір на стиск поздовжньої арматури відповідно п.3.2 норм [1] залежно від її класу, якою буде виконане армування верхньої стиснутої зони додаткового залізобетонного шару набутування, яких здійснюється підсилення;  $f_{sd}$  – розрахунковий опір на розтяг горизонтального елементу шпренгельної затяжки чи додаткових арматурних стержнів відповідно норм [2];  $a_0$  – відстань між геометричними горизонтальними осями існуючої поздовжньої арматури і горизонтальним елементом шпренгельної затяжки ( $A_{sd}$ ), яка приймається в рівнянні зі знаком «+» при  $h_0 + a_0 \geq h_0$  та зі знаком «-» при  $h_0 - a_0 < h_0$ ;  $A_s$  – сумарна площа перерізу поздовжніх арматурних стержнів, які встановлені в розтягнутій зоні перерізу залізобетонного балкового елементу, що підсилюється;  $A_{sd}$  – сумарна площа перерізу поздовжніх горизонтальних елементів шпренгельної затяжки чи додаткових арматурних стержнів ( $A_a$ ), якими додатково здійснюється армування залізобетонного балкового елементу, що підсилюється в розтягнутій зоні перерізу;  $A_s'$  – сумарна площа перерізу

поздовжніх арматурних стержнів, котрими здійснюється армування додаткового залізобетонного шару набетонування в стиснутій зоні перерізу залізобетонного балкового елемента, що підсилюється;  $x$  – висота стиснутої зони бетону в розрахунковому комбінованому тавровому перерізі залізобетонного балкового елемента на рівні плитної ділянки (див. розрахункову схему на рис. 1), що сприймає навантаження від згинального моменту ( $M$ ), яка визначається за залежністю:

$$x = (f_s A_s + f_{sd} A_{sd} + f'_s A'_s) / (f_{cl} b), \quad (2)$$

де  $f_{cl}$  – розрахунковий опір на стиск важкого бетону відповідно п.3.1 норм [1] залежно від його класу, із якого буде виготовлений (улаштований) додатковий залізобетонний шар набетонування при підсиленні залізобетонного балкового елемента;  $b$  – розрахункова ширина комбінованого перерізу підсилення залізобетонного балкового конструктивного елемента, яка при розрахунковому тавровому приведенному перерізі дорівнює  $b = b_f$ .

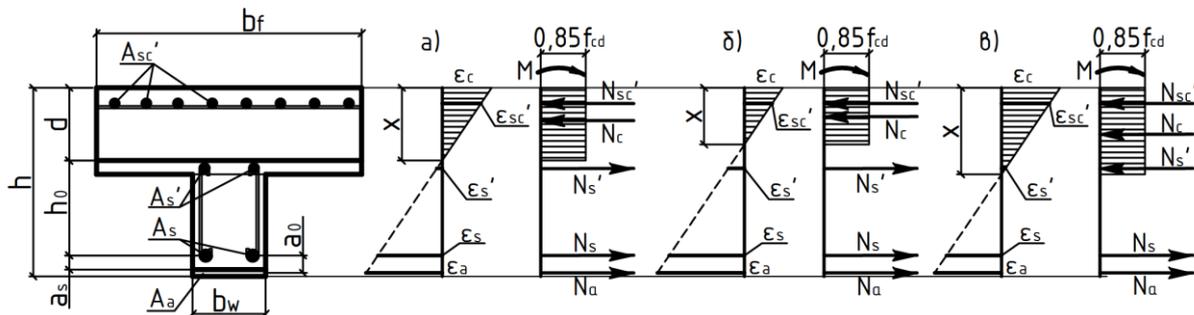


Рис. 1 Напружено-деформований стан приведенного комбінованого таврового перерізу залізобетонного балкового елемента, що підсилюються шляхом нарощування перерізу додатковими залізобетонним шаром в стиснутій зоні та армуванням в розтягнутій зоні у вигляді поздовжніх арматурних стержнів: а) при  $x=d$ ; б) при  $x<d$ ; в) при  $x \leq d+h_f$ .

Площу перерізу поздовжніх арматурних стержнів додаткового армування  $A_{sd}$ , чи товщину шару набетонування  $d$  визначаємо за залежностями при  $A'_s = 0$  і прийнятті однієї із невідомих величин його складових  $d$  чи  $A_{sd}$ :

$$A_{sd} = \frac{f_c b}{f_{sd}} \times (-2M + f_s A_s \times (h_0 + d - 0,5x_H) - (h_0 + d \pm a_0 - 0,5x_H) \times (1 \pm d \pm a_0 - 0,5x_H));$$

$$d = \frac{M \pm f_{sd} A_{sd} \cdot a_0}{f_s A_s + f_{sd} A_{sd}} - h_0 - \frac{f_s A_s + f_{sd} A_{sd}}{2f_c b}, \quad (3)$$

де  $x_H$  – висота стиснутої зони бетону в розрахунковому комбінованому перерізі на ділянці залізобетонного балкового елемента, що сприймає навантаження від згинального моменту ( $M$ ), при армуванні його тільки існуючими арматурними стержнями в розтягнутій зоні загальною площею  $A_s$ , яка визначається за залежністю:

$$x_H = (f_s A_s) / (f_c b). \quad (4)$$

Розрахунок невідомих величин  $d$  і  $A_{sd}$  відповідно за залежностями (3) не завжди буде ефективний з економічної точки зору, тому що в окремих випадках при нарощуванні перерізу шляхом набетонування встановлення додаткового армування в розтягнутій зоні перерізу може бути непотрібне, бо буде достатньо вже існуючої в ній площі армування ( $A_s$ ). Тому для удосконалення методики розрахунку компонентів підсилення був запропонований додатковий коефіцієнт ( $n$ ), який буде враховувати відношення площ додаткового армування  $A_{sd}$  до існуючого  $A_s$ .

$$n = A_{sd} / A_s. \quad (5)$$

Величину коефіцієнта  $n$  визначаємо за залежностями (6)-(8):

$$0,5x_H \cdot n^2 + (h_0 + d \pm a_0 + x_H) \cdot n + (h_0 + d + 0,5x_H - M / (f_s A_s)) = 0; \quad (6)$$

$$D = (h_0 + d \pm a_0 + x_H)^2 - 4 \times 0,5x_H \times (h_0 + d + 0,5x_H - M / (f_s A_s)); \quad (7)$$

$$n_{1,2} = \frac{-(h_0 + d \pm a_0 + x_H) \pm \sqrt{D}}{x_H}. \quad (8)$$

При  $n \leq 0$  підсилення залізобетонної балкового елемента одночасно шляхом нарощування перерізу в стиснутій і розтягнутій зонах непотрібне, буде достатньо виконати підсилення елемента тільки в стисненій його зоні шляхом улаштування додаткового залізобетонного шару набетонування.

При  $n > 0$  площа перерізу поздовжнього горизонтального елемента затяжки чи додаткових арматурних стержнів буде становити:

$$A_{sd} = (n + 0,1) \times A_s. \quad (9)$$

Визначаємо величину необхідної площі армування ( $A'_s$ ) залізобетонного шару набетонування в комбінованому перерізі балкового елемента за умови рівноваги при забезпеченні умов міцності на згин відносно рівнодіючої вісі поздовжнього армування в його розтягнутій зоні:

$$A'_s = \frac{M - f_c b x \times (h_0 + d - 0,5x)}{f_s \times (h_0 + d - a')}. \quad (10)$$

Мета наступних досліджень полягає у формуванні загальної методики розрахунку і проектування конструктивних компонентів підсилення залізобетонних балкових елементів шляхом нарощування їх перерізу одночасно в його стиснутій і розтягнутій зонах.

#### Література:

1. ДБН В.2.6-98:2009 зі Зміною №1. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення / Наказ Мінрегіонбуду України від 24.12.2009 р. № 680, введені в дію з 01.07.2011 р., зміни чинні з 01.06.2020 р. – К.: Мінрегіон України, 2020. – 71 с.
2. ДБН В.2.6-198:2014 зі Зміною №1. Сталеві конструкції. Норми проектування / Наказ Мінрегіону України від 10.06.2014 р. №167, чинні з 01.01.2015 р. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 205 с.