

3. Проблеми забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1058/Pashkov_Problemy%20zabrudnennia%20poverkhnevykh.pdf.

4. Прогресс в области очистки и использования сточных вод с соблюдением требований безопасности: экспериментальная апробация методологии мониторинга и первоначальные выводы по показателю 6.3.1 ЦУР [Progress on safe treatment and use of wastewater: piloting the monitoring methodology and initial findings for SDG indicator 6.3.1]. Женева: Всемирная организация здравоохранения и ООН-ХАБИТАТ; 2018. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

5. **Швецов В. Н.**, Морозова К. М., Нечаев И. А. Теоретические и технологические аспекты применения биомембранных технологий глубокой очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – №12. – С. 25 – 30.

6. **Сидоров Ю. І.** Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості.: Навч. посіб. для фарм. і хім. спец. ВНЗ / Сидоров Ю. І., Чуешов В. І. та інші. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 816 с.

7. Канализация : Учебник для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. — Издание 5-е, переработанное и дополненное. — Москва : Стройиздат, 1975. — 632 с., ил.

8. **Паутова М. В.** Контроль качества сточных вод. [Електронний ресурс] / Мария Владимировна Паутова – Режим доступу до ресурсу: https://www.barentsinfo.fi/beac/docs/WGEsub_Water_Conf_Nov-Dec_2010_Arkhangelsk_Session2_Lab_management_ARKH_RUS.pdf.

9. Водородный показатель (рН) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gicpv.ru/waterchem31.html>.

10. **Елфимов.** Измерение мутности потока современными способами и ее корреляция с концентрацией взвешенных частиц в единице объема на примере водохранилища Дез (Иран) / Елфимов, Хасад Хамид – Москва, Россия: ул. Миклухо-Маклая. – С. 75–82.

11. Як працює рН-метр? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ionomer.ru/content/view/41/29/russian/>.

12. **Кутковский К. А.** Виды сточных вод и основные методы анализа загрязнителей [Електронний ресурс] / К. А. Кутковский // Молодой ученый. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://moluch.ru/archive/56/7745/>.

13. ДСТУ 2225-95 (ГОСТ 30421-96) Вимірювачі електричної ємності, активного опору та тангенса кута втрат високовольтні. Загальні технічні умови

14. **Луис Педро Коэльо,** Вилли Ричарт. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2-е издание / пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 302 с.

15. **Шаповалова Н. Н.**, Рибальченко О. Г., Куропятник Д. І.: Порівняльний аналіз методів оптимізації функціоналу якості моделей машинного навчання // Вісник Криворізького національного університету / Збірник наукових праць. Випуск 46. – Кривий Ріг. – 2018. – С. 104 – 112.

Рукопис подано до редакції 17.04.2018

УДК 691.328

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., Д.В. ПОПРУГА,
Є.В. ЛЮЛЬЧЕНКО, кандидати техн. наук, доц., К.В. ЧОРНА, аспірант
Криворізький національний університет

ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ АРМОВАНИХ МЕТАЛЕВОЮ І СКЛОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ З БЕТОНІВ НА ВІДХОДАХ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

Мета. Виготовити будівельні конструкції з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів армованих металевою і склопластиковою арматурою.

Методи дослідження. Фізичне виготовлення просторових арматурних каркасів з комбінованим композитно-металевим армуванням, приготування бетонної суміші з відходів гірничодобувної промисловості і безпосереднє виготовлення натурних зразків згинальних будівельних конструкцій для подальшого експериментального випробування.

Наукова новизна. Визначення необхідних передумов використання склопластикової арматури, в поєднанні з металевою, в згинальних будівельних конструкціях виготовлених на бетонах з відходів гірничо-збагачувальних комбінатів.

Практична значимість. Наукове дослідження відбувається в межах виконання ініціативної науково-дослідної роботи РК№0118U000118 «Дослідження роботи склопластикової арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів».

Результати. Дослідні зразки виготовлені і витримані в заводських умовах ТОВ «Спарта» (м. Кривий Ріг). Для експериментального дослідження було виготовлено 7 серій зразків, загальною кількістю 20 штук, з розмірами 120×220×2070 мм.

© Валовой О.І., Попруга Д.В., Люльченко Є.В., Чорна К.В., 2018

В якості формоутворювального елемента використовувалася стандартна металева опалубка для перемичок ЗПБ 21-8. Для армування зразків було використано металеву арматуру Ø6 А240 і Ø12 А400С та склопластикову арматуру АКС 800 діаметром 10, 12 і 14 мм. Склопластикова арматура АКС 800 була надана для дослідження ТОВ «ТОРГП-РОМКОНТРАКТ» (м. Дніпро).

Композитна арматура використовувалася в якості робочої в 6 серіях балок. Поєднання склопластику з металевими поперечними хомутами відбувалося зв'язуванням проволокою.

Металева робоча арматура, окрім першої контрольної серії балок, використовувалася у трьох серіях з комбінованим композитно-металевим армуванням розтягнутої зони. Поєднання металевих стержнів поздовжньої арматури в розтягнутій і стиснутій зонах, з поперечними хомутами, відбувалося шляхом електрозварювання.

Бетонування зразків було виконано бетоном класу С25/30. В якості дрібного заповнювача використано відходи збагачення мокрої магнітної сепарації залістистих кварцитів. Ущільнення бетонної суміші було виконано за допомогою глибинного вібратора.

Ключові слова: склопластикова арматура, відходи, опалубка, комбіноване армування, серії балок, глибинний вібратор.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-130-136

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Кривбас – один з найбільш розвинутих гірничорудних центрів, в котрому накопичується значна кількість відходів збагачувальних фабрик. Ступінь їх використання мінімальна: лише частково використовуються відходи збагачення в якості дрібного заповнювача для бетону, а залістисті кварцити, інші скельні породи та шлаки – на відсіпку доріг. Саме тому, знаходження нових способів застосування відходів гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) є актуальною проблемою для нашого регіону.

Враховуючі вище сказане, при виготовленні експериментальних зразків були використані відходи збагачення магнітної сепарації залістистих кварцитів, які, при підвищеній міцності та тріщиностійкості, мають відносно невелику вартість [10].

Композитна арматура набуває широкого застосування у будівельній галузі України. Фізико-механічні властивості композиту дозволяють частково або повністю замінити сталеву арматуру. Однією з основних переваг цього матеріалу є висока корозійна стійкість, що дає змогу збільшити період експлуатації бетонних конструкцій, які піддаються впливу агресивного середовища.

Найбільше поширення скло- і базальтопластикова арматура набула у конструкціях, що працюють на пружній основі, наприклад, фундаментах. В згинальних будівельних конструкціях її використання обмежене, оскільки модуль пружності композиту значно менший ніж у металевій арматурі.

Визначення необхідних передумов використання композитної арматури, в поєднанні з металевією, в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах ГЗК є актуальним завданням, вирішення якого дозволить значно розширити сферу використання ефективних конструктивних матеріалів і зменшити кошторисну вартість будівництва.

Наукове дослідження проводиться в межах науково-дослідної роботи НР/П-81-17 (РК№ 0118U000118) "Дослідження роботи склопластикової арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів" [1-6].

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням особливостей роботи бетонних та залізо-бетонних конструкцій, виготовлених на бетонах з відходів ГЗК займалися Г.М. Бондаренко, О.І. Валовой, Г.Т. Стороженко, Б.Н. Шевченко та інші.

Вирішенню проблемних питань застосування композитної арматури в будівельних конструкціях присвятили свої роботи: Ю.А. Клімов, О.С. Солдатченко, Д.О. Орішкін, Л.А. Мурашко, П.М. Коваль, О.Я. Гримак, І.П. Гамеляк, В.С. Дорофєєв, М.В. Заволока, Д.Р. Маїлян, А.Я. Мурин, В.В. Малиха та ін.

Постановка задачі. Перед авторами стоїть завдання по виготовленню будівельних конструкцій з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів армованих металевією і склопластиковією арматурією.

Викладення матеріалу та результати. Програма наукового дослідження передбачає виготовлення семи серій дослідних балок (табл. 1).

Програма наукового дослідження

Серія балок	Найменування серії	Поперечний переріз, мм	Кількість зразків, шт.	Примітки
БМ-1	Балки з металевою арматурою 3Ø12 А400С у розтягнутій зоні (контрольна серія)		2	Бетон С25/30
БС-2	Балки зі склопластиковою арматурою 3Ø10 АКС 800 у розтягнутій зоні		3	АКС - арматура композитна склопластиковою
БМС-3	Балки з металевою Ø12 А400С і склопластиковою арматурою 2Ø10 АКС 800 у розтягнутій зоні (комбіноване армування)		3	Металеві стержні каркасу піддаються електрозварюванню, а склопластикові - в'язанню
БС-4	Балки зі склопластиковою арматурою 3Ø12 АКС 800 у розтягнутій зоні		3	
БМС-5	Балки з металевою Ø12 А400С і склопластиковою арматурою 2Ø12 АКС 800 у розтягнутій зоні (комбіноване армування)		3	
БС-6	Балки зі склопластиковою арматурою 3Ø14 АКС 800 у розтягнутій зоні		3	
БМС-7	Балки з металевою Ø12 А400С і склопластиковою арматурою 2Ø14 АКС 800 у розтягнутій зоні (комбіноване армування)		3	

Дослідні зразки у кількості 20 шт. виготовлені й витримані в заводських умовах ТОВ «Спарта» (м. Кривий Ріг). Розміри балок складають 120×220×2070 мм (рис. 1).

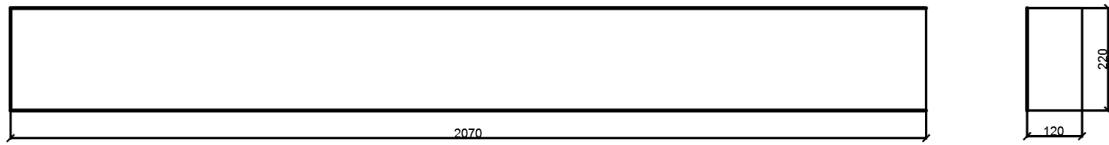


Рис. 1. Опалубочне креслення балок

В якості формуювального елемента використовувалася стандартна металева опалубка для перемичок ЗПБ 21-8 [7].

В якості поперечної, у вигляді гнутих хомути (табл. 1, рис. 2, 3), а також поздовжньої арматури стиснутої зони всіх балок, було використано металеву арматуру Ø6 А240.

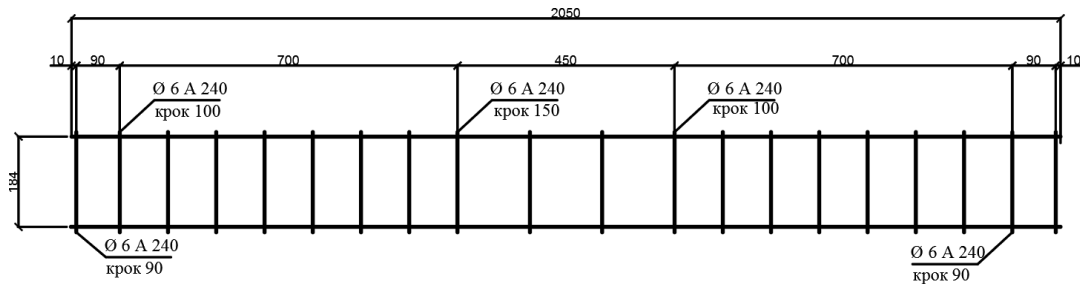


Рис. 2. Схема поперечного армування зразків

Робочою арматурою контрольної серії БМ-1 є металева арматура 3Ø12 А400С. В серіях з комбінованим композитно-металевим армуванням розтягнутої зони (серії БМС-3, БМС-5 і БМС-7), також було використано по одному стержню арматури Ø12 А400С (табл. 1, рис. 3).

З'єднання металевих стержнів поздовжньої арматури в розтягнутій і стиснутій зонах, з поперечними хомутами, відбувалося шляхом електрозварювання.

Композитну склопластикову арматура АКС 800 діаметром 10, 12 і 14 мм було використано в якості робочої в шести дослідних серіях балок (БС-2, БМС-3, БС-4, БМС-5, БС-6 і БМС-7) (табл. 1, рис. 3). З'єднання склопластику з металевими поперечними хомутами відбувалося в'язальною проволокою.

Склопластикову арматура АКС 800 була надана для дослідження ТОВ «ТОРГПРОМКОНТРАКТ» (м. Дніпро) [8, 9].

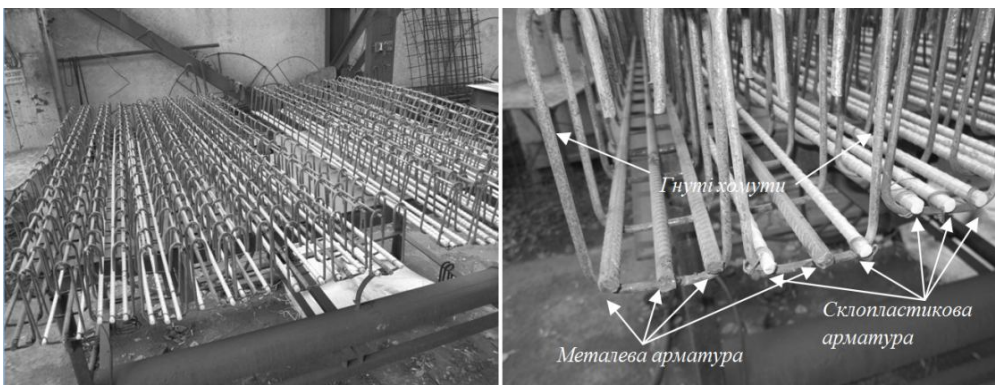


Рис. 3. Просторові арматурні каркаси балок з металевою і склопластиковою робочою арматурою

Проектне положення арматурних каркасів забезпечували за допомогою бетонних вкладишів. Перед укладанням бетонної суміші внутрішню поверхню опалубки покривали тонким шаром гідрофобного змащення (емульсія з відпрацьованого машинного мастила) для полегшення розпалублення зразків.

Бетонування зразків було виконано дрібнозернистим важким бетоном класу С25/30 на цементі марки 400 ПрАТ «ХайдельбергЦемент Україна». В якості дрібного заповнювача викорис-

тано відходи збагачення мокрої магнітної сепарації залізистих кварцитів [10]. Крупний заповнювач – гранітний щебінь фракції 5-10 мм з кар'єру «Софія-Граніт», Миколаївська область, Новобузький район, село Софіївка.

Ущільнення бетонної суміші відбувалося за допомогою глибинного вібратора (рис. 4 б).

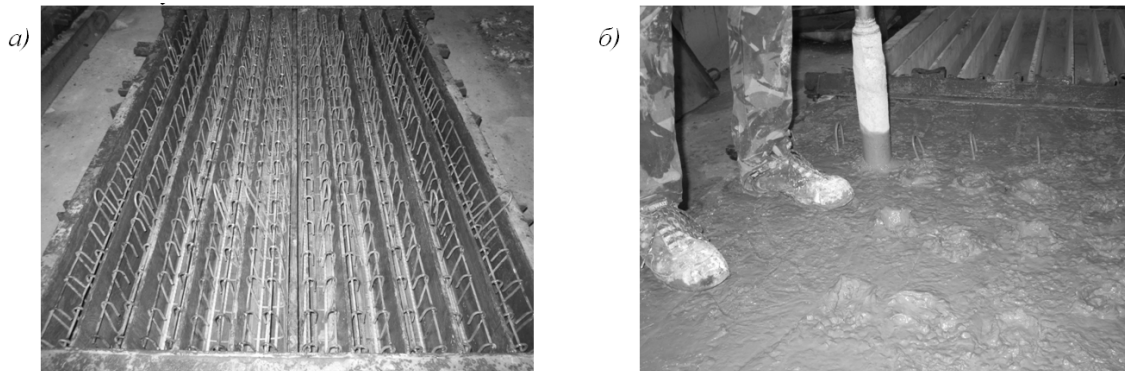


Рис. 4. Армування і бетонування зразків: *а* - просторові арматурні каркаси в металевій опалубці перемичок ЗПБ 21-8; *б* – ущільнення бетонної суміші глибинним вібратором

Тривалість вібрування становила не більше 100 с, для попередження розшарування бетонної суміші.



Рис. 5. Витримка зразків балок і кубів в пропарочній камері

Бетонування дослідних зразків відбувалося в зимовий час. Для створення оптимального температурно-вологого режиму умов твердіння, балки і зразки кубів знаходилися в пропарочній камері (рис. 5).

Транспортування виготовлених дослідних зразків в лабораторію випробування будівельних конструкцій будівельного факультету Криворізького національного університету відбулося на 104 добу з моменту виготовлення (рис. 6).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Після виконання підготовчих робіт з оздоблення зразків елементами кріплення вимірювальних приладів, планується виконати випробування за схемою однопрольотної вільнолежачої балки завантаженої двома зосередженими силами у третинах прольоту (рис. 7) [11].



Рис. 6. Виготовлені зразки дослідних балок в лабораторії випробування будівельних конструкцій Криворізького національного університету

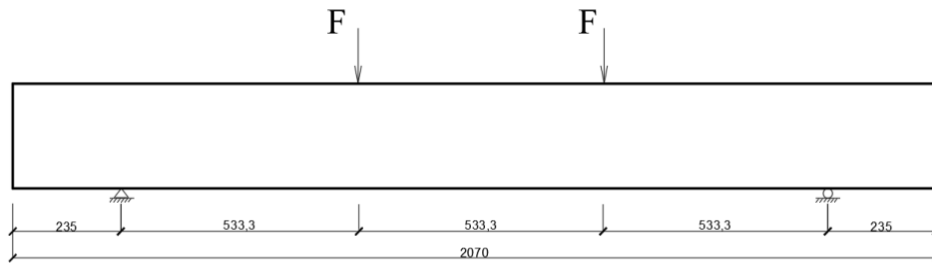


Рис. 7. Схема завантаження дослідних балок

Величина навантаження, що прикладатиметься до балки, буде контролюватися взірцевим манометром гідравлічної станції.

У процесі експериментальних випробувань балок фіксуватимуть деформації граней балки в зоні чистого згину, визначатимуть прогини балок, момент появи тріщин, а також слідкуватимуть за розвитком тріщин по висоті та ширині їх розкриття.

При випробуванні балок будуть використані такі прилади: прогиномір Максимова з ціною поділки 0,1 мм; індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм для визначення деформацій бетону балок; мікроскоп МПБ–2 з 24-кратним збільшенням і ціною поділки 0,05 мм для визначення ширини розкриття нормальних і похилих тріщин.

Навантаження дослідних зразків балок повинно здійснюватися ступенями по 0,1 від руйнівного, що визначено згідно розрахунку. Після кожного етапу прикладання навантаження, його необхідно витримати на заданому рівні протягом 10 хв., впродовж цього часу фіксуються показники вимірних приладів.

Список літератури

1. **Валовой О.І.** Визначення прогинів згинальних елементів армованих склопластиковою і металевою арматурою / О. І. Валовой, Д.В. Попруга, Є.В. Люльченко, К.В. Чорна // Гірничий Вісник. Збірник наукових праць. - Кривий Ріг: КНУ, 2018. - Випуск 103. - С. 7-11.
2. **Валовой О.І.** Математичне моделювання згинальних елементів армованих склопластиковою і металевою арматурою з визначенням деформацій прогинів / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга, Є.В. Люльченко, К.В. Чорна** // International Multidisciplinary Conference "Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland". - Wolomin: Z. Gloger Wolomin International and Regional Cooperation University, 2018. - С. 91-94.
3. **Валовой О.І.** Особливості анкерування композитної арматури в бетоні / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга, К.В. Чорна** // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції "Розвиток промисловості та суспільства". - Кривий Ріг: КНУ, 2018. - Том 1. - С. 213.
4. **Попруга Д. В.** Використання склопластикової композитної арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / **Д.В. Попруга, О.І. Валовой** // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – Випуск 44. – С. 147-150.
5. **Валовой О. І.** Особливості використання композитної арматури в згинальних бетонних елементах / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга, К.В. Чорна** // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. - Луцьк: ЛНТУ, 2017. - Випуск 8. - С. 58-64.
6. **Valovoi O.** Application of the non-metallic composite armature / **O. Valovoi, D. Popruga, K. Chorna** // International scientific – practical conference of young scientists «Build-Master-Class-2017». - Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2017. – P. 196.
7. **Попруга Д. В.** Технологія виготовлення та підсилення залізобетонних згинальних елементів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / **Д.В. Попруга, О.І. Валовой** // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. - Рівне: НУВГП, 2011. - Випуск 22. - С. 833-840.
8. Протокол № 221-323/153/14 випробування зразків композитної арматури. - Київ: ДП НДІБК, 2015. - 7 с.
9. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу : ДСТУ-Н В.2.6-185:2012. - [Чинний від 2013-04-01]. - Київ: Мінрегіон України, 2012. - 28 с. - (Нац. стандарт України).
10. **Шевченко Б.Н.** Конструкции из бетонов на отходах железных руд / **Б.Н. Шевченко**. - Киев: Выща школа, 1989. - 192с.
11. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные, сборные. Методы испытания нагружением и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ГОСТ 8829-94 (ДСТУ БВ.2.6-7-95). – [Действует от 1986-01-01].

Рукопис подано до редакції 16.04.2018