

## **ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення  
результатів дисертації**

**на тему:**

**«Лужні бетони на основі рухливих бетонних сумішей з підвищеними захисними  
властивостями по відношенню до сталевій арматури»,**

**здобувача ступеня доктора філософії**

**Бойко Ольги Володимирівни**

**за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія**

**1. Актуальність теми.** Аналіз сучасних тенденцій в світовому матеріалознавстві свідчить, що економічні, технологічні і екологічні аспекти є пріоритетними при використанні цементів, альтернативних портландцементу, при забезпеченні їх ефективності в бетонах нового покоління при зведенні стратегічних споруд спеціального призначення, в т.ч. фортифікаційних, морських портів, фундаментів мостів, тунелів, тощо, що функціонують в умовах дії агресивних середовищ. Довговічність бетонів, отриманих із жорстких бетонних сумішей на шлаколуужних цементах, доведена практично 60-ти річним досвідом експлуатації та поширенням у світовій науковій спільноті досліджень, спрямованих на використання таких цементів. Однак із переходом на монолітне будівництво виникла необхідність в бетонних сумішах з високою легкоукладальністю, що спричинює зміни у структурі бетону. Ефективне управління транспортними властивостями бетону шляхом зв'язування агресивних до арматури іонів гідратними новоутвореннями з формуванням щільної мікроструктури цементного каменю є першопочатковим заходом комплексного підходу до вирішення проблеми запобігання корозії сталевій арматури в бетонах на основі шлаколуужних цементів. Дослідженню та вирішенню цих питань присвячується дисертаційна робота, яка є актуальною, виходячи з наведеного обґрунтування.

**2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України № ЗДБ-2020 «Розробка засобів протидії корозії сталевій арматури в пластифікованих шлаколуужних бетонах для спеціального призначення» (2020-2022 рр., № державної реєстрації 1020U001010).

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

**3. Наукова новизна одержаних результатів.**

У дисертації одержані наступні наукові результати.



- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено на модельних системах можливість зв'язування іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  з забезпеченням фізико-механічних властивостей штучного каменю лужного цементу

- виявлено позитивний вплив добавок портландцементу, глиноземистого цементу, кліноптилоліту на властивості шлаколуужних цементів при затворюванні насиченими розчинами  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$  і морською водою, запропоновано поєднання добавок глиноземистого цементу, портландцементу і кліноптилоліту в складі комплексної добавки для забезпечення найбільш ефективного зв'язування іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  при формуванні щільної мікроструктури штучного каменю гідратованого шлаколуужного цементу

- визначено, що в складі продуктів гідратації шлаколуужних цементів, модифікованих комплексною добавкою, при затворенні насиченими розчинами  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$  і морською водою поряд з гідросилікатами кальцію, гідроалюмінатами та кальцитом в складі продуктів гідратації спостерігається формування *AFm*-фаз у вигляді солей Фріделя, моносульфоалюмінату кальцію та солі Кузеля відповідно.

- досліджено вплив аніонної складової солей сильних кислот на процеси структуроутворення шлаколуужного цементу, показано, що введення добавок  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  і  $\text{NaCl}$  до складу шлаколуужного цементу призводить до додаткового ущільнення мікроструктури штучного каменю і підвищення міцності внаслідок збільшення ступеня закристалізованості гідратних новоутворень, а також інтенсифікації кінетики структуроутворення цементу, а також визначено, що ефективність солей сильних кислот за їх впливом на кінетику структуроутворення зменшується в ряду: нітрат натрію > хлорид натрію > фосфат натрію

- визначено значимі чинники дифузії вуглекислого газу в структуру і експериментально обґрунтовані ефективні заходи по раціональному обмеженню карбонізації в його захисному шарі, доведено, що аніонна складова солей сильних кислот є основним фактором впливу на обмеження карбонізації в структурі шлаколуужного бетону

- запропоновано методику випробування карбонізації пластифікованого шлаколуужного бетону, який використовується в конструкціях, поверхні яких періодично знаходяться в контакт з морською водою

- показано позитивний вплив морської води на підвищення щільності пластифікованого шлаколуужного бетону, а також зменшення його загальної пористості при твердненні в умовах перемінного зволоження і висушування, однак, при цьому спостерігається зменшення міцності на згин і на стиск бетону

- підтверджено ефективність використання солей сильних кислот і морської води сумісно з комплексом добавок, який містить портландцемент, глиноземистий цемент і кліноптилоліт, як засобу запобігання корозії сталевій арматури в пластифікованому шлаколуужному бетоні.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.**

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для галузі знань 19 – Архітектура та будівництво.

Практичне значення результатів дисертації:

- розроблено склади лужних дрібнозернистих бетонів на основі рухливих бетонних сумішей (П12) з підвищеними захисними властивостями по відношенню до сталевій арматури.
- показано, що після 90 діб тверднення в умовах дії агресивного середовища комбінованого класу впливу  $\text{XC4}+\text{XS3}$  модифікований шлаколуужний бетон характеризується високими захисними властивостями, що підтверджується значеннями втрати маси стрижнів, вбудованих в зразки шлаколуужного бетону, в 1,8...2,7 рази меншими в порівнянні з немодифікованим аналогом.



Основні положення висвітлені на міжнародних науково-практичних конференціях КНУБА «Build-Master-Class-2019» (Київ, 2019), «Build-Master-Class-2020» (Київ, 2020), «Build-Master-Class-2021» (Київ, 2021), «Теорія і методи будівельного матеріалознавства» (Харків, 2020 р.), «Актуальні проблеми інженерної механіки» (Одеса, 2021).

#### **5. Використання результатів роботи.**

Результати дослідження було використано при підготовці та оформленні звітної документації за держбюджетною темою Міністерства освіти і науки України № ЗДБ-2020 «Розробка засобів протидії корозії сталевій арматури в пластифікованих шлаколужних бетонах для спеціального призначення» (2020-2022 рр., № державної реєстрації 1020U001010).

**6. Особиста участь автора** в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі є самостійною науковою працею, у якій висвітлено власні ідеї та розробки авторки, що дали змогу вирішити поставлені завдання. Особистий внесок здобувача полягає у виконанні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та впровадженні розроблених матеріалів у виробництво.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі технологій будівельних конструкцій і виробів Київського Національного університету будівництва і архітектури, науковий керівник – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Ковальчук Олександр Юрійович.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Бойко Ольги Володимирівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень.

Максимальний відсоток співпадіння, виявлений у системі перевірки: Unicheck – дев'ять цілих дев'яносто сім сотих відсотка (9,97%)

Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації** із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 15 наукових праць, у тому числі: 6 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 – у періодичних наукових фахових виданнях інших держав, які входять до ЄС; 9 тез наукових доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Бойко О.В., Ковальчук О.Ю. (2020). Корозія арматури у лужних бетонах: проблеми і шляхи запобігання. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – 2020. – Вип.38. – С. 78-83.

-наведено теоретичні передумови дослідження впливу дії агресивних середовищ на високорухливі лужні бетони, армовані сталевією арматурою. Визначено об'єкт досліджень, запропоновано шляхи вирішення проблеми корозії арматури у лужному бетоні та визначено завдання роботи.

2. Бойко О.В., Ковальчук О.Ю., Кривенко П.В. (2021). Роль  $Al_2O_3$  у складі шлаку у запобіганні корозії арматури у шлаколужному бетоні. *Науковий вісник будівництва* – 2021. – т. 103, №1 – с. 140-144

-досліджено вплив складу доменного шлаку на корозію арматури в шлаколужних бетонах та визначено основні принципи запобігання процесу корозії шляхом зв'язування вільних іонів  $SO_4^{2-}$  та  $Cl^-$ . Розглянуто методологію проведення досліджень та визначено безпосередній вплив кількісного вмісту хімічних елементів шлаку, а саме Al на корозію арматури в шлаколужному бетоні.



3. Кривенко П.В., Руденко І.І., Константиновський О.П., Бойко О.В. (2021). Протидія дифузії іонів морської води в структуру шлаколужного залізобетону. *Науковий вісник будівництва* – 2021. – т. 104, №2 – с. 246-256

4. Кривенко П.В., Руденко І.І., Константиновський О.П., Бойко О.В. (2021). Підвищення захисних властивостей шлаколужного бетону щодо сталевих арматур при замішуванні морською водою. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – 2021. – Вип. 83. – С. 67-76.

5. P Kryvenko, I Rudenko, O Konstantynovskyi, and O Boiko (2021). Prevention of steel reinforcement corrosion in alkali-activated slag cement concrete mixed with seawater. *E3S Web of Conferences* 280(6-106):07004 DOI: 10.1051/e3sconf/202128007004

-запобігання корозії сталевих арматур в шлаколужному бетоні, замішаному морською водою, за рахунок зв'язування іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  в солі Кузеля в продуктах гідратації і обміну цих агресивних іонів з іонами  $\text{OH}^-$  в структурі кліноптилоліту підтверджується станом поверхні та відсутністю втрати маси сталевих арматурних стрижнів

6. Boiko, O.P. Konstantynovskyi, O.Yu. Kovalchuk, V.O. Lisohor (2022). The role of sodium nitrate in counteracting the carbonation of plasticized alkali-activated slag cement concrete under cyclic influence of sea water. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture* – 2022. – Вип. 87. – С.32-39.

-досліджено процеси карбонізації пластифікованого шлаколужного бетону в умовах періодичного впливу морської води при використанні модифікуючої добавки у вигляді  $\text{NaNO}_3$ .

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Ковальчук О.Ю., Бойко О.В. (2019). Розробка засобів протидії корозії сталевих арматур в пластифікованих шлаколужних бетонах для підвищення їх довговічності в умовах дії агресивних середовищ. *Збірник тез конференції «Build-master-class-2019»*, Київ, КНУБА. С. 172-173.

-визначено об'єкт досліджень, запропоновано шляхи вирішення проблеми корозії арматури у лужному бетоні та визначено завдання роботи.

2. Бойко О.В., Ковальчук О.Ю., Кривенко П.В. (2020). Роль  $\text{Al}_2\text{O}_3$  у складі шлаку у запобіганні корозії арматури у шлаколужному бетоні. *Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і методи будівельного матеріалознавства»* 5-6 листопада 2020 р. Харків, ХНУБА

- досліджено вплив вмісту алюмінатної складової у складі доменного гранульованого шлаку на зв'язування вільних іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  та  $\text{Cl}^-$  у стабільні новоутворення типу солі Фріделя або комплексні «подвійні» солі.

3. О.В. Бойко, О.Ю. Ковальчук (2020). Дослідження впливу композиційного складу і особливостей мікроструктури шлаколужного цементу на зв'язування іонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  в системі. *Збірник тез конференції «Build-master-class-2020»*, Київ, КНУБА. С.162-163.

- визначено вплив добавок на оклюдування іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  які спричиняють корозію арматури в лужному бетоні. Досліджено експлуатаційні та технологічні властивості розроблених систем. Встановлено основні залежності між видом лужного компоненту, середовищем замішування та міцнісними показниками затверділого матеріалу.

4. Бойко О.В., Ковальчук О.Ю. (2021). Вплив компонентного складу на транспорт іонів  $\text{Cl}^-$  та  $\text{SO}_4^{2-}$  в шлаколужному бетоні. *Тези доповідей III науково-практичної конференції «Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції»*. 22-23 квітня 2021 р. Київ, КНУБА с. 122-123

-визначено вплив композиційного складу і особливостей мікроструктури шлаколужного цементу на транспорт іонів  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  в шлаколужному бетоні, отриманому із високорухливих сумішей і підтверджено зв'язування іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  в  $\text{AFm}$  фази, що дозволяє передбачити підвищену довговічність арматури у матеріалах на їх основі.



5. P Kryvenko, I Rudenko, O Konstantynovskiy, and O Boiko (2021) Restriction of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  Ions Transport in Alkali Activated Slag Cement Concrete in Seawater. *APEM 2021 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1164 (2021) 012066 doi:10.1088/1757-899X/1164/1/012066

-забезпечено обмеження транспорту агресивних іонів із морської води в пластифікований шлаколузний бетон за рахунок їх хімічної адсорбції гелеподібними фазами, хімічного зв'язування в солі Кузеля та хлорапатит, а також включення їх у структуру цеолітовмісної добавки та гідратів, представлених лужними гідросилікатами.

6. Кривенко П.В., Руденко І.І., Константиновський О.П., Бойко О.В. (2021) Обмеження транспорту іонів  $\text{Cl}^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  в шлаколузному бетоні при експлуатації в морській воді. *Тези доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми інженерної механіки»* 11-14 травня 2021 року, Одеса, с.242-245.

- досліджено стан сталеві арматури та підтверджено підвищені захисні властивості пластифікованого шлаколузного бетону, модифікованого комплексом добавок

7. .В. Бойко, В.О. Лісогор (2021). Дослідження впливу морської води як середовища замішування на захисні властивості шлаколузного бетону по відношенню до сталеві арматури. *Збірник тез конференції «Build-master-class-2021»*, Київ, КНУБА. С.150-151.

-досліджено дрібнозернисті шлаколузні бетони, замішані морською водою, на основі різних лужних компонентів. Встановлено залежності пластифікації бетонної суміші від середовища замішування та значено втрати маси сталевих стрижнів, вилучених зі зразків бетонів на різних лужних компонентах, замішаних морською водою.

8. О.В. Бойко, О.Ю. Ковальчук, Руденко І.І., Константиновський О.П. (2021) Структуроутворення лужного цементу в системі «доменний гранульований шлак – лужний компонент – комплекс добавок – морська вода». *Збірник тез конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»*, 13-14 травня 2021, Рівне – С.7-9

9. О.В. Бойко, О.П. Константиновський, О.Ю. Ковальчук, В.О. Лісогор. Роль нітрату натрію в протидії карбонізації пластифікованого шлаколузного бетону в умовах періодичного впливу морської води. *Збірник тез конференції «Гідротехнічне і транспортне будівництво»*, 28-27 травня 2022, м.Одеса – С.13-15

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Бойко Ольги Володимирівни «Лужні бетони на основі рухливих бетонних сумішей з підвищеними захисними властивостями по відношенню до сталеві арматури», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

## РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Лужні бетони на основі рухливих бетонних сумішей з підвищеними захисними властивостями по відношенню до сталевій арматури», подану Бойко Ольгою Володимирівною на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

2. Головою спеціалізованої вченої ради призначити:

- доктора технічних наук, професора Гоца Володимира Івановича, декана будівельно-технологічного факультету Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рецензентами призначити:

- кандидата технічних наук, доцента Ластівку Олеся Васильовича, завідуючого кафедри технології будівельних конструкцій та виробів Київського національного університету будівництва і архітектури;

- доктора технічних наук, професора Трояна В'ячеслава Васильовича, професора кафедри технології будівельних конструкцій та виробів Київського національного університету будівництва і архітектури.

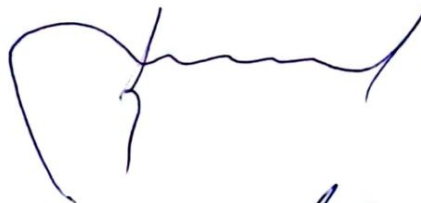
Опонентами призначити:

- доктора технічних наук, професора Борзяк Ольгу Сергіївну, доцента кафедри Будівельних матеріалів, конструкцій і споруд Українського державного університету залізничного транспорту;

- кандидата технічних наук Житковського Вадима Володимировича, доцента кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства Національного університету водного господарства та природокористування.

Рішення прийнято одногосно (за – 27, проти – немає, утримались – немає).

Головуючий розширеного засідання  
доктор технічних наук, професор  
директор НДІВМ КНУБА



Павло КРИВЕНКО

Секретар розширеного засідання  
кандидат технічних наук, доцент  
кафедри будівельних матеріалів КНУБА



Ольга БОНДАРЕНКО