

## ЗЧЕПЛЕННЯ БЕТОНУ З АРМАТУРНИМИ СТЕРЖНЯМИ, ЩО З'ЄДНАНІ ОБТИСНУТИМИ ВТУЛКАМИ

Лучко Й.Й.<sup>1</sup>, *д.т.н., професор*, Пенцак А.Я.<sup>2</sup>, *асистент*

<sup>1</sup>Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

**Проблема та її актуальність.** Зчеплення арматури з бетоном досліджується переважно експериментальним способом. Результати залежать від багатьох чинників: властивостей бетону і арматури, насичення арматурою конструкції зразків, кліматичного середовища випробувань, методики випробувань. Розподіл зміщень і напружень в зоні перерозподілу зусиль між бетоном і арматурою, а також впливу на них деформацій бетонної оболонки аналітично досліджено в працях Холмянського М.М. [1], Кольнера В.М. [2], Назаренка П.П. [3] та ін.

Аналізуючи ряд теоретичних та експериментальних досліджень, М.Хомянський [1,2] запропонував також спосіб запису функції повздовжніх переміщень бетонної оболонки на прикладі защемлення стержня у масиві. Автором отримані формули, які дозволяють при відповідних умовах використовувати будь-які залежності між напруженнями і деформаціями оболонки, що дозволяє при розрахунках враховувати непружність матеріалу, дані експериментів і т.д. Дослідженням зчеплення бетону з арматурним прокатом класу А500С займався Бабич Є.М., Чапюк О.С. та ін. Зокрема, у працях [4,5] досліджено вплив мало циклових навантажень на межу зчеплення арматури з бетоном, отримано нові експериментальні дані щодо зчеплення арматури серповидного профілю залежно від її діаметру та міцності бетону. Авторами встановлено, що зі збільшенням міцності бетону зчеплення арматури серповидного профілю з бетоном збільшується пропорційно росту міцності.

Розглянуті методи оцінки зчеплення арматури з бетоном мають низку недоліків і вимагають уточнення й подальшого дослідження. Теоретичні залежності анкерування арматури в бетоні розроблені для відповідних рівнів напружено-деформованого стану і не можуть описати всі етапи навантаження. Також дослідження зчеплення арматури з бетоном проводились для суцільної (не з'єднаної) арматури.

Зчеплення арматури з бетоном є визначальним фактором в забезпеченні їхньої спільної роботи в складі залізобетонних конструкцій. Теорія зчеплення арматури з бетоном розроблена в достатній мірі при дії короткочасних навантажень, виконано велику кількість експериментальних досліджень зчеплення бетону з арматурою класів А-II, А-III, А-IV та іншою, яка зараз не випускається і не застосовується при виготовленні залізобетонних конструкцій. Крім цього, в основному, для виготовлення залізобетонних конструкцій використовується прокат арматурний суцільної довжини. Однак, що раз ширше застосування знаходить механічно з'єднана арматура, зчеплення якої з бетоном мало досліджено.

Отже, цілком зрозуміло, що питання зчеплення з'єднаних стержнів з бетоном потребує ґрунтовного дослідження в умовах прикладання мало циклових навантажень, коли проходить інтенсивне послаблення зв'язків між бетоном і сталюю арматурою. В зв'язку з цим було виконано окремі експериментальні дослідження зчеплення з бетоном арматури класу А500С, що з'єднана за допомогою обтискних втулок, аналіз яких наводиться нижче.

**Виклад основного матеріалу. Дослідні зразки та методика випробування.** Експериментальні дослідження зчеплення проводились на трьох групах. В кожену групу входили три зразки-близнюки, які виготовляли у вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі стороною 10 см. Висота призм визначалася прийнятою довжиною анкерування стержнів, яка становила  $24d$  ( $d=12$  мм – діаметр стержнів), тобто 288 мм. В двох групах зразки відрізнялись місцем розташування обойми в бетоні. В третю групу входили зразки з арматурним стержнем без обойми з метою порівняння результатів досліджень.

Арматурні стержні розташовували в призмах таким чином, щоб їхні поздовжні осі співпадали, а виступаючі частини стержнів дозволяли з одного боку закріплювати в захваті преса та вимірювати його переміщення (проковзування) відносно торця призм (рис. 1).

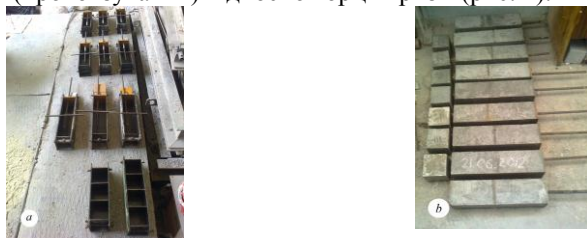


Рис.1.Опалубки призм з дослідною арматурою: *a* - готові до бетонування; *b* - готові дослідні зразки

В місцях де буде проходити арматура було виготовлено стінки розміром 105x100мм, з отвором діаметром 14мм з ДВП. Для всіх груп зразків використовувався трьохкомпонентний бетон класу С8/10. Було зроблено один заміс бетону для бетонування призм та кубиків розміром 10x10x10см для експериментального підтвердження отриманого класу бетону [6]. Схема розташування з'єднання арматури в бетоні зразків та їх конструкція приведені на рис. 2.

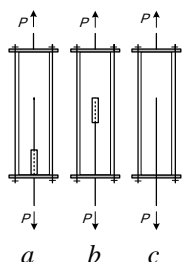


Рис. 2. Конструкція дослідних зразків та схема їх випробування: *a* – (серія 1) з розміщенням муфти всередині призми на кінці арматури; *b* – (серія 2) з розміщенням муфти на краю призми по напрямку дії сили висмикування; *c* – (серія 3) без муфти; *d* - випробування зразків на розривній гідравлічній машині

Дослідження зчеплення арматури з бетоном виконували шляхом висмикування (витагання) стержня з бетонної призми з використанням спеціального пристрою в розривній гідравлічній машині.

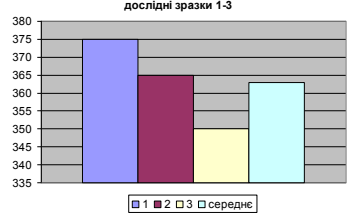
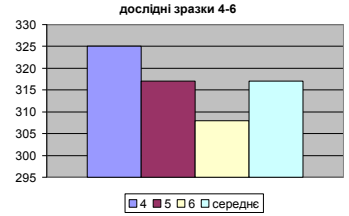
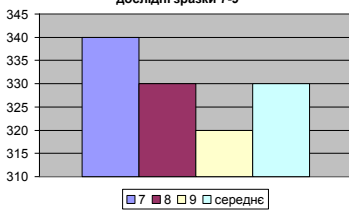
Навантаження до стержня прикладали ступенями по 0,5 кН. Під час навантаженя вимірювали проковзування (переміщення) кінця стержня відносно торця призми годинниковим індикатором з ціною поділки 0,001 мм. Дослідження зразків на зчеплення ми виконували за британським стандартом [7]. За граничний стан зчеплення арматури з бетоном згідно з Британським стандартом BS 4449:1997 прийнято стан, коли проковзування (переміщення) вільного кінця стержня відносно торця призм складає  $\delta_u = 0,2$  мм. Прийнято, що значенню  $\delta_u$  відповідає напруження в арматурі  $\sigma_{s0}$ .

Результати випробування зразків на висмикування приведені в табл.1.

Як видно із таблиці, середні значення величини зчеплення (анкерування) при одноразовому навантаженні їх до руйнування середнє напруження в арматурних стержнях при проковзуванні арматури  $\delta_u = 0,2$  мм по групах зразків відрізняються на 5-10 % залежно від

розташування втулкового з'єднання. Максимальна величина зчеплення, як можна було очікувати, в I групі зразків, в якій обидва знаходиться на максимальній віддалі в бетоні від прикладення зовнішнього зусилля, а найменша в II групі, в якій обидва знаходилась зі сторони прикладання зовнішнього зусилля.

Таблиця 1. - Результати випробувань призм на висмикування арматури з бетону класу C8/10

№	Серії випробувань	Напруження в арматурних стержнях, МПа	
		Розрахункове значення	середнє значення
1	Серія 1 	375,0	363,0
2		365,0	
3		350,0	
4	Серія 2 	325,0	317,0
5		317,0	
6		308,0	
7	Серія 3 	340,0	330,0
8		330,0	
9		320,0	

За результатами випробувань зразків різних серій побудовано графіки залежностей напруження в арматурі до її проковзування (при

висмикуванні) у дослідних зразках (рис. 3), а характер руйнування зразків наведено на рис. 4.

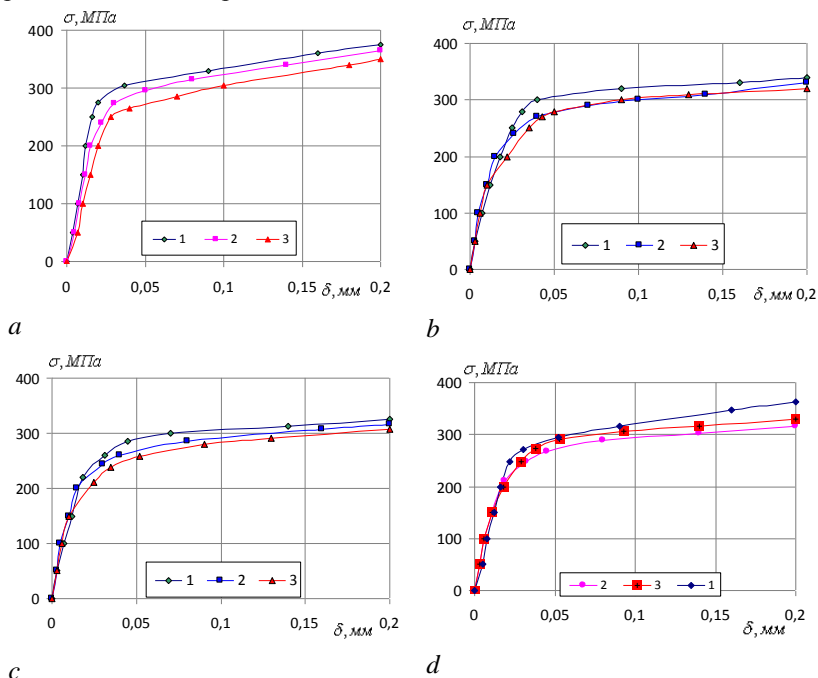


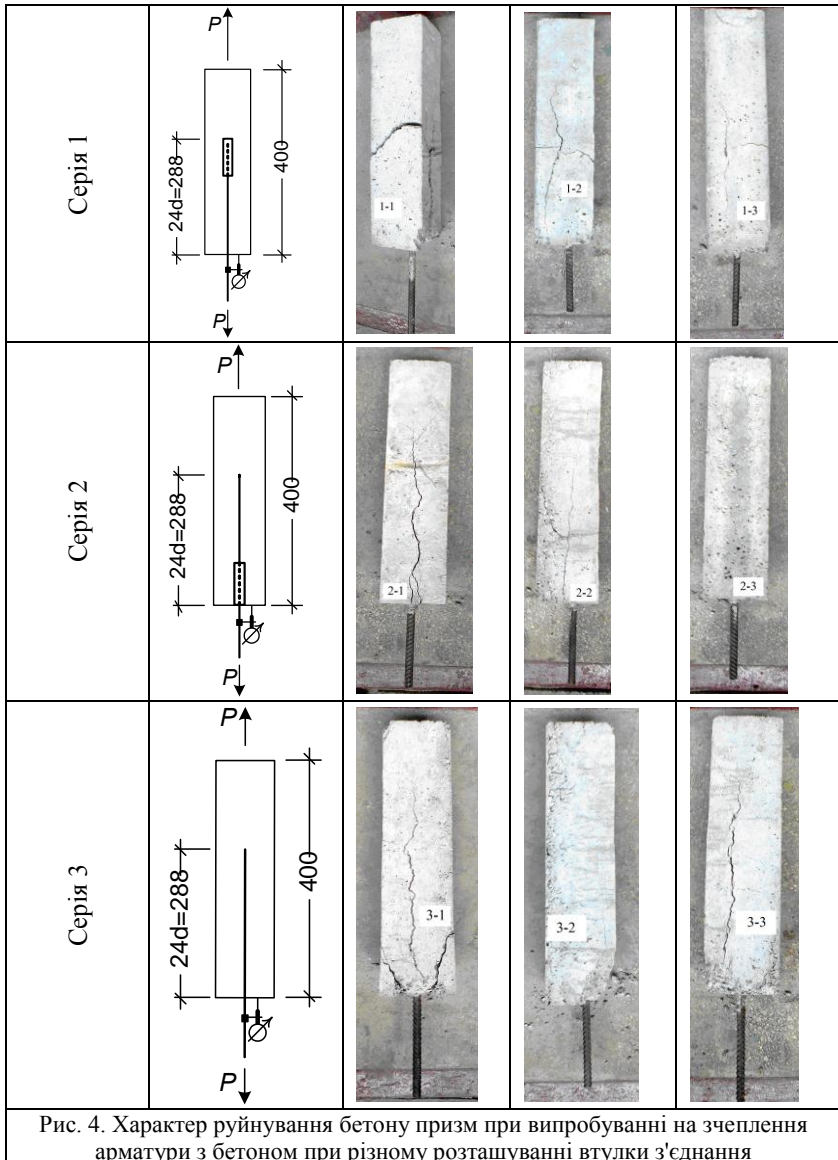
Рис. 3. Проковзування стержнів при випробуванні зразків залежно від напруження в арматурних стержнях та залежно від розташування з'єднання в бетонному зразку: *a* – серія 1; *b* – серія 2; *c* – серія 3; *d* – середні значення по серіях: 1 – серія 1; 2 – серія 2; 3 – серія 3

Із результатів досліджень випливає, що в згинальних елементах залізобетонних конструкцій з'єднуюча обойма є одночасно і додатковим анкером (за рахунок зрізання бетону площею поперечного перерізу обойми).

Незначний негативний вплив може здійснювати обойма, коли попадає по середині згинального елемента (анкерування за рахунок обойми тут не впливає на зчеплення, або впливає негативно за рахунок концентрації напружень).

За результатами випробувань призм можна зробити висновок про міцність арматурних з'єднань. Зчеплення арматури з бетоном залежить від типу анкерування. При защемленні посередині ( $l_{\text{анкерув.}} = 24d = 288\text{мм}$ ) спостерігається найбільша величина руйнівного навантаження

$N_{max}=46,667$  кН. При защемленні на краю балки ( $l_{анкерув.}=24d - l_{втулки} = 188$ мм) спостерігається найбільша величина руйнівного навантаження  $N_{min}=32,267$ кН.



Експериментальні дослідження зчеплення показали, що місце розташування обойми на стержні в бетоні певною мірою впливає на результати випробувань, хоча нормовані показники випробувань задовольняють вимоги відповідних стандартів.

Цілком вірогідно, що питання зчеплення з'єднаних стержнів з бетоном потребує ґрунтовного дослідження в умовах прикладання динамічних навантажень, коли проходить інтенсивне послаблення зв'язків між бетоном і сталюю арматурою.

### ***Висновки***

Отже, на основі проведених досліджень можна стверджувати таке:

Із результатів досліджень випливає, що в згинальних елементах залізобетонних конструкцій з'єднувальна втулка є одночасно і додатковим анкером — за рахунок зрізання бетону площею поперечного перерізу обойми. Середні значення величини зчеплення при різних розташуваннях обойми по довжині випробуваних стержнів арматури знаходяться в межах 5 — 10% (порівняно із зчепленням в стандартних зразках арматури).

Експериментальні дослідження зчеплення показали, що місце розташування обойми на стержні в бетоні певною мірою впливає на результати випробувань, хоча загалом нормовані показники випробувань задовольняють вимоги відповідних стандартів. Цілком ймовірно, що питання зчеплення з'єднаних стержнів і бетону потребує серйозних досліджень в умовах прикладання динамічних навантажень, коли проходить інтенсивне послаблення зв'язків між бетоном і арматурою.

### **Summary**

Experimental studies of adhesion showed that the location of clips on the rod in the concrete to some extent affect the test results, although generally standardized performance tests meet the requirements of the relevant standards. It is likely that the issue of clutch jointed rods and concrete needs serious research in the application of dynamic loads when held intensive weakening ties between the concrete and reinforcement.

## *Література*

1. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. – М: Стройиздат, 1981. – 184с.
2. Кольнер В.М. Работа арматурного стержня в бетоне при поперечном нагружении / В.М. Кольнер, Ю.А.Тевелев // Труды НИИЖелезобетона, вып.13. – М., 1967. – С. 75.
3. Назаренко П.П. Контактное взаимодействие арматуры в бетоне в элементах железобетонных конструкций. Автореф. дисс. докт. тех. наук. - М., - 1998. с. 34.
4. Бабич Є.М. Зчеплення арматури класу А500С з бетоном різної міцності /Є.М. Бабич, О.С. Чапук// Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: збірник наукових праць. - Львів: Каменярь, 2009.- Вип.8.-С.132-139.
5. Чапук О.С. Методика експериментальних досліджень зчеплення бетону з арматурою класу А500С / О.С. Чапук// Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2008. – Випуск 33. –С.114-120.
6. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками, [Текст]: ДСТУ Б В.2.7-214 – 2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 43с. – (Національний стандарт України).
7. BS 4449:1997 British standard. Specification for carbon steel bars for the reinforcement of concrete. - London: BSI 07-2001. – 20р.
8. Рекомендації з проектування армування залізобетонних елементів мостів арматурними стержнями, що з'єднані обтисковими втулками. / Й.Й. Лучко, А.Я. Пенцак, Р.Я. Пелех, В.С. Рачкевич. Львів: Каменярь, 2009. – 51с.