

DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2022-1\(89\)-131-137](https://doi.org/10.26642/ten-2022-1(89)-131-137)
УДК 693.12, 620.4

В.В. Котенко, к.т.н., доц.
С.І. Башинський, к.т.н., доц.
Ю.К. Припотень, к.т.н.
І.А. Піскун, аспірант

Державний університет «Житомирська політехніка»

Дослідження залежності величини адгезії від типу профілю композитних стержнів за умови армування виробів з каменю

Головним завданням, яке вирішується під час написання цієї статті, є встановлення дослідним шляхом залежності значення величини адгезії від типу профілю композитних стержнів за умови їх застосування для армування виробів з каменю. В межах роботи розглянуто доцільність застосування композитної арматури з вдавленим, спіральньо наклеєним (під кутом 35° та 80°) і покритим піщаною сумішшю профілів та їх здатністю до формування взаємодії з епоксидними в'язучими сумішами. За результатами виконання дослідів було встановлено здатність кожного з типів досліджуваних профілів чинити опір вириванню з кам'яного зразка (при цьому як еталон, відносно якого порівнювалися всі інші зразки, було застосовано сталевий стержень з періодичним профілем). За результатами зіставлення одержаних результатів для армування конструкцій, що експлуатуватимуться під дією згинальних або розривних навантажень, в тому числі і для складних виробів, з'єднання яких передбачено шляхом застосування посилюючих стержнів, найкращим варіантом з-поміж порівнюваних будуть стержні, поверхня яких покрита піщаною сумішшю.

***Ключові слова:** армування виробів з каменю; композитна арматура; адгезія; профіль армуючих стержнів.*

Постановка проблеми. Однією з головних переваг сучасної науки є її різносторонній розвиток, який сприяє знаходженню нетипових технічних та технологічних рішень на перетині різних галузей науки. Власне однією з таких технологій є армування виробів з природного каменю. Ця технологія є результатом комбінування накопиченого емпіричним шляхом досвіду виготовлення і експлуатації виробів з каменю та відомостей про сучасні матеріали для армування будівельних виробів.

У своїй практиці майстри з обробки природного каменю досить часто зустрічають ситуацію, коли виконаний за технічним завданням замовника проект є незбалансованим і, як наслідок, це не дозволяє забезпечити достатню міцність та жорсткість готового виробу. Отож, для збереження можливості виготовлення нетипових виробів з природного каменю, які матимуть достатню міцність та жорсткість, пропонується виконувати їх армування сучасними посилюючими будівельними матеріалами. Разом з тим, виникають ситуації, коли потрібно виготовити виріб, що буде складатися з декількох частин, які будуть з'єднані в одну суцільну композицію, чи один суцільний елемент. У цьому випадку як з'єднувальний матеріал також можуть бути застосовані сучасні посилюючі будівельні матеріали.

Незважаючи на високий ступінь актуальності описаної вище проблематики, станом на сьогодні технологія армування виробів з каменю є малорозповсюдженою у вітчизняній каменеобробній галузі і має швидше теоретичний, ніж практичний характер. Існує ряд окремих досліджень, присвячених цій тематиці, але цей процес не ідентифікується як сталі поняття і за умов вітчизняного виробництва практично не використовується як елемент технологічної схеми виробництва. Однією з причин цього може бути відсутність необхідного теоретико-дослідницького підґрунтя для такого методу, будь-яких вказівок чи рекомендацій стосовно технології та порядку його виконання.

З метою розширення відомостей про технологію армування виробів з каменю і одержання теоретичних знань, які в подальшому можуть бути використані для її уніфікації, в межах цієї статті пропонується дослідити питання адгезійного зв'язку матеріалу для армування та виробу з каменю з'єднаних за допомогою в'язучої суміші.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із головних недоліків архітектурно-будівельних виробів, виготовлених з природного каменю, порівняно, наприклад, з бетонними, є їх крихкість. Вироби з каменю досить легко руйнуються, коли на стороні натягу з'являються тріщини. Крихкість цього матеріалу спричиняє значну кількість проблем не лише на етапах виготовлення виробів, але і під час їх встановлення та експлуатації.

Невпинний пошук світовою науковою спільнотою рішень, які б дозволили підвищити міцнісні властивості виробів з каменю, впродовж останніх двох десятиліть зводиться головним чином до висновку про доцільність застосування композитних матеріалів для зміцнення та посилення конструкцій і виробів з каменю. До переваг застосування технології армування виробів з каменю за допомогою композитних

матеріалів враховують високе співвідношення міцності до ваги, високу стійкість до корозії, високу втому міцність і простоту монтажу [1]. Композитні матеріали можуть використовуватися як для з'єднання окремих частин виробу, так і як внутрішнє (безпосереднє впровадження матеріалу в площину виробу) та зовнішнє (покриття поверхні виробу шаром композитного матеріалу) армування. Порівнюючи ці дві методики армування, було встановлено, що внутрішнє армування має кілька переваг перед зовнішнім, адже забезпечує меншу ймовірність розклеювання та кращий захист від впливу на виріб випадкових ударів та механічних пошкоджень, у тому числі і силових навантажень [2–4]. Світові дослідження в галузі армування виробів з каменю показали ефективність такої технології для зміцнення колон і плит до дії вигину і зсуву [5–7].

Метою дослідження є узагальнення основних положень технології армування виробів з природного каменю та дослідження залежності величини адгезії від типу профілю композитних стержнів застосовуваних під час армування виробів з каменю.

Викладення основного матеріалу. Останніми роками на ринку будівельних матеріалів все більше уваги приділяється вдосконаленню композитної арматури, яку наразі виготовляють з базальтових, скляних або вуглецевих волокон і полімерних в'язучих сполучних рідин на основі епоксидних смол. Арматурні стрижні виробляються методом пултрузії, в основі якого лежить протягування ровінгу, просоченого рідкою сполучною рідиною, через фільтру круглого перерізу з одночасною обмоткою сформованого стрижня з натягом по спіралі тонким джгутом або покриттям кварцовим піском.

Утворюються так звані «втиснутий» або «опіщаний» профілі. Іншим методом виготовлення арматурних стрижнів є нідлтрузія. Вона є безфільтрним методом, під час застосування якого формування круглого стрижня із зібраного у пучок та просоченого сполучною рідиною ровінгу здійснюється шляхом його гвинтової обмотки при безперервному протягуванні стрижня із заданою швидкістю.

Однією з головних переваг композитної арматури, порівняно зі сталеву, є висока корозійна стійкість, що забезпечується стійкістю полімерного сполучного матеріалу. З-поміж іншого до переваг композитної арматури можна зарахувати високу міцність на розтяг і низьку щільність (1900 кг/м^3).

Очевидним фактом є те, що за аналогією до армування бетонних виробів у будівництві, під час армування виробів з каменю їх кінцева міцність буде визначатися досконалістю адгезійної взаємодії між поверхнею виробу і фіксуючою сумішшю та між фіксуючою сумішшю і поверхнею арматури. В цьому випадку саме адгезійна взаємодія буде критерієм для оцінки спільної роботи трьох матеріалів у складі однієї конструкції: виробу з каменю, арматурного стержня та в'язучої речовини. Однак досі немає систематизованих даних про спільну роботу цих трьох компонентів у складі одного виробу.

З цієї причини в межах цієї статті було поставлено за мету вирішити такі завдання:

- дослідити силу адгезійного щеплення арматури різного типу з поверхнею кам'яних виробів при їх з'єднанні за допомогою епоксидної в'язучої речовини;
- визначити зони контакту, в межах яких буде відбуватися руйнування зв'язків;
- дослідити характер розподілу сил зчеплення вздовж контакту стержня арматури з в'язучою речовиною та поверхнею кам'яного виробу;
- розробити практичні рекомендації стосовно застосування композитної арматури за умови посилення виробів з каменю.

Першим кроком на шляху до виконання поставлених завдань став аналіз наявної номенклатури композитної арматури, представленої на ринку України. Очевидно, що здатність арматурних стержнів до адгезійної взаємодії буде значною мірою залежати від типу профілю. За результатами аналізу було виокремлено чотири види арматури за типом профілю: вдавнений, спіралью наклеєна навивка під кутом 35° , спіралью наклеєна навивка під кутом 80° та покритий піщаною сумішшю (табл. 1). Всі взяті зразки виготовлені зі склопластикового ровінгу, оскільки за результатами попередніх досліджень саме цей тип арматури є найбільш доцільним для армування кам'яних виробів з точки зору експлуатаційної ефективності та економічної доцільності. Також, з метою порівняння адгезійної здатності композитної та сталеву арматури, під час дослідження було застосовано сталевий стержень як контрольний зразок.

Дослідження величини адгезійної взаємодії композитної арматури з поверхнею кам'яних виробів виконувалося методом прямого вириву відповідно до методики дослідження арматурних стержнів за ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови». Для забезпечення виконання досліду відповідно до порядку, визначеного наведеним вище стандартом, було виконано ряд операцій для підготовки виробів з каменю, арматурних стержнів, вимірювального та силового устаткування [9].

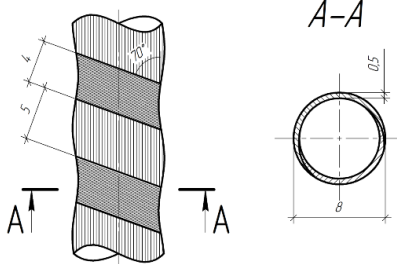
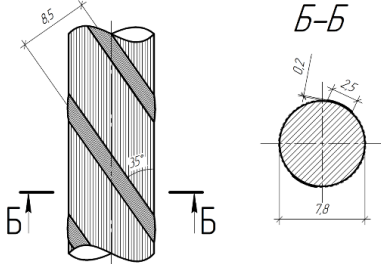
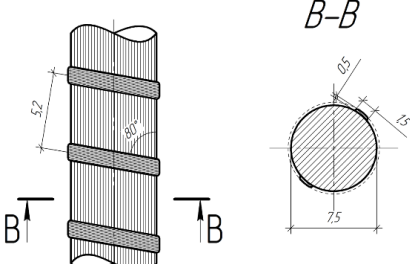
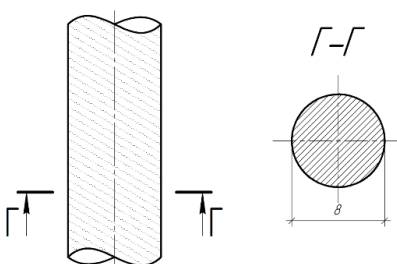
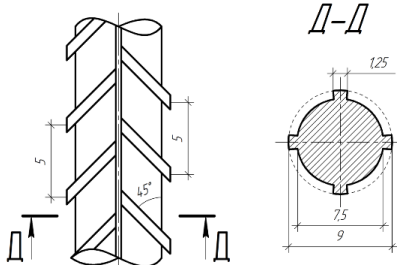
Підготовка стержнів арматури (під час виконання досліду застосовувалась арматура діаметром 8 мм) складалася з їх нарізання на шматки довжиною 0,5 м, після чого один з кінців стержня вводився у муфту для забезпечення можливості його з'єднання з вимірювальним приладом.

Муфта виготовлялася з металевої труби типорозміру $15 \times 2,8$ мм та довжиною 150 мм. Кінець муфти, в який вводилась арматура за допомогою лещат, звужувався до розмірів стержня, а інший запаювався

наглухо, після чого до нього приварювалося кільце, за допомогою якого муфта з'єднувалася з вимірювальним приладом (рис. 1).

Таблиця 1

Характеристика використовуваних арматурних стержнів

№ з/п	Тип профілю стержня	Діаметр (по осередку / по профілю)	Геометрія стержня
1	Вдавлений профіль	7,5 / 8 мм	
2	Спирально наклеєна навівка під кутом 35°	7,8 / 8 мм	
3	Спирально наклеєна навівка під кутом 80°	7,5 / 8 мм	
4	Покрита піщаною сумішшю оболонка	8 / 8 мм	
5	Періодичний профіль (сталева арматура)	7,5 / 9 мм	

З'єднання стержня з муфтою відбувалося за допомогою заповнення порожнього простору термоактивною епоксидною смолою «CHS-Ероху-619» та прозорим згущувачем «TELALIT 0492». Компоненти для приготування фіксуючої суміші змішувались у пропорції 32 згущувача на 100 смоли. Роботи зі змішування проводилися за кімнатної температури. Тривалість застигання такої суміші становить 48 годин. Після двох днів полімеризації суміш повністю переходить у крихкий стан. Після семи днів з моменту утворення суміші вона набуває початкової міцності, а через два тижні, за середньої температури в +25 °С суміш остаточно полімеризується та набуває максимального значення міцності. Перед початком механічних досліджень зразки витримувалися впродовж двох тижнів. Для збільшення адгезійного взаємозв'язку епоксидної смоли з поверхнею муфти на останній було зроблено засічки [8].

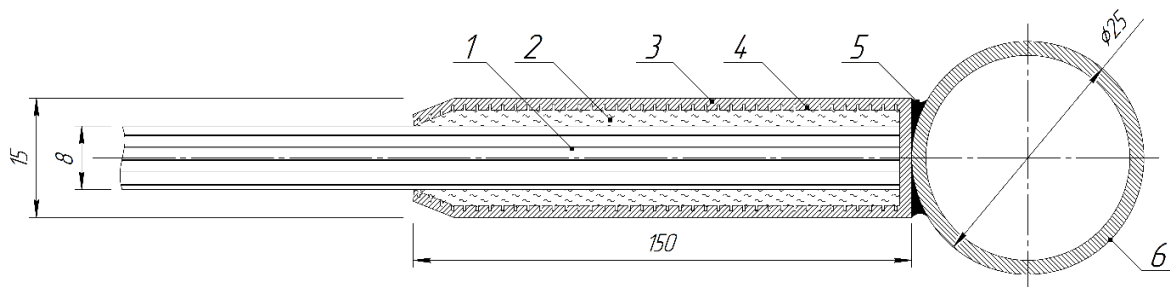


Рис. 1. Конструкція муфти для кріплення стержня: 1 – стержень для армування; 2 – двокомпонентна в'язуча сполука; 3 – металева труба типорозміру 15×2,8 мм; 4 – пази; 5 – зварний шов; 6 – кільце для з'єднання муфти з вимірювальним приладом

Інший кінець стержня вводився безпосередньо у виріб з каменю. Для цього було підготовано зразки кубовидної форми розміром 10×10 см з граніту Покостівського родовища. В центрі однієї зі сторін зразка було виконано технічний отвір діаметром 10 мм та довжиною 50 мм для введення стержня арматури. Простір навколо стержня, як і в попередньому випадку, заповнювався двокомпонентною термоактивною епоксидною смолою «CHS-Ероху-619» та прозорим згущувачем «TELALIT 0492», після чого одержане з'єднання витримувалося впродовж двох тижнів.

Для вимірювання зусилля виривання використовувався електронний прилад ДІН-1Р(м). Цей прилад призначений для вимірювання сили в режимі розтягу. Така модель динамометра здатна забезпечити вимірювання сили до 100 кН. Прилад складається з електронного блоку та силувимірювального датчика.

Як силове обладнання для створення зусилля виривання рекомендується використовувати розривні машини (саме цей тип устаткування використовується за лабораторних умов). Проте, за відсутності цього устаткування, було прийнято рішення про використання тельфера марки Т104, який має вантажопідйомність 4 т (табл. 2). Принцип роботи тельфера є дуже подібним до принципу роботи розривної машини, головна відмінність полягає лише в режимних параметрах роботи. Якщо траверса розривної машини під час прикладання зусилля переміщується зі швидкістю 0,01 м/с, то нижній діапазон швидкості переміщення тельфера Т104 становить 0,05 м/с, проте за умови систематичності та рівномірності збільшення прикладеного навантаження різниця швидкостей буде відігравати несуттєву роль. Під час виконання дослідів гак тельфера було з'єднано з динамометром за допомогою системи карабінів та тросів. Схему стенда, на якому виконувалося дослідження, показано на рисунку 2.

Таблиця 2

Технічні характеристики тельфера Т104

№ з/п	Параметр	Значення	Одиниці виміру
1	Вантажопідйомність	4	т
2	Висота підймання вантажу	36	м
3	Швидкість підймання вантажу	3	м/хв
4	Швидкість переміщення	20	м/хв
5	Потужність електродвигуна підйому	3	кВт
6	Потужність електродвигуна переміщення	0,25	кВт
7	Напруга ланцюгів керування	42	В
8	Напруга мережі	380	В
9	Частота струму	50	Гц
10	Діапазон допустимих температур	-25...+40	°С
11	Ступінь захисту	IP54	-

Зчеплення матеріалів у цьому випадку (мова йде про зчеплення арматури з фіксуючою сумішшю та фіксуючої суміші з поверхнею каменю) є безперервним зв'язком по поверхні контакту. За таких умов зчеплення кожної з пар поверхонь буде забезпечуватися завдяки дії трьох факторів: адгезії поверхні виробу з каменю до поверхні епоксидного в'язучого та поверхні арматури до поверхні епоксидного в'язучого; механічного зачеплення поверхневого рельєфу арматури та епоксидного в'язучого і рельєфу виробу з епоксидним в'язучим; тертя між поверхнями.

На початковому етапі прикладання навантаження арматура втримується саме завдяки адгезійній складовій і механічному зачепленню. Поступове збільшення навантаження призводить до прослизання, в результаті чого значення адгезійної взаємодії стрімко падає до нульового значення, а опір вириванню арматури здійснюється виключно за рахунок тертя та механічної взаємодії.

Адгезійна взаємодія між поверхнями порушується за порівняно невеликих напруг та деформацій зсуву стрижня по відношенню до зразка.

Механічне зчеплення головним чином буде обумовлене виступаючими елементами профілю арматури (витками та зернами піску) та нерівностями мікрорельєфу поверхні технічного отвору кам'яного зразка.

Тертя між поверхнею композитної арматури та в'язучої речовини, так само як і тертя між в'язучою речовиною та поверхнею зразка, можна розділити на статичне та динамічне. Власне статичне тертя буде обумовлене силою адгезійної взаємодії, а динамічне буде фактично тертям ковзання, що реалізується після порушення адгезійного зчеплення в момент початку прослизання арматури під час зростання навантажень.

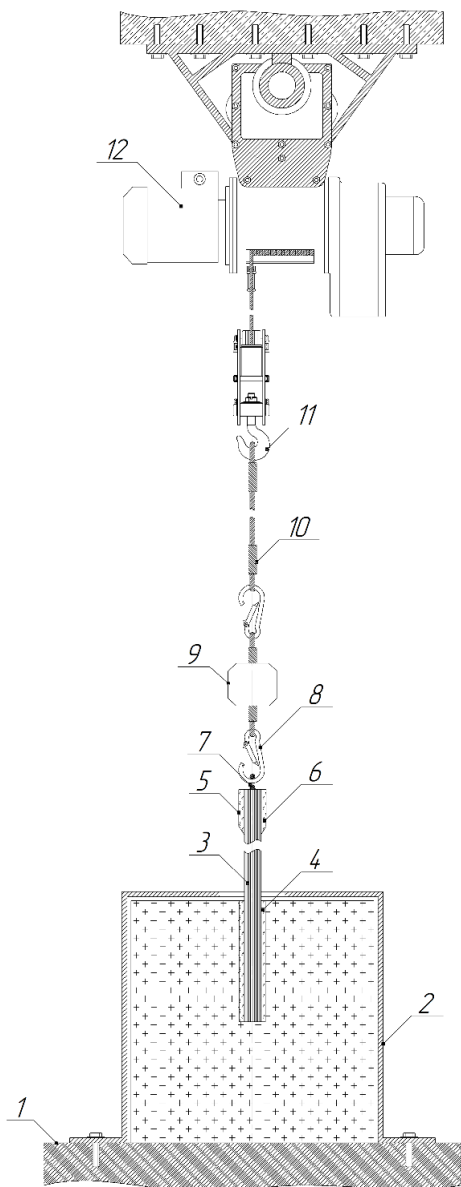


Рис. 2. Конструкція стенду для виконання випробування зразків: 1 – основа (в цій роботі було застосовано бетонну основу); 2 – фіксатор зразків (кріплення фіксатора до основи виконувалося за допомогою анкерів); 3 – стержень арматури; 4 – шар епоксидної смоли, що з'єднує стержень з поверхнею технічного отвору кам'яного зразка; 5 – муфта для кріплення стержня; 6 – шар епоксидної смоли, що забезпечує з'єднання стержня з муфтою; 7 – кільце для з'єднання муфти з вимірювальним приладом; 8 – карабін пожежний з фіксатором (було застосовано карабін діаметром 10 мм); 9 – вимірювальний прилад для визначення прикладеного навантаження (динамометр для вимірювання зусиль розтягу ДІН-1Р(м)); 10 – трубчастий затискач (застосовувався для створення петель з тросу); 11 – гак тельфера; 12 – тельфер Т 104

За результатами дослідження було встановлено, що найбільший опір вириванню здатна чинити сталеві та покрита піском композитна арматура. При вириванні таких видів арматури спостерігалось її

виривання разом з частинами кристалізованої епоксидної смоли, що свідчить про високе значення адгезії поверхні цієї арматури (яке переважає значення адгезії в'язучої суміші з поверхнею каменю), до того ж профіль арматури лишився без змін. Досить високий супротив вириванню показала і арматура із вдавленою навивкою. Якщо ж говорити про зразки з наклеєною під кутами 35° та 80° навивкою, то їх супротив вириванню є найменший, до того ж під час дослідження цих зразків помічалися руйнування не з'єднувальної суміші чи руйнування на межі контакту з'єднувальної суміші з поверхнею каменю (як це було у попередніх зразках), а спостерігалось часткове зрізання наклеєної під кутом 80° навивки та повне зрізання наклеєної під кутом 35° навивки (табл. 3).

Таблиця 3

Результати одержані під час визначення величини адгезії для стержнів з різним типом профілю за умови армування виробів з каменю

№ з/п	Тип профілю стержня	Виміряна величина навантаження відриву, Н	Радіус осередку армувального стержня, мм	Глибина занурення стержня у зразок з каменю, мм	Площа контакту стержня з в'язучою речовиною*, м ²	Значення зусилля виривання, МПа
1	Вдавлений профіль	34045	4	50	0,001306	26063357
2	Спирально наклеєна навивка під кутом 35°	29618	3,9		0,001272	23278014
3	Спирально наклеєна навивка під кутом 80°	31672	3,75		0,001222	25925460
4	Покрита піщаною сумішшю оболонка	35409	4		0,001306	27107576
5	Періодичний профіль (сталеві арматура)	37845	3,75		0,001222	30978436

* Стержні для армування у спрощеному вигляді мають форму циліндра, відповідно площа взаємодії стержня з в'язучою речовиною буде визначатись як площа циліндра, але лише з однією основою, оскільки стержень занурюється в зразок каменю однією стороною

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі отриманих даних можна сформулювати такі рекомендації стосовно доцільності застосування композитних стержнів для армування виробів з каменю, з'єднаних за допомогою в'язучої суміші:

1. Рекомендувати для армування конструкцій, що експлуатуватимуться під дією згинальних або розривних навантажень, в тому числі і для складних виробів, для з'єднання яких передбачено застосування посилюючих стержнів – композитні стержні, поверхня яких покрита шаром піску, адже саме вони забезпечують найбільші значення адгезії між поверхнею стержня та фіксуючою сумішшю (значення, одержані під час дослідження сталевої арматури, не враховуються, оскільки головним завданням є порівняння саме композитних стержнів);

2. Не рекомендується застосовувати композитну арматуру зі спирально наклеєною навивкою під кутом 35° та 80°, яка утворює гвинтовий профіль, оскільки він зрізається при вириванні, не дозволяючи повністю реалізувати міцність осердя стержня.

Список використаної літератури:

1. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures // American Concrete Institute (ACI). – Michigan : Farmington Hills, 2002. – 238 p.
2. *El-Hacha R.* Near-surface- mounted fiberreinforced polymer reinforcements for flexural strengthening of concrete structures / *R.El-Hacha, S.Rizkalla* // ACI Structs. – 2004. – № 101 (5). – P. 717–726.
3. *De Lorenzis L.* Near surface FRP reinforcement: an emerging technique for strengthening structures / *L. De Lorenzis, J.Teng* // Compos. – 2007. – № 38 (2). – P. 119–143.
4. *Badawi M.* Flexural strengthening of RC beams with prestressed NSM CFRP rods-experimental and analytical analysis / *M.Badawi, K.Soudki* // Constructive building materials. – 2009. – № 23 (10). – P. 3292–3300.
5. *De Lorenzis L.* Shear strengthening of reinforced stoune beams with near-surface mounted fiber-reinforced polymer rods / *L. De Lorenzis, A.Nanni* // ACI Structs. – 2001. – № 98 (1). – P. 60–68.
6. *Barros J.* Flexural strengthening of stoune beams with CFRP laminate bonded into slits / *J.Barros, A.Fortes* // Construction and Building Materials. – 2005. – № 27 (4). – P. 471–480.
7. *Foret G.* Experimental and numerical analysis of RC two-way slabs strengthened with NSM CFRP rods / *G.Foret, O.Litam* // Construction and Building Materials. – 2008. – № 22 (10). – P. 2025–2030.
8. Застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю / *В.Котенко та ін.* // ВІСТІ Донецького гірничого інституту. – 2021. – № 2 (49). – С. 26–36.

9. Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термозміцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція : Технічний ком. ДСТУ 3760:2019 / Ін-т чорної металургії НАН України, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» // Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 21 с.

References:

1. American Concrete Institute (ACI) (2002), *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures*, Farmington Hills, Michigan, 238 p.
2. El-Hacha, R. and Rizkalla, S. (2004), «Near-surface-mounted fiberreinforced polymer reinforcements for flexural strengthening of concrete structures», *ACI Structs*, No. 101 (5), pp. 717–726.
3. De Lorenzis, L. and Teng, J. (2007), «Near surface FRP reinforcement: an emerging technique for strengthening structures», *Compos*, No. 38 (2), pp. 119–143.
4. Badawi, M. and Soudki, K. (2009), «Flexural strengthening of RC beams with prestressed NSM CFRP rods-experimental and analytical analysis», *Constructive building materials*, No. 23 (10), pp. 3292–3300.
5. De Lorenzis, L. and Nanni, A. (2001), «Shear strengthening of reinforced concrete beams with near-surface mounted fiber-reinforced polymer rods», *ACI Structs*, No. 98 (1), pp. 60–68.
6. Barros, J. and Fortes, A. (2005), «Flexural strengthening of concrete beams with CFRP laminate bonded into slits», *Construction and Building Materials*, No. 27 (4), pp. 471–480.
7. Foret, G. and Limam, O. (2008), «Experimental and numerical analysis of RC two-way slabs strengthened with NSM CFRP rods», *Construction and Building Materials*, No. 22 (10), pp. 2025–2030.
8. Kotenko, V. et al. (2021), «Zastosuvannja kompozytnyh materialiv dlja armuvannja arhitekturno-budivel'nyh vyrobiv z kamenju», *VISTI Donec'kogo girnychogo instytutu*, No. 2 (49), pp. 26–36.
9. Ін-т чорної металургії НАН України, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (2019), «Чавун, прокат листовий, прокат сортовий термозміцнений, вироби для рухомого складу, металеві вироби, інша продукція», Технічний ком., ДСТУ 3760:2019, *Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови*, ДП «УкрНДНЦ», Київ, 21 с.

Котенко Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0001-8764-1692>.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- геометризація родовищ корисних копалин.

Башинський Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-2945-7683>.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- моделювання процесів гірничого виробництва.

Припотень Юлія Костянтинівна – кандидат технічних наук Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- створення та покращення будівельних матеріалів;
- енергозбереження, опалення та вентиляція в цивільному будівництві.

Піскун Ігор Анатолійович – аспірант, асистент Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-1658-5344>.

Наукові інтереси:

- процеси обробки природного каменю;
- дослідження якісних показників родовищ корисних копалин.

Kotenko V.V., Bashynskiy S.I., Prypoten Yu.K., Piskun I.A.

Investigation of the dependence of the adhesion value on the profile type of composite rods under the condition of reinforcement of stone products

The main task that is being solved in the course of writing this article is to establish experimentally the dependence of the value of the adhesion value on the type of profile of composite rods, provided that they are used for reinforcing stone products. Within the framework of the work, the expediency of using composite reinforcement with indented, spirally glued (at an angle of 35° and 80°) and sand-coated profiles and their ability to interact with epoxy binders is considered. Based on the results of the experiment, the ability of each of the types of profiles under study to resist pulling out of the stone sample was established (at the same time, a steel rod with a periodic profile was used as a reference for which all other samples were compared). According to the results of comparison of the obtained results for reinforcement of structures that will be operated under the influence of bending or breaking loads, including for complex products, the connection of which is provided by the use of reinforcing rods, the best option among the compared will be rods, the surface of which is covered with a sand mixture.

Keywords: reinforcement of stone products; composite reinforcement; adhesion; profile of reinforcing rods.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2022.