

УДК 624.078.7

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДИ БАЗАЛЬТОПЛИСТИКОВОЇ  
АРМАТУРИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АНКЕРІВ**

**ЭКСПИРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
АНКЕРОВ**

**EKSPERIMENTALNYI STUDIES OF BASALT-PLASTIC  
REINFORCEMENT FOR THE MANUFACTURE OF ANCHORS**

**Жданюк В.К., д.т.н., професор, Золотов С.М., к.т.н., доцент, Єремєєва  
Т.Г., здобувач (Харківський НУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків)**

**Жданюк В.К., д.т.н., професор, Золотов С.М., к.т.н., доцент, Єремєєва  
Т.Г., соискатель (Харьковский НУГХ им. А.Н. Бекетова, г. Харьков)**

**V. Zhdanyuk, Doctor of technical Sciences, professor, S. Zolotov, Ph.D.,  
associate professo, T. Yeriemieieva, PhD student (Kharkov national University  
of municipal economy named A. Beketov, Kharkov)**

**У статті описано дослідження базальтопластикової арматури, на предмет  
використання її, як анкерів для кріплення різноманітного  
технологічного обладнання та устаткування. Надані техніко-економічні  
показники для подальшого вивчення цього питання.**

**В статье описано исследование базальтопластикової арматуры, на  
предмет использования ее в качестве анкеров для крепления  
разнообразного технологического оборудования. Предоставлены  
техничко-экономические показатели для дальнейшего изучения этого  
вопроса.**

**The article describes a study basaltplastics valves, for use as anchors for  
fastening a variety of technological equipment. Provided technical and  
economic indicators for further study of this issue.**

**Ключові слова:**

Анкер, базальтопластик, розтяг, стиск, деформативність, технологічне  
обладнання.

Анкер, базальтопластик, растяжение, сжатие, деформативность,  
технологическое оборудование.

Anchor, brown, tension, compression, deformability, technological equipment.

Вступ. В зв'язку з великим об'ємом модернізації, переобладнанням та збільшенням потужностей у промисловості зростає потреба в удосконаленні кріплень технологічного обладнання та устаткування. Також важливим є скорочення термінів виробництва робіт, залежних від підвищення продуктивності праці, економії матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів, зниження ручних робіт у будівництві. В будівельному виробництві широко застосовуються анкерні з'єднання у вигляді закладення у бетон самих арматурних стержнів чи з'єднання їх за допомогою клею.

Основною проблемою металевої арматури та анкерів у хімічній промисловості є вплив зовнішнього агресивного середовища. В результаті цього виникає корозія металевих стержнів і, деякою мірою самого бетону, при чому відбувається втрата несучої здатності конструкцій, будівель і споруд. Корозія арматури викликається надмірним розкриттям тріщини, недостатньою товщиною захисного шару чи механічного впливу та виникає незалежно від корозії бетону. Для зменшення корозії обмежують агресивність середовища в процесі експлуатації, застосовують щільні бетони на сульфатостійких та інших спеціальних в'язучих, влаштовують на поверхні бетону захисні покриття необхідної товщини, обмежують розкриття тріщин, або використовують різного виду композитні матеріали для виготовлення стержнів.

Наведені технічні умови базальтопластикової арматури дозволяють судити про ефективність роботи цієї арматури та виробів з неї. Серйозним проривом у цьому напрямку стало відкриття базальтопластикових [1] анкерів, створених на основі базальтового волокна і синтетичної смоли. Наприклад залізобетон знаходиться на одному з перших місць в різних областях будівництва, це пов'язано насамперед з його міцністю, довговічністю і ціною. Однак, його механічні характеристики прямо пов'язані з довговічністю арматури, використовуючи композитну арматуру ми вирішуємо проблему корозії.

Аналіз останніх досліджень. Але на сьогоднішній день, фактично відсутні дані про масове застосування базальтопластикової арматури в будівельній галузі та конкретні дані про несучу здатність бетонних конструкцій з базальтопластиковими анкерами. Відсутня повноцінна інформація про величину зчеплення її з бетоном і залежність від складу бетону і способу його ущільнення; від обробки зовнішньої поверхні базальтопластикової арматури різними способами для збільшення зчеплення її з бетоном; про характер руйнування таких конструкцій від впливу зовнішніх навантажень.

Вивченням питання базальтопластикової арматури в своїх роботах займалися О.Н. Блазнов, К.Д. Лур'є, С.Є. Артеменко, Ю.А. Кадикова, О.Г. Васильєва [2]. Також у роботах І.Ф. Давидова, М.С. Кавуна, Є.П. Швецова розглянуто питання робіт базальтопластиків при підвищеній температурі. Де показано, що базальтопластики зберігають 70% від вихідної міцності при статичному вигині після впливу температури 400°C, епоксидні

базальтопластики зберігають на рівні 70-80% своєї несучої здатності ті фізико-механічних властивостей та характеристик після впливу підвищеної вологості. При використанні неорганічних в'язучих в базальтопластиках досягається в 2 рази зниження вартості тканинного наповнювача за рахунок виключення подвійного неорганічного покриття волокон [3].

Питаннями силового опору залізобетонних конструкцій, пошкоджених корозійними процесами присвячені дослідження В. М. Бондаренка.

Негативну роль прискорення корозійних процесів арматури грає ступінь напруженого стану, як бетону, так і залізобетону [4]. Тому використання композитів є доцільним.

Мета і задачі дослідження. Визначити фізико-механічні характеристики базальтопластикової арматури: міцність на розтяг і стиск. Зробити порівняння базальтопластикової арматури з металевою.

Методика досліджень. Застосування базальтопластикового анкеру у залізобетонних конструкціях потребує додаткових наукових досліджень та порівняння її з металевою арматурою.

Через утворення водяних лінз і порожнеч навколо стрижня при бетонуванні металева арматура не має повного зчеплення з бетоном по всій контактній поверхні, що негативно позначається на тріщиностійкості конструкцій. Крім того, через дії лужного середовища бетонної суміші і води, з моменту контакту бетону з металевим стрижнем починаються виборчі процеси корозії. Це є одним з основних факторів, що негативно впливають на міцність залізобетонних конструкцій. У зв'язку з цим металева арматура через її корозію, з часом негативно впливає в цілому на несучу здатність залізобетонних конструкцій. В даний момент проводяться інтенсивні дослідження в напрямку можливої альтернативи металевої арматури, з пошуку нових матеріалів для нових її видів. Сьогодні завдяки спільній роботі металу і бетону, незважаючи на високу ступінь корозії (приблизно 98% будівельних конструкціях з бетону, для їх армування, використовують металеві стрижні) збудовані та задовольняють наші потреби.

Основною ціллю проведення цих дослідів – це отримання числових характеристик базальтопластикової арматури на розтяг та стиск, визначити її несучу здатність у бетоні. Для отримання результатів базальтопластикової арматури типу БПА-П10 (базальтопластикової арматури періодичного профілю, діаметром 10 мм) та БПА-П12 (діаметром 12 мм) випробувалася на розтяг на пресі МР-100. Довжина досліджуваних стержнів була прийнята 60 см. Перші спроби розірвати арматуру були невдалими через погане зчеплення з захоплюючим пристроєм пресу (відбувалося прослизання чи розплющування стержнів). Тому для продовження дослідів та після вивчення цього питання, прийняте рішення з кінців стержню провести намотування відпаленого дроту діаметром 1 мм на довжину 8 см, це не дало потрібного результату. Через 75 секунд знову пройшло прослизання стержнів на верхньому кінці, на шкалі пресу було 2300 кг. Після цього була спроба

нанесення на кінцівки спочатку епоксидної смоли, а потім акрилу, але це також не дало потрібного ефекту, при прикладенні розривного зусилля епоксидна смола та акрил зруйнувалися, далі виготовлено обойми з металевих трубок довжиною по 8 см, в них встановлено базальтопластикову арматуру, відстань між арматурою і обоймою спочатку заповнилось епоксидною смолою, яка на 83 секунді в результаті дослідів на розтяг подрібнилась на шкалі пресу було 2800 кг. Далі відстань між стержнем і обоймою заповнилась акрилом (мал.1). Базальтопластикову арматуру порвалася на 114 секунді, а на шкалі пресу було 3500 кг. Випробувано по 3 зразка діаметром 10 см і 12 см, таблиця 1.

Таблиця 1.

Вихідні дані дослідів на розтяг

№ зразка та назва	Навантаження, (кг)	$\sigma$ , кг/см <sup>2</sup> (МПа)	Час (сек.)	Металева арматура, аналогічного діаметру, клас А400С, (МПа)
1. БПА-П10	3500	1062 МПа	114	590
2. БПА-П10	3360	1020 МПа	113	590
3. БПА-П10	3580	1087 МПа	117	591
4. БПА-П12	4200	1275 МПа	117	592
5. БПА-П12	4200	1275 МПа	118	589
6. БПА-П12	4500	1366 МПа	121	590

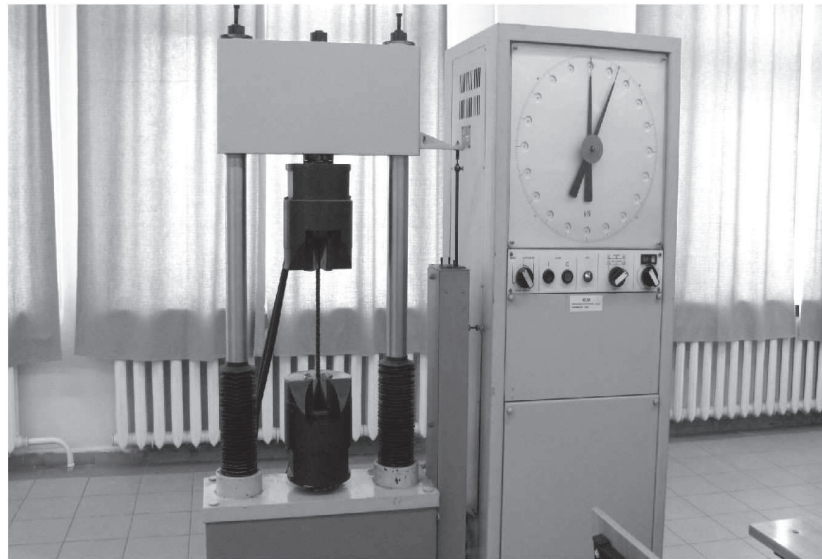


Рис.1. Випробування стержнів на розрив

Наступний дослід на стиск під пресом (на сплющування) за зразок прийнято стержні діаметром 10 мм і 12 мм, довжиною 10 см. Дані дослідів по зміні діаметру стержні від прикладеного навантаження наведені у таблиці 2.

Таблиця 2.

Вихідні дані дослідження на стиск							
Нав-ня, (кг)	Час, (сек)	1.БПА- П10, (мм)	2.БПА- П10, (мм)	3.БПА- П10, (мм)	4.БПА- П12, (мм)	5.БПА- П12, (мм)	6.БПА- П12, (мм)
100	5	9,5	9,6	9,6	11,6	11,4	11,4
250	15	8,5	8,7	8,7	10,7	10,6	10,7
400	25	7,0	7,5	7,4	9,0	8,9	9,1
650	40	4,7	6,3	6,1	8,5	7,0	7,0
800	55	2,8	4,9	4,5	4,9	5,0	4,9
1000	65	повне руйнує	2,1	1,8	3,1	3,0	3,0
1100	75		повне руйнує	повне руйнує	повне руйнує	повне руйнує	повне руйнує

Також проведено дослідження для отримання оптимальної клеючої речовини на стиск. Для дослідження було виготовлено по три кубики розміром 4x4x4 см різного складу.

Таблиця 3.

Порівняльна таблиця між паспортними даними компаундів та отриманими результатами

	Вид компаунду	Показник	Паспортні дані	Дані випробування (середній показник)
Акрилові АСТ-Т ТУ 64-2- 226-83	Акриловий	Зовнішній вигляд	Світло-рожевий	Світло-рожевий
		Міцність на розтяг, МПа	85	87
	Акриловий перлітовим піском	Міцність на стиск, МПа	120	145
		Міцність на розтяг, МПа	-	74
	Акриловий річним піском	Міцність на стиск, МПа	-	98
		Міцність на розтяг, МПа	-	61
Епоксид на смола ЕД-20 ДБН 10587-84	Епоксидний	Зовнішній вигляд	Світло-жовтий	Світло-жовтий
		Міцність на розтяг, МПа	50	51
		Міцність на стиск, МПа	100	108
	Епоксидно-акриловий	Міцність на розтяг, МПа	-	46
		Міцність на стиск, МПа	-	78
	Епоксидний перлітовим піском	Міцність на розтяг, МПа	-	26
		Міцність на стиск, МПа	-	76
	Епоксидний річним піском	Міцність на розтяг, МПа	-	24
Міцність на стиск, МПа		-	77	

Всього виготовлено 21 зразок, останні 12 зразків після їх повного затвердіння відразу були відбраковані через випадання в осад пісочних

включень, у зв'язку з цим зменшилась їх несуча здатність. Епоксидний зразок показав найменшу несучу здатність повна руйнація при прикладенні навантаження 2200 кг, епоксидно-акриловий при 2400 кг, в той час як акриловий зразок повністю руйнується при навантаженні 3600 кг.

Результати досліджень. Базальтопластикова арматура при сплющуванні починає деформуватись при меншому навантаженні, ніж металева. В той час, як металева арматура переходить з круглого перерізу у пластину приблизно при навантаженні 355 МПа, то базальтопластикова при 325 МПа. Натомість у досліді на розтяг базальтопластикові стержні витримують у середньому навантаження 1180 МПа, а металеві приблизно 590 МПа [5].

Область використання базальтопластикової арматури встановлена з урахуванням факторів, виявлених при проведенні дослідів [6]:

- Висока міцність;
- Мала питома вага;
- Низька теплопровідність;
- Висока корозійна стійкість;

Низький модуль пружності в порівнянні з металевою арматурою;

- Низька горюче здатність;
- Відсутність конструктивних згинів готових арматурних стержнів [7].

Базальтопластикова арматура може бути рекомендована для використання в конструкціях при будівництвах, відновленні, ремонті, реконструкції чи модернізації будівель та споруд з агресивним навколишнім (мал. 2) та внутрішнім середовищем, особливо на хімічних підприємствах.



Рис. 2. Вплив агресивного середовища на анкер

Такі конструкції також перспективні для створення сейсмостійких поясів будівель та споруд як існуючих, так і зводяться нові.

При цьому збільшується між ремонтний період у порівнянні з металевою арматурою, забезпечується довговічність конструкцій до 100 років в залежності від ступеню агресивних впливів. І навпаки дуже зручний спосіб анкерування при частому модернізуванні обладнання.

Висновки. Аналізуючи досліди приходимо до висновку, що технічні умови базальтопластикової арматури співпадають дійсності. Це означає, що композитна арматура витримує навантаження на розтяг майже у два рази більше ніж металева, а на стик уступає їй приблизно на 30 МПа. Для більш детального вивчення цього композиту треба провести, ще ряд дослідів на напружено-деформативний стан. Також визначений, що міцнішим клеєм для вклеєних хімічних анкерів є акрил.

Відомо, що модуль пружності бетону дорівнює  $E_b=22000 \text{ кг/см}^2$ , а модуль пружності арматурної сталі  $E_s=210000 \text{ кг/см}^2$ , на той час як  $E_a=70000 \text{ кг/см}^2$  модуль пружності базальтопластикових стержнів. Різниця в модулях пружності металевої арматури та бетону не дозволяє деформуватися металу, через малу величину деформації бетонної усадки. Згідно цих даних менша різниця між модулями пружності, полегшує супротив бетону сприймати навантаження. Також велике значення має поверхня контакту, для більшої величини зчеплення підходить арматура з періодичним профілем.

1.Єремеева Т.Г. Базальтопластиковые анкера для крепления различного технологического оборудования / Т.Г. Еремеева, С.М. Золотов// - Харків: Харківський НУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. - 21 с. 2.Савин В.Ф. Продольный изгиб как метод определения механических характеристик материалов/ В.Ф. Савин, А.Н. Луговой, Ю.П. Волков, А.Н. Блазнов// - Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2006. – 55 с. 3.Артеменко С.Е. Базальтопластики – полимерные композиционные материалы XXI века/ С.Е. Артеменко, Ю.А. Кадыкова, О.Г. Васильева// - 2005. – 32 с. 4. Давыдова И.Ф. Базальтопластики для работ при повышенных температурах/ И.Ф. Давыдова, Н.С. Кавун, Е.П. Швецов// - Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, 2012. 5.Савин В.Ф., Исследование механических свойств стеклопластиковых стержней методом продольного изгиба. Механика композиционных материалов и конструкций / В.Ф. Савин, А.Н. Луговой, А.Н. Блазнов, Ю.П. Волков, А.И. Хе // - Бийск, 2004, т.10, №4, с. 499-516. 6.Особенности и преимущества базальтопластиковой арматуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroitel5.ru/osobennosti-i-preimushhestva-bazaltoplastikovojj-armatury.html> 7.Базальтопластиковая арматура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://polyarm.com.ua/produksiya/armatura-bazaltoplastikovaya>