

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ШЛАКОЛУЖНИХ БЕТОНІВ НА ЩЕБЕРІТІ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОМУ ТА ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Юрченко О.В., канд. екон. наук, доцент

Сумський національний аграрний університет

Нестеренко В.Ю., канд. екон. наук, доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Постановка проблеми. Розвиток енергоємних галузей поставило завдання щодо значного зниження вартості будівельних матеріалів. У номенклатурі будівельних матеріалів одним із найбільш споживаних є портландцемент. Проте, зважаючи на значні витрати природних та енергетичних ресурсів, навантаження на екосистеми, підтримку досягнутих результатів та подальше нарощування обсягів виробництва портландцементу стає проблематичним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питань економіко-екологічної оцінки ефективності використання вторинних ресурсів у будівництві, в т.ч. дорожньому, займалися багато українських учених, зокрема Барун М.В. [1], Дворкін Л.Й., Мироненко А.В. [2], Зубко К.Ю. [3], Кожушко В.П. [4], Крюковська Л.І. [5], Троян В.В. [6] та ін.

Невирішені складові загальної проблеми. Сьогодні проблема зниження споживання портландцементного клінкеру із збереженням значних обсягів залишається недостатньо розглянутою. Виробництво гідравлічних в'язучих може бути вирішене шляхом часткової заміни портландцементу мінеральними в'язкими на основі переважно промислових відходів. В даному контексті спостерігається зростання наукових і практичних інтересів до використання активованих лугами цементів та, зокрема, шлаколужними в'язучими.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є аналіз властивостей шлаколужного бетону на щебериті за міцністю, морозостійкістю, корозійною стійкістю до дії попереминого зволоження і висихання, деформацій усадки і набрякання; дослідження характеристик в'язучих та їх регулювання для подальшого узагальнення технологічного досвіду приготування бетонної суміші в контексті економо-екологічного аспекту.

Виклад основного матеріалу. В умовах промислової кризи ставиться завдання раціонального використання та залучення у виробництво техногенних відходів різних галузей промисловості, заміщення на 20...30% природної сировини виробничими та побутовими відходами у виробництві будівельних матеріалів. Одним з найпоширеніших видів сировини для виробництва є відходи металургійної, теплоенергетичної, гірничодобувної, хімічної та інших галузей промисловості. Рішення, що одержуються із застосуванням цих

методів, дозволяють значно зменшити ціни на будівельні матеріали, в результаті зменшення і накопичення промислових відходів.

Використання рідкого натрієвого скла як лужний наповнювач при безавтоклавному методі. Використання лужних компонентів у вигляді відходів виробництв Черкаської ПЗ «Азот» Україна. Ці матеріали та компоненти знайшли широке застосування у практиці впровадження шлаколужних бетонів на Сумщині України. Так, в роботі [7] показано, що з використання таких відходів вирішується частково екологічні проблеми, зменшує вартість на цементі, природні наповнювачі, енергоносії.

У дослідженнях [8, 9] доведено, що провідні країни світу не тільки використовують у значних обсягах техногенні сировинні продукти як мінеральну сировину, а й виготовляють із них високоякісні будівельні матеріали. У зв'язку з цим шлаколужний бетон слід розглядати як ефективний конкурентний різновид високоміцних, гідротехнічних, дорожніх, корозійностійких, жаростійких та інших видів бетонів спеціального призначення.

Відходи металургійної промисловості, представлені шлаками, є цінною сировиною для отримання шлакопортландцементу та шлаколужних в'язких та бетонів. Шлаки можуть використовуватися як тонкомолоті гідравлічні добавки до бетонів (з метою скорочення витрати цементу), а також як дрібний і великий заповнювач. Шлаколужні бетони отримують на основі, активованого з'єднаннями лужних металів (NaOH, KOH, Na₂CO₃, K₂CO₃ та ін.), а також класифікують за структурою, зерновим складом заповнювача, щільністю, складом цементу і умовами твердіння [10, 11].

По структурі розрізняють щільні, крупнозернисті ніздрюваті бетони. За зерновим складом заповнювачі поділяють на дрібно- і крупнозернисті, а по щільності на важкі і легкі. Тяжкі бетони відносяться до конструктивних. Легкі бетони за призначенням поділяють на конструктивні, конструктивно-теплоізоляційні та теплоізоляційні [11].

Проаналізувавши наукові праці [1-11], які за напрямком збігаються з темою дослідження, було підтверджено актуальності проблематики та акцентовано увагу на доцільності проведення подальших досліджень для покращення технології виробництва шлаколужних бетонів.

В ході дослідження було розроблено методику розробки складу шлаколужного бетону на щеберіті. Прийнятий бетон має наступний склад: тонкомолотий доменний шлак 408, щеберіт 1632, рідке скло натрієве з $M_c=1,8 - 245$ л. Щільність розчину затвердіння рідкого скла 1,10: 1,15 і 1,20 г/см³. Раціональна витрата тонкомолотого шлаку у складі бетону на щеберіті повинна знаходитися в межах 300/500 кг/м³ [11]. Встановлено, що міцність бетону з часом зростає. Морозостійкість підвищується зі збільшенням густини розчину лужного компонента. Також, проаналізувавши експлуатацію сільськогосподарських будівель, було визначено, що міцність шлаколужного бетону, який знаходиться в агресивному середовищі, з часом збільшується. Отримані результати дозволяють стверджувати, що проведені дослідження із

застосування шлаколужного бетону є актуальним та перспективним.

Результати дослідження складу шлаколужних бетонів із застосуванням добавок для поліпшення характеристик міцності бетону, проведені на Сумському силікатному заводі, наступні: залістисті кварцити можуть бути використані як заповнювач для виготовлення монолітних залізобетонних конструкцій. Відходи розпилювання та подрібнення каміння може бути використане для виготовлення гідротехнічних бетонів. Цегляний бій може бути використаний для виготовлення великопористих бетонних блоків.

Крім того, було досліджено відходи Глухівського щебеневого кар'єру в Сумській області. Встановлено, що щеберіт є піщано-щебеневою сумішшю, що складається з кварцового піску та гострокутних зерен роздробленого кварцитового щебеню, у старих відвалах, запаси яких оцінюються в 10 млн. м³. У складі присутні також тонкодисперсні частинки у кількості в середньому 12%, у тому числі глинисті – до 5%.

Мінералогічний склад щебеню представлений переважно кварцом. Тимчасовий опір стиску щебеню знаходиться в межах 1200...2300 кгс/см²; опір удару 50...140 ударів, зношування в барабані Деваля 5,8...9,5 %, абсолютна щільність 2,64 г/см³. Пісок в основному складається з кварцу, містить кілька граніту, ільманіту, термаліну і ставроліту. Тонкодисперсна складова щебериту представлена мінералами кварцу гідроліди, каолініту, кальциту та гідроокислами заліза. Зміст її у складі щеберіту значно перевищує допустимі норми для важких бетонів, що є основною причиною його складування у відвали. Саме тому як комплексний заповнювач у важких бетонах на клінкерних цементах щеберіт непридатний.

У дослідженні як в'язуче (шлаколужне, двокомпонентне) було прийнято тонкомолотий доменний основний гранульований шлак і лужний компонент. Окремо проаналізовано можливість застосування кислого гранульованого ваграночного шлаку Сумського заводу «Центроліт» як шлакового компоненту, на основі якого було отримано шлаколужні бетони класів В 7,5 ... В 30.

Як лужний компонент в основному використано рідке натрієве скло з силікатним модулем $M_c=1,8$, одержуване із силікатної брили (звареної за спеціальним замовленням у кількості 180 т) безавтоклавним методом. Змінюючи силікатний модуль рідкого скла і щільність розчину замішування можна регулювати як терміни схоплювання, так і марку в'язучого в широких межах.

Досліджено також лужні компоненти у вигляді відходів виробництв: плав соди кальцинованої постачання Черкаського ВО «Азот» Україна та содо-сульфатна суміш марки А поставки ТОВ «Електрохімпром».

В результаті розгляду зв'язування тонкодисперсних частинок щебериту було встановлено, що застосування щеберіту в бетонах на клінкерних цементах і в асфальтобетонах неможливе через високий вміст тонкодисперсних частинок, особливо гідролідиисто-каолінітової глини (до 5 %), яка рівномірно обволікає зерна піску та надає щеберіту специфічного жовто-оранжевого кольору. Пилувато-глиняста складова була виділена із щеберіту та всебічно вивчена

(проведено хімічний, термографічний та рентенографічний аналізи).

Подальші дослідження показали, що тонкодисперсна фракція активно взаємодіє зі лужним компонентом в'язучого, утворюючи водонерозчинні сполуки. Дозволяється застосовувати наповнювачі, що містять до 20% тонкодисперсних частинок, у тому числі до 10% глинистих від маси шлаку у складі шлаколужного бетону.

Виходячи з цього, були розроблені та випробувані в дослідно-промисловому виробництві шлаколужні бетони на щеберіті класу В 3.5...В 35 з об'ємною щільністю 2000, 2200 кг/м³.

Дослідження складу бетону полягало у наступному: розроблено методику призначення складу шлаколужного бетону на щеберіті. У проведених дослідженнях переважно прийнятий бетон наступного складу: тонкомолотий гранульований основний доменний шлак – 408, щеберіт – 1632, рідке натрієве скло з $M_c=1,8 - 245$ л. Щільність рідкого скла 1,10; 1,15 та 1,20 г/см³. Міцність бетону на стиск до початку випробувань становила відповідно 190; 278 та 360 г/см³. Встановлено, що раціональна питома витрата тонкомолотого шлаку у складі бетону на щеберіті повинна перебувати в межах 300...500 кг/м³.

Морозостійкість підвищується із збільшенням щільності розчину замішування лужного компонента, так як ущільнюється структура бетону, підвищується кількість гелеподібних речовин, зменшується обсяг небезпечних пор у бетоні. В результаті морозостійкість підвищується від F50 (щільність розчину замішування 1,10 г/см³) до F300 і більше (щільність 1,20 г/см³). Висока морозостійкість шлаколужного бетону пов'язана також із наявністю у складі в'язучого морозостійких гідросилікатів та відсутністю неморозостійкого трикальцієвого гідроалюмінату.

У проведених дослідженнях щодо визначення стійкості до агресивних середовищ враховувалася специфіка експлуатації сільськогосподарських будівель, яка характеризується підвищеною вологістю повітря та вмісту в ньому вуглекислого газу, наявністю агресивного середовища, що негативно впливає на звичайні бетони. За конструкціями, виконаними з шлаколужного бетону та експлуатованими в таких умовах, велися багаторічні періодичні спостереження. Міцність шлаколужного бетону, що знаходиться в рідкому агресивному середовищі тваринницьких будівель, з часом збільшується, більше – в лужному середовищі, менше – в кислому. До річного віку міцність зростає: на стиск – 16...31%, на розтяг при згині – 18...36%. Найбільше збільшення міцності посідає перші 6 місяців, потім уповільнюється, а до дворічного віку збільшується лише на 2...7 % проти річним віком. Стійкість шлаколужного бетону в сульфатному середовищі аналогічна стійкості важкого бетону на цементі сульфатостійкого.

Стійкість до дії зволоження та висихання. Відомо, що багаторазове зволоження, що чергуються, і висихання викликають глибокі фізико-механічні зміни в структурі клінкерного цементного каменю в звичайних бетонах, що погіршують його міцнісні показники та інші експлуатаційні властивості. Розпушування бетону мікротріщинами проявляється у вигляді незворотного

збільшення обсягу в його зовнішніх і внутрішніх зонах, виникнення розтягуючих і сколювальних напруг, зниження стійкості до агресивних впливів середовища сільськогосподарських будівель і споруд. Прийнятий нами комплексний заповнювач – щеберіт відрізняється від традиційних заповнювачів для бетону підвищеним вмістом тонкодисперсних домішок, у тому числі глинистих частинок, та незначною часткою щебеневої фракції. Як це позначається на властивостях шлаколужного бетону, що працює в умовах поперемінного зволоження та висихання, раніше не досліджувалося.

Результати досліджень показали незначне зростання міцності на стиск (до 7%) зі збільшенням кількості циклів поперемінного зволоження та висихання від 0 до 100. Найімовірніше це пов'язано зі збільшенням віку бетону. Міцність бетону на стиск при поперемінному зволоженні та висиханні не знижується.

Міцність бетону на розтяг при згині зі збільшенням кількості циклів поперемінно зволоження та висихання від 0 до 100 знижується на 27...30 %. Це зумовлено збільшенням кількості мікротріщин у цементному камені зі збільшенням циклів висихання бетону.

Маса бетону при зволоженні і висиханні, що чергується, змінюється наступним чином: зменшується на 0,5...1,0 % за перші 25 циклів, потім незначно збільшується.

Зменшення маси в початковий період можна пояснити усадкою бетону із зневодненням гелієвої складової цементного каменю. Збільшення маси при подальшому зростанні циклів пов'язане, ймовірно, з накопиченням новоутворень за рахунок гідратації, що триває. Зовнішній вигляд зразків у процесі випробувань не змінювався. Бетон стійкий до впливу поперемінного зволоження та висихання у конструкціях, що працюють на стиску.

В результаті аналізу усадки та набухання було встановлено, що деформації усадки та набухання шлаколужного бетону на щеберіті приблизно в 2 рази перевищують аналогічні деформації звичайного важкого бетону на гранітному щебені. Виготовлення попередньо напружених залізобетонних конструкцій із нього без проведення додаткових досліджень не рекомендується.

Окремо досліджено корозійну стійкість сталевих арматур в шлаколужному бетоні на щеберіті. Після річного витримування у вологих умовах зразки шлаколужного бетону, зачиненого лужними розчинами різної густини, руйнувалися. Модернізовані їх арматурні стрижні вивчалися під мікроскопом. Визначалася зміна їх ваги, рН шарів бетону, що стикалися з арматурою. За результатами досліджень рекомендовано призначати щільність розчину замішування не менше $1,10 \text{ г/см}^3$, а товщину захисного шару приймати 10 мм і більше.

Висновки з проведеного дослідження. Таким чином, як висновки можна зазначити наступні отримані результати:

– запропонований метод засвідчив, що до складу шлаколужного бетону можливе введення мінеральних добавок природного та техногенного походження у кількості до 80% – це забезпечує залучення у виробництво шлаколужного бетону місцевих мінеральних ресурсів. Перспективним для

розробки композиційних в'язучих є використання великотоннажних промислових відходів, у виробництві будівельних матеріалів;

– запропонований метод пошуку оптимального варіанта шлаколузних бетонів дозволяє отримувати рішення щодо прийняття складу цементу залежно від виду шлаку цементно-піщаного розчину та затверджувачів. Визначальним чинником вибору оптимального рішення є початковий стан шлаколузного бетону на щеберіті;

– запропонований метод пошуку оптимального управління та дослідно-промислової перевірки дозволили розробити рекомендації на виготовлення виробів із шлаколузних бетонних сумішей з покращеною зручністю та підвищеною життєздатністю.

Перелік посилань

1. Барун М. В. Економіко-екологічна оцінка ефективності ресурсозберігаючих проектів з використання вторинних ресурсів (на прикладі виробництва дорожньо-будівельних матеріалів) автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.06. Одеса, 2014. 20 с.

2. Дворкін Л. Й., Мироненко А. В. Будівельні матеріали та вироби із застосуванням промислових відходів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 298 с.

3. Зубко К. Ю. Оцінка і прогнозування еколого-економічних збитків впливу будівельної галузі на довкілля : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.06. Суми, 2016. 255 с.

4. Кожушко В. П., Тарасенко Л. П., Кучма М. І., Міщенко М. Л. Розробка і впровадження ресурсозберігаючої технології будівництва автомобільних доріг з використанням багатотонажних відходів виробництва мінеральних добрив, гірничодобувної та вугільної промисловості. Суми, СДУ, 1995. 54 с.

5. Крюковська Л. І. Підвищення рівня екологічної безпеки у дорожньому будівництві шляхом використання металургійних шлаків : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 21.06.01. Київ, 2019. 21 с.

6. Троян В. В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів: навч. посіб. Ніжин: ТОВ «Видавництво «АспектПоліграф», 2010. 228 с.

7. Економія цементу в будівництві / під ред. О.М. Савченко. Київ: Ранок, 2005. 200 с.

8. Болаков В. В., Мартиненко В. А., Ястребцов В. В. Виробництво виробів з бетону. Дніпро: Вид-во «Пороги», 2003. 141 с.

9. Кривенко П. В., Пушкарева Е. К. Довговічність шлаколузного бетону. Київ: Будівельник, 2013. 223 с.

10. Баженов Ю. М., Шубенкин П. Ф., Дворкин Л. І. Застосування промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів. Київ: Будівельник, 2013. 156 с.

11. Глуховский В. Д., Пахомов В. А. Шлаколузні цементы та бетони. Київ: Будівельник, 2008. 184 с.

References

1. Barun, M. (2014). *Economic and ecological assessment of the efficiency of resource-saving projects on the use of secondary resources (on the example of road construction materials production): Author's thesis [Ekonomiko-ekolohichna otsinka efektyvnosti resursozberihaiuchykh proektiv z vykorystannia vtorynnykh resursiv (na prykladi vyrobnytstva dorozhno-budivelnykh materialiv): avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk]*, Odessa, 20 p.
2. Dvorkin, L., Myronenko, A. (2019). *Building materials and products using industrial waste: a textbook [Budivelni materialy ta vyroby iz zastosuvanniam promyslovykh vidkhodiv]*, NUWM, Rivne: 2019, 298 p.
3. Zubko, K. (2016). *Evaluation and forecasting of ecological and economic damages of the construction industry impact on the environment: dissertation [Otsinka i prohnozuvannia ekoloho-ekonomichnykh zbytkiv vplyvu budivelnoi haluzi na dovkillia : dys. ... kand. ekon. nauk]*, Sumy, 255 p.
4. Kozhushko, V., Tarasenko, L., Kuchma, M., Mishchenko, M. (1995). *Development and implementation of resource-saving technology for the construction of roads using multi-tonne wastes from the production of mineral fertilisers, mining and coal industries [Rozrobka i vprovadzhennia resursozberihaiuchoi tekhnolohii budivnytstva avtomobilnykh dorih z vykorystanniam bahatotonazhnykh vidkhodiv vyrobnytstva mineralnykh dobryv, hirnychodobuvnoi ta vuhilnoi promyslovosti]*, SSU, Sumy, 54 p.
5. Kriukovska, L. (2019). *Increasing the level of environmental safety in road construction through the use of metallurgical slag : Author's thesis [Pidvyshchennia rivnia ekolohichnoi bezpeky u dorozhnomu budivnytstvi shliakhom vykorystannia metalurhiinykh shlakiv: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk]*, Kyiv, 21 p.
6. Troyan, V. (2010). *Additives for concrete and mortars: a textbook [Dobavky dlia betoniv i budivelnykh rozchyniv: navch. posib.]* AspectPolygraph Publishing House LLC, Nizhyn, 228 p.
7. *Economy of cement in construction [Ekonomiia tsementu v budivnytstvi]* / edited by O. Savchenko, (2005). Ranok, Kyiv, 200 p.
8. Bolakov, V., Martynenko, V., Yastrebtsov, V. (2003). *Production of concrete products [Vyrobnytstvo vyrobiv z betonu]*. Porogi Publishing House, Dnipro, 141 p.
9. Krivenko, P., Pushkareva, E. (2013). *Durability of slag-alkali concrete [Dovhovichnist shlakoluzhnoho betonu]*, Budivelnyk, Kyiv, 223 p.
10. Bazhenov, Yu., Shubenkin, P., Dvorkin, L. (2013). *Application of industrial waste in the production of building materials [Zastosuvannia promyslovykh vidkhodiv u vyrobnytstvi budivelnykh materialiv]*, Budivelnyk, Kyiv, 156 p.
11. Glukhovskiy, V., Pakhomov, V. (2008). *Slag cements and concretes [Shlakoluzhni tsementy ta betony]*, Budivelnyk, Kyiv, 184 p.

РЕФЕРАТИ ABSTRACTS

УДК 332.142.6:69.003+691; JEL Classification: L74

Юрченко О.В., Нестеренко В.Ю. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ШЛАКОЛУЖНИХ БЕТОНІВ НА ЩЕБЕРІТІ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОМУ ТА ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Мета. Метою роботи є аналіз властивостей шлаколужного бетону на щебериті за міцністю, морозостійкістю, корозійною стійкістю до дії поперемінного зволоження і висихання, деформацій усадки і набрякання; дослідження характеристик в'язучих та їх регулювання для подальшого узагальнення технологічного досвіду приготування бетонної суміші в контексті економико-екологічного аспекту. **Методика дослідження.** Теоретичною і методологічною основою дослідження є праці провідних вітчизняних науковців, присвячені дослідженню питань економіко-екологічної оцінки ефективності використання вторинних ресурсів у будівництві. В роботі використано метод теоретичного узагальнення; системний підхід; метод аналізу і синтезу; метод експерименту. **Результати.** В результаті дослідження встановлено зв'язок, і залежність міцності бетону в часі, залежність морозостійкості від щільності розчину затвердіння лужного компонента. Низька умовність продуктів гідратації шлакоблочних в'язучих, які відрізняються структурою та розвинутою питомою поверхнею, забезпечує високоміцного та довговічного, що дозволяє використовувати шлакоблочні бетони у будівельному виробництві. Запропонований метод пошуку оптимального варіанта шлаколужных бетонів дозволяє отримувати рішення щодо прийняття складу цементу залежно від виду шлаку цементно-піщаного розчину та затверджувачів. Визначальним чинником вибору оптимального рішення є початковий стан шлаколужного бетону на щебериті. Перспективним при розробці композиційних в'язучих є використання великотоннажних промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів. **Наукова новизна.** Розроблено метод виробництва шлаколужного бетону на щебериті у виробничих умовах, який дозволяє значно зменшити вартість бетону при використанні будівельних матеріалів. **Практична значущість.** Запропонований метод є перспективним напрямом вирішення проблеми екологічної безпеки в регіоні шляхом зменшення кількості виробничих відходів.

Ключові слова: шлаколужні бетони; щеберит; природна сировина; будівельні матеріали; вартість; виробничі відходи.

UDK 332.142.6:69.003+691; JEL Classification: L74

Yurchenko O., Nesterenko V. ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF SLAG-ALKALI CONCRETES ON CRUSHED STONE (SHCHEBERIT) FOR USE IN INDUSTRIAL AND ROAD CONSTRUCTION

Purpose. The purpose of the study is to analyse the properties of slag-alkali concrete on crushed stone (shcheberit) in terms of strength, frost resistance, corrosion resistance to alternate wetting and drying, shrinkage and swelling deformations; to research the characteristics of binders and their regulation for further generalisation of technological experience in the preparation of concrete mixtures in the context of the economic and environmental aspect. **Methodology of research.** The theoretical and methodological basis of the study are the works of leading domestic scientists devoted to the research of economic and environmental assessment of the efficiency of secondary resources use in construction. The paper uses the method of theoretical generalisation; systematic approach; method of analysis and synthesis; the method of experiment. **Findings.** As a result of the study, the correlation and dependence of concrete strength over time, the dependence of frost resistance on the density of the alkaline component curing solution were established. The low conventionality of hydration products of cinder block binders, which differ in structure and developed specific surface area, provides high strength and durability, which allows the use of cinder block concrete in construction production. The proposed method for finding the optimal variant of slag concrete allows obtaining decisions on the cement composition depending on the type of slag in the cement-sand mortar and hardeners. The determining factor in choosing the optimal solution is the initial state of the slag-alkaline concrete on crushed stone (shcheberit). The use of large-tonnage industrial waste in the production of building materials is promising in the development of composite binders. **Originality.** A method for the production of slag-alkaline concrete on crushed stone (shcherberite) in production conditions has been developed, which can significantly reduce the cost of concrete when using building materials. **Practical value.** The proposed method is a perspective direction of solving the problem of environmental safety in the region by reducing the amount of industrial waste.

Keywords: slag-alkali concrete; crushed stone; shcherberite; natural raw materials; construction materials; cost; production waste.

Відомості про авторів / About the Authors

Юрченко Оксана Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент, Сумський національний аграрний університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд, м. Суми, Україна; e-mail: ou_8211@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6498-2339>. Моб. (066) 716 76 80.

Yurchenko Oksana – PhD in Economics, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Associate Professor of the Department of Construction and Operation of Buildings, Roads and Transport Facilities, Sumy, Ukraine.

Нестеренко Валентина Юріївна – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри економіки і підприємництва, м. Харків, Україна; e-mail: valentinaonisiforova@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9899-8427>. Моб. (098) 284 09 59.

Nesterenko Valentyna – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Associate Professor, Department of Economics and Entrepreneurship, Kharkiv, Ukraine.