

УДК 624.016

*Галінська Тетяна, к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0002-6138-2757, e-mail: Galinska@i.ua,
Овсій Дмитро, аспірант,
ORCID: 0000-0001-7007-1857, e-mail: mr.ovseey@gmail.com,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ НА ЗГИН СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Анотація. У науковій роботі представлена узагальнююча аналітична модель розрахунку міцності на згин сталезалізобетонних балкових елементів (СЗББЕ), яка дозволяє проектувати їх раціонально (з мінімальними витратами) з урахуванням їх конструктивних обмежень, таких як: проектування конструкцій, виходячи з виду навантажень, що діють на них, і формування (типуння) випадку їх граничного напружено-деформованого стану (НДС) залежно від визначених граничних критеріїв руйнування їх компонентів.

Ключові слова: сталезалізобетонний балковий елемент, міцність на згин.

*Galinska Tetiana, Phd, Senior Researcher,
ORCID: 0000-0002-6138-2757, e-mail: Galinska@i.ua,
Ovsii Dmytro, postgraduate student,
ORCID: 0000-0001-7007-1857, e-mail: mr.ovseey@gmail.com,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF CALCULATION BENDING STRENGTH STEEL-REINFORCED-CONCRETE BEAM ELEMENTS

Abstract. The scientific work presents a generalized analytical model for calculating the bending strength of steel-reinforced concrete beam elements, which allows them to be rationally (at minimal cost) designed taking into account their design limitations, such as: designing structures according to the type of loads acting on them and formation (typing) of a variant of their limiting stress-strain state, depending on the limiting criteria for the destruction of their components.

Keywords: steel-reinforced concrete beam element, bending strength.

Композитні елементи із залізобетону та сталевих армувань можна поділити на чотири типи: комбіновані плити армовані сталевим профілем чи зовнішньою листовою або профільованою опалубкою (рис. 1,а); комбінація залізобетонних плит та сталевих профілів, що об'єднанні в один тавровий, прямокутний чи інший переріз (рис. 1,б); композитні елементи із сталевих профілів у бетонній оболонці, також відомі як залізобетонні елементи з жорстким армуванням (рис. 1,в); збірно-монолітні композитні елементи із зовнішньої збірної сталевий чи сталезалізобетонної опалубки, що заповнена бетоном (рис. 1,г). Композитний сталезалізобетонний елемент, який об'єднаний в один переріз для сумісної роботи за допомогою спеціальних упорів чи інших з'єднувальних елементів зчеплення, дозволяє ефективно використовувати характеристики конструкційної сталі та залізобетону і забезпечує конструктивне рішення для елементів, що вимагають високої міцності та пластичності.

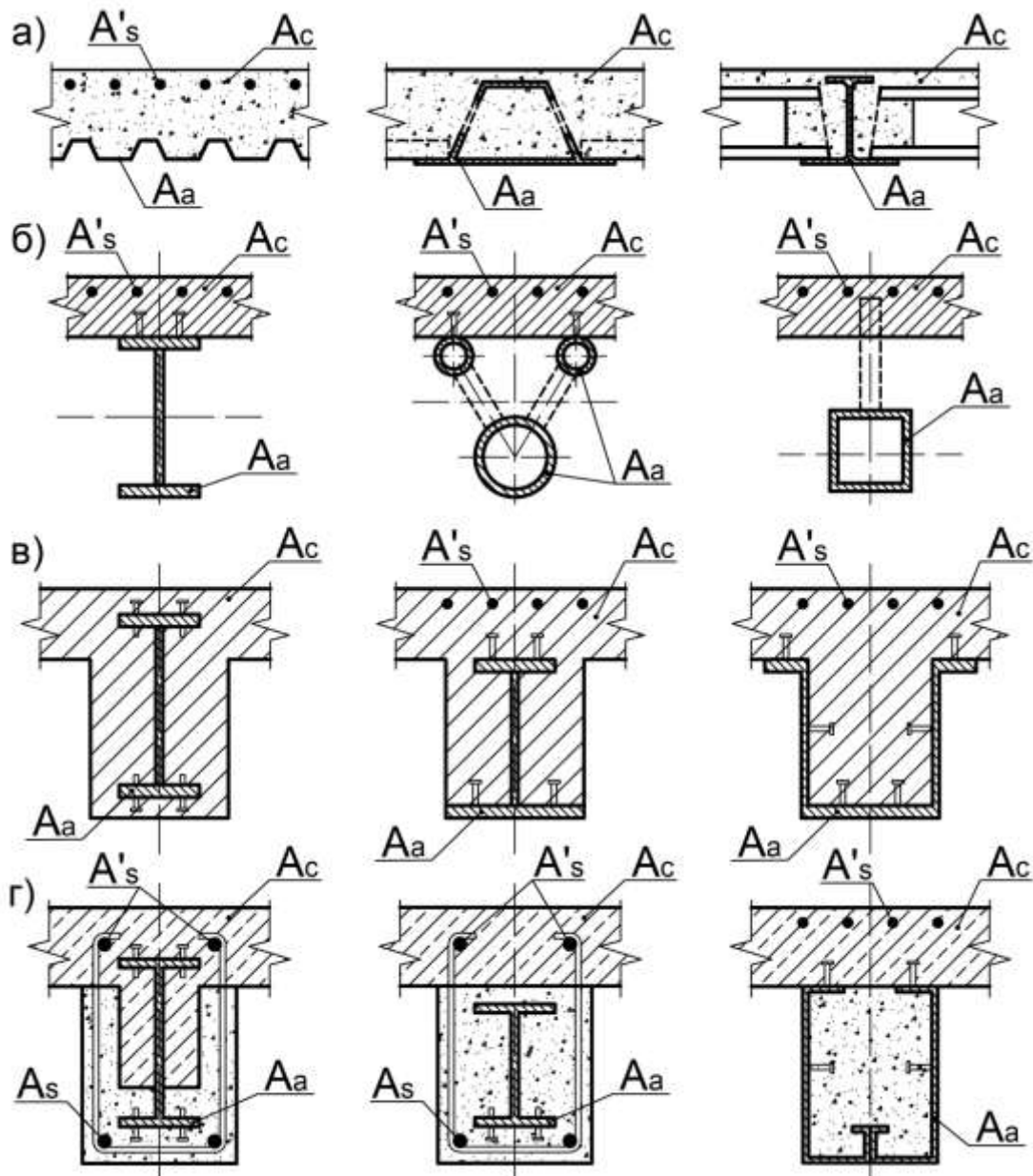


Рис. 1 - Перерізи сталезалізобетонних балкових елементів (СЗББЕ):
 а – комбіновані плити; б – комбіновані балки; в – залізобетонні балки
 з жорстким армуванням; г – збірно-монолітні балки

Діючі на сьогодні положення розрахунків міцності на згин СЗББЕ [1, 2] не є узагальненими та базуються на спрощених аналітичних моделях (методиках), які не повністю ототожнюють залежність їх несучої здатності з НДС у момент руйнування, що призводить до переармування окремих їх перерізів, тобто до використання властивостей міцності конструктивної металевої складової не в повному обсязі.

Авторами статті в роботах [3, 4, 5, 6, 7] запропонована узагальнююча аналітична модель розрахунку міцності на згин СЗББЕ з різними типами конструктивних рішень їх перерізу, в основу якої покладена нова концепція, що впроваджує в практику метод граничних деформацій, який дозволив наблизити розрахунок їх максимальної несучої здатності з урахуванням їх реального напружено-деформованого стану в момент руйнування.

Загальна методика розрахунку міцності на згин СЗББЕ базується на наступних передумовах, які є спільними для всіх їх конструктивних рішень при забезпеченні зчеплення між їх компонентами: бетоном і конструкційним сталевим профілем:

- в СЗББЕ за рахунок сил зчеплення між бетоном і поверхнею сталюого профілю проявляються максимальні композитні властивості, тобто відносні деформації бетону в стисненій зоні по висоті нормального перерізу і в розтягненій його зоні на ділянках між тріщинами рівні ($\varepsilon_c = \varepsilon_a$; $\varepsilon_c' = \varepsilon_a'$);
- на граничній стадії деформування розподіл відносних деформацій компонентів в СЗББЕ по висоті його розрахункового перерізу здійснюється за лінійними залежностями, тобто підтверджується гіпотеза плоских перерізів;
- нормальне зосереджене зусилля в стисненій зоні бетону перерізу СЗББЕ визначаємо за методикою Єврокод 4 [8], яка була розроблена Джеймсом Дж. Мак Грегором і Джеймсом К. Уайтом;
- урахування армування бетонного перерізу в стисненій і розтягненій зонах розрахункового перерізу СЗББЕ здійснюємо за методикою, що запропонована авторами в роботі [9];
- розрахунок міцності на згин СЗББЕ здійснюється на основі трьох випадків НДС розрахункової деформаційної моделі з використанням критеріїв появи граничного стану, які викладені нижче, і діаграм стану матеріалів. Основним критерієм появи граничного стану в розрахунковому перерізі СЗББЕ є екстремальний критерій досягнення деформаціями стисненого бетону граничних значень (ε_{cu}), при якому несуча здатність елемента буде максимальною (M_{max}).

В результаті узагальнення було виділено три окремі випадки напружено-деформованого стану (НДС) розрахункового перерізу СЗББЕ на стадії його руйнування чи при граничному стані залежно від положення в ньому нейтральної вісі по відношенню до бетонного перерізу і сталюого профілю:

- випадок “а”: коли в крайньому верхньому волокні стиснутої бетонної ділянки перерізу відносні деформації бетону (ε_b) досягають величини граничних деформацій стиску ($\varepsilon_b = \varepsilon_{cu}$), а в крайньому нижньому волокні, що розтягується, відносні деформації сталюого профілю (ε_a) змінюються у межах $\varepsilon_a > \varepsilon_{au}$, тобто існує зона пластичних деформацій;
- випадок “б”: коли відносні деформації бетону досягають величини $\varepsilon_b = \varepsilon_{cu}$, а відносні деформації сталюого профілю величини $\varepsilon_a = \varepsilon_{au}$;
- випадок “в”: коли відносні деформації бетону досягають величини $\varepsilon_b = \varepsilon_{cu}$, а відносні деформації сталюого профілю змінюються у межах $\varepsilon_a < \varepsilon_{au}$.

На першому етапі розрахунку міцності на згин СЗББЕ при заданих величинах ε_{au} ; ε_{cu} ; E_c ; E_a ; f_{cd} ; f_y ; A_c ; A_a за залежністю $\alpha_a \mu > \alpha_a \mu_{onm}$ визначаємо випадок напружено-деформованого стану (НДС) розрахункового перерізу СЗББЕ. Якщо умова задовольняється, то тоді НДС в розрахунковому перерізі СЗББЕ відповідає НДС за випадком “в”, а якщо ні – то НДС за випадком “а”. При умові $\alpha_a \mu = \alpha_a \mu_{onm}$ – НДС перерізу СЗББЕ відповідає безпосередньо НДС за випадком “б”.

На другому етапі розрахунку міцності на згин СЗББЕ визначається положення нейтральної горизонтальної вісі в його розрахунковому перерізі та по відношенню до перерізу сталюого профілю.

На третьому етапі розрахунку складаємо рівняння рівноваги згинальних моментів відносно нейтральної горизонтальної лінії розрахункового перерізу СЗББЕ з урахуванням визначеного випадку НДС. Визначаємо граничне значення параметру згинального моменту (M_u) в ньому і порівнюємо його з діючим у ньому моментом (M) від зовнішніх навантажень за умовою міцності на згин: $M_u \geq M$.

Висновок. У науковій роботі представлена узагальнююча аналітична модель розрахунку міцності на згин сталезалізобетонних балкових елементів, яка дозволяє проектувати їх раціонально (з мінімальними витратами) з урахуванням їх конструктивних обмежень, таких як: проектування конструкцій, виходячи з виду навантажень, що діють на них, і формування (типування) випадку їх граничного напружено-деформованого стану залежно від визначених граничних критеріїв руйнування їх компонентів.

Література

1. Галінська Т.А. Про недоліки сучасної методики розрахунку міцності сталобетонних згинальних елементів на основі деформаційної моделі / Т.А. Галінська, Д.М. Овсій // Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 121-122.
2. Галінська Т.А. Аналітичні моделі розрахунку міцності на згин сталезалізобетонних елементів в бетонній оболонці згідно норм проектування провідних держав / Т.А. Галінська, Д.М. Овсій, О.М. Овсій // Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 25 квітня – 21 травня 2022 р.) – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022. – С. 173-174.
3. Galinska T. The combining technique of calculating the sections of reinforced concrete bending elements normal to its longitudinal axis, based on the deformation model / T. Galinska, D. Ovsii, M. Ovsii // International Journal of Engineering and Technology (UAE), 2018. 7 (3). pp. 123-127. Режим доступу до статті: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/download/14387/5818>
4. Galinska T., Ovsii D., Ovsii A. (2022) Flexural Strength of Steel-Reinforced Concrete Composite Structural Span Elements. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 181. pp 131-145. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_13
5. Galinska T., Ovsii D., Ovsii A. (2020) Flexural strength of span steel-reinforced concrete truss composite structures / Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering.– 2(55)' 2020.- pp. 26-34. <https://doi.org/10.26906/znp.2020.55.2338>
6. Галінська Т.А. Підбір оптимального армування нормального прямокутного перерізу сталезалізобетонних балок на основі деформаційної моделі / Т.А. Галінська, Д.М. Овсій // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 149. – С.106-112.
7. Галінська Т.А. Підбір оптимального армування нормального перерізу сталезалізобетонних балок з бетонною верхньою полицею на основі деформаційної моделі / Т.А. Галінська, Д.М. Овсій // Вісник СНАУ. Серія: Будівництво. – Суми: СНАУ, 2014. – Вип.10(18). – С.80-84.
8. EN 1994-1-1:2004. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN, European Committee for Standardisation, Brussels, 2004. – 118 p.
9. Kochkarev D., Galinska T. (2017) Calculation methodology of reinforced concrete elements based on calculated resistance of reinforced concrete / MATEC Web of Conferences 116, 02020/ (2017). pp. 1-9.