

## ВПЛИВ ЗОВНІШНЬОЇ СТРІЧКОВОЇ АРМАТУРИ НА УТВОРЕННЯ ТА РОЗВИТОК ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ У РАЗІ ДІЇ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ

*Т. Боднарчук, к.т.н.*

*Львівський національний аграрний університет*

*О. Башинський, к.т.н.*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

**Ключові слова:** сталобетонні конструкції, зовнішня стрічкова арматура, поперечна арматура, похила тріщина, плече зрізу, поперечна сила, несуча здатність.

У статті висвітлено результати експериментальних досліджень і теоретичних розрахунків. Особливої уваги заслуговує порівняльний аналіз роботи сталобетонних та залізобетонних балок-аналогів. Виявлено відмінності в роботі сталобетонних балок зі стрічковою арматурою та залізобетонних із стержневою.

**Постановка проблеми.** Проблема міцності залізобетонних елементів у разі дії поперечних сил охоплює практично всі згинані залізобетонні конструкції, визначаючи кількість поперечної арматури, розміри поперечного перерізу, способи армування складних конструкційних деталей (консолі, вузли з'єднання елементів тощо). Робота залізобетонних балкових елементів із традиційним стрижневим армуванням у зоні дії поперечних сил на сьогодні вивчена значно краще, ніж сталобетонних із зовнішнім стрічковим армуванням. Застосування стрічкової арматури в розтягненій зоні згинаних елементів, на наш погляд, повинно сприяти покращанню їх роботи в зоні дії поперечної сили.

Конструкції, в яких у розтягнутій, а іноді і в стиснутій зонах поперечного перерізу застосовують зовнішню звичайну або високоміцну напружену стрічкову арматуру, що розташовується на гранях залізобетонного перерізу без захисного шару, називають сталобетонними. Концентроване розміщення стрічкової арматури на зовнішніх гранях перерізу дозволяє зменшити масу або одержати економію сталі за однакової висоти і того ж відсотка армування порівняно із залізобетонними конструкціями зі стержневим армуванням. Застосування стрічкової арматури виключає необхідність її багаторядного розміщення за висотою перерізу, як у залізобетонних елементах, а це сприяє економнішому використанню арматури і значно спрощує укладання та ущільнення бетону. Відкрита з одного боку поверхня стрічкової арматури дає змогу легкого підсилення сталобетонних конструкцій, а також використання стрічкової арматури як закладних деталей та елементів опорних вузлів.

Відомо, що, залежно від призначення конструкцій, умов їх експлуатації і чутливості арматури до агресивних впливів, вони належать до різних класів тріщиностійкості: 1-й і 2-й клас – тріщини не повинні утворюватись, 3-й і 4-й клас – ширина розкриття тріщин обмежена. Використання залізобетонних конструкцій, які працюють із тріщинами, доцільне, оскільки тріщини – якщо їх ширина обмежена відповідними межами – не спричинюють ні зниження несучої здатності і довговічності, ні втрати експлуатаційних властивостей.

**Постановка завдання.** З метою вивчення роботи сталобетонних балкових елементів, армованих зовнішньою стрічковою арматурою у зоні дії поперечних сил, ми провели експериментальні дослідження й порівняли їх роботу із залізобетонними балками-аналогами, що мали стрижневе армування. Як дослідні моделі використано балки на високоміцному важкому бетоні без попереднього напруження з кроком поперечної арматури 90 та 120 мм. Проліт балок – 2000 мм, довжина – 2300 мм, ширина – 120 мм, висота – 240 мм. Для кожної сталобетонної балки було виготовлено залізобетонний аналог. Різнилися вони лише поздовжнім армуванням і робочою висотою  $h_0$  ( $h_0 = 237$  мм у сталобетонних і  $h_0 = 210$  мм у залізобетонних) (рис. 1).

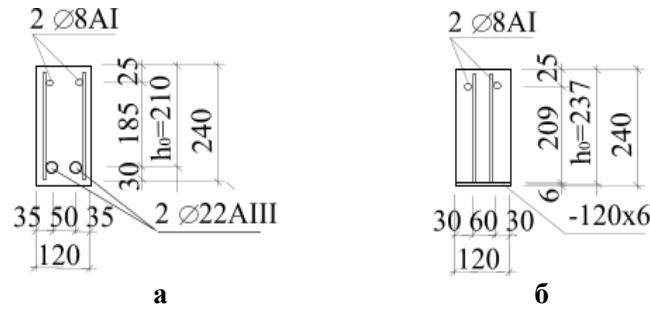


Рис. 1. Поперечні перерізи дослідних балок:  
а – залізобетонна балка, б – сталобетонна балка.

Для робочої арматури розтягнутої зони було застосовано стрічкову рифлену сталь марки 09Г2С ( $\sigma_T = 418$  МПа,  $A_s = 7,2$  см<sup>2</sup>) перерізом 120×6 мм – у сталобетонних балках і стрижневу 2Ø22 класу А11 ( $\sigma_T = 395$  МПа,  $A_s = 7,6$  см<sup>2</sup>) – у залізобетонних балках. Навантаження прикладалось симетрично двома зосередженими силами з плечем зрізу –  $1,5h$ ,  $2,5h$  та  $3,5h$ .

**Виклад основного матеріалу.** Використання стрічкової арматури періодичного профілю дозволило забезпечити її сумісну роботу з бетоном під час навантаження. Ні відшарування стрічкової арматури від бетону, ні їх взаємного зміщення не спостерігали.

Утворення нормальних тріщин у зоні дії згинального моменту в усіх дослідних сталобетонних балках відбулося за навантаження, яке в 1,25...2 рази більше, ніж у їх залізобетонних аналогах. Очевидно, що зчеплення стрічкової арматури з бетоном стримує розкриття тріщин безпосередньо біля поверхні їх контакту.

Виникнення похилих тріщин у сталобетонних балках та їх залізобетонних аналогах відбулося за однакового навантаження. Дослідні значення поперечної сили  $Q$  в момент досягнення ширини розкриття похилої тріщини нормованого граничного значення  $a_{cr2} = 0,3$  мм та прогинів  $f$  за навантажень, близьких до експлуатаційних ( $Q = 0,7Q_{max}$ ), наведені в таблиці.

Таблиця

Таблиця значення поперечної сили  $Q$

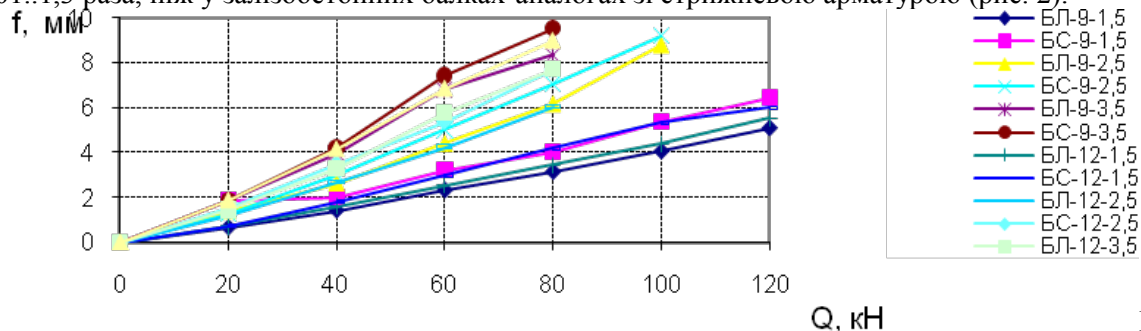
Шифр балки	МПаR <sub>b</sub>	%ϕ <sub>св</sub>	%μ <sub>s</sub>	c	Q, кН			f, мм Q = 0,7 Q <sub>max</sub> при
					утворення нормальних тріщин	утворення похилих тріщин	a <sub>cr2</sub> = 0,3 ммпри	
БЛ-9-1.5	40,4	0,53	2,56	1,5 h	50	60	130	4,8
БС-9-1.5	40,4	0,53	3	1,5 h	25	60	100	6,4
БЛ-9-2.5	36,1	0,53	2,56	2,5 h	30	50	100	5,1
БС-9-2.5	36,1	0,53	3	2,5 h	25	50	70	6,0
БЛ-9-3.5	36,3	0,53	2,56	3,5 h	25	40	70	5,95
БС-9-3.5	36,3	0,53	3	3,5 h	20	40	60	6,01
БЛ-12-1.5	38,3	0,39	2,56	1,5 h	40	60	100	4,1
БС-12-1.5	38,3	0,39	3	1,5 h	25	60	100	5,33
БЛ-12-2.5	38,2	0,39	2,56	2,5 h	30	40	80	4,21

БС-12-2.5	38,2	0,39	3	$2,5h$	25	40	80	4,31
БЛ-12-3.5	43,1	0,39	2,56	$3,5h$	25	30	70	5,61
БС-12-3.5	38,2	0,39	3	$3,5h$	20	30	70	5,86

Умовні позначення:  
БЛ–балки зі стрічковим армуванням;  
БС–балки зі стрижневим армуванням;  
цифри 9 і 12 – крок поперечної арматури в сантиметрах,  
цифри 1,5; 2,5; 3,5 – плече прикладання зосередженої сили  $1,5h$ ,  $2,5h$  і  $3,5h$ .

Гранично допустиме нормативне значення розкриття похилих тріщин у сталобетонних балках із кроком поперечної арматури 90 мм зафіксовано за навантаження у 1,16...1,3 раза більшого, ніж в аналогічних залізобетонних (див. табл.). Тобто, незважаючи на дещо нижчий відсоток повздовжнього армування сталобетонних балок, тріщиностійкість їх похилих перерізів загалом є вищою порівняно з аналогічними залізобетонними балками зі стрижневим армуванням. У залізобетонних і сталобетонних балках із кроком поперечних хомутів 120 мм ширина розкриття похилої тріщини сягала нормативного значення за однакових навантажень.

Під час випробувань також з'ясовано, що на всіх стадіях роботи прогини сталобетонних балок із зовнішньою стрічковою арматурою, незалежно від кроку поперечних стрижнів, були меншими у 1,01...1,3 раза, ніж у залізобетонних балках-аналогах зі стрижневою арматурою (рис. 2).



Прогини дослідних балок.

Рис. 2.

**Висновки.** Дослідження тріщиностійкості сталобетонних балок показали, що стрічкова арматура періодичного профілю завдяки рівномірному зчепленню з бетоном і розміщенню на зовнішній поверхні перерізу запобігає локалізації деформацій поблизу стрижнів поперечної арматури та в найнапруженішій розтягнутій частині бетонного перерізу і цим сприяє підвищенню тріщиностійкості балок у зоні дії згинального моменту на 30% і більше порівняно із залізобетонними балками. Утворення тріщин у похилих перерізах як сталобетонних, так і залізобетонних балок відбувалося за близьких навантажень. Водночас ширина розкриття похилих тріщин у сталобетонних балках із частим розміщенням хомутів суттєво менша, ніж у залізобетонних балках-аналогах. Зі збільшенням кроку поперечної арматури сталобетонні балки стають близькими до залізобетонних.

Порівняльний аналіз деформативності сталобетонних і залізобетонних балок-аналогів підтвердив ефективність використання зовнішнього стрічкового армування. Використання стрічкової арматури періодичного профілю спричинює зменшення прогинів у сталобетонних згинаних елементах.

Проведені експериментальні дослідження сталобетонних балок свідчать, що стрічкова арматура періодичного профілю має досить міцний і надійний зв'язок із бетоном і забезпечує експлуатаційні якості, не нижчі, ніж у залізобетонних балок. Балки, армовані стрічковою арматурою, мають вищу тріщиностійкість і меншу деформативність порівняно із залізобетонними аналогами. Ці переваги дозволяють стверджувати, що менш металомісткими для виготовлення рівномісних залізобетонних і сталобетонних згинаних балок є елементи, армовані стрічковою арматурою, оскільки показники витрат сталі в них будуть меншими.

#### Бібліографічний список

1. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 114 с.
2. Гвоздев А. А. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / А. А. Гвоздев. – М. : Стройиздат, 1978. – 76 с.
3. Залесов А. С. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил / А. С. Залесов, Ю. А. Климов. – К. : Будівельник, 1989. – 84 с.

**Боднарчук Т., Башинский О. Влияние внешней полосовой арматуры на возникновение и развитие трещин в железобетонных конструкциях при действии поперечных сил**

В статье изложены результаты экспериментальных исследований и теоретических расчетов. Особенно заслуживает внимания сравнительный анализ работы сталебетонных и железобетонных балок-аналогов. Обнаружены отменности в работе сталебетонных балок с внешней полосовой арматурой и железобетонных со стержневой.

**Ключевые слова:** сталебетонные конструкции, внешняя полосовая арматура, поперечная арматура, накладная трещина, плече среза, поперечная сила, несущая способность.

**Bodnarchuk T., Bashynsky O. Influence of the external band reinforcements on creation and development of the cracks in reinforced concrete construction under influence of the cross power**

There are results of the experimental testing and theoretical calculations in this work. The comparative analysis of the work of steel-aggregate granolithic concrete beams and reinforced concrete beams is worthy of attention. The work shows the influence of the external band reinforcement on the steel-aggregate granolithic concrete beams with cross reinforcement and the difference of its work compare to common bar reinforcement.

**Key words:** steel and concrete constructions, the external band reinforcements, the cross reinforcement, the inclined creck, the shearing arm, the cross power, the carrying ability.