

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**КОВАЛЬСЬКИЙ ВІКТОР ПАВЛОВИЧ**

**УДК 666.952:691.333**

**КАРБОНАТНИЙ БЕТОН НА ЗОЛОЦЕМЕНТНОМУ В'ЯЖУЧОМУ,  
МОДИФІКОВАНОМУ ЛУЖНОЮ АЛЮМОФЕРИТНОЮ ДОБАВКОЮ**

05.23.05 – Будівельні матеріали та вироби

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

ВІННИЦЯ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор  
**Друкований Михайло Федорович**,  
Вінницький національний технічний університет,  
професор кафедри промислового та цивільного  
будівництва

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор  
**Сердюк Василь Романович**,  
Вінницький національний технічний університет,  
завідувач кафедри менеджменту будівництва,  
охорони праці та безпеки життєдіяльності

– кандидат технічних наук, старший науковий  
співробітник **Червяков Юрій Миколайович**,  
Український науково-дослідний і проектно-  
конструкторський інститут будівельних матеріалів та  
виробів “НДІБМВ”, м. Київ, заступник директора з  
наукової роботи

Провідна установа – Одеська державна академія будівництва та  
архітектури, кафедра виробництва будівельних  
виробів і конструкцій, Міністерство освіти і науки  
України, м. Одеса.

Захист відбудеться „27” квітня 2007 р. о 17<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.04 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГУК.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий „23” березня 2007 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Швець В.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку будівельної галузі, у зв'язку зі зростанням вартості енергоносіїв, зростає вартість будівельних матеріалів і виробів. Одним із напрямків зниження їх собівартості є зменшення витрат енергоємних компонентів за рахунок використання побічних продуктів промисловості, таких як відходи енергетичної промисловості (зола-винесення), металургійної промисловості (бокситовий шлам) та видобувної промисловості (відходи каменерізання). Їх переробка і застосування вигідні як з економічної, так і екологічної точки зору, адже відбувається звільнення площ значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих техногенних відходів і зниження витрат на їх складування та утримання. В Україні із 1,5 млрд. т природних ресурсів, які щорічно використовуються у виробництві, більша частина йде у відходи. Обсяг накопичених твердих відходів добувної, енергетичної, металургійної та інших галузей промисловості перевищує 17 млрд. т і щорічно зростає на 1 млрд. т.

Економічні та екологічні проблеми, пов'язані з виробництвом портланд-цементу, обумовлюють необхідність його заміни на композиційні в'язучі системи. Застосування композиційних в'язучих дозволяє, при незначних витратах цементу, отримувати ефективні низькомарочні в'язучі із заданими фізико-механічними властивостями.

Використання відходів паливно-енергетичного комплексу України регламентується відповідною Державною програмою (Постанова КМУ від 15.09.99 р. № 1033). Одним із перспективних напрямків застосування промислових відходів є їх використання у виробництві будівельних матеріалів, що дає змогу задовольнити потребу у сировині приблизно на 40 %. Залучення відходів промисловості сприяє зниженню витрат на виробництво виробів приблизно на 10...30 % порівняно з виробництвом із природної сировини, економія капіталовкладень при цьому становить 35...40 %.

Тому сьогодні особливу актуальність набуває здійснення нових наукових розробок, спрямованих на створення ефективних будівельних матеріалів та ресурсозберігаючих технологій з мінімальним вмістом енергоємних компонентів. Заміна енергоємних компонентів відходами виробництва за рахунок їх активації дозволить вирішити прикладні задачі використання відходів промисловості в будівельному комплексі України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Розробка і дослідження дрібнозернистого карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, виконувались відповідно до держбюджетної програми Міністерства освіти і науки України „Нові технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та аграрно-промисловому комплексі” (номер державної реєстрації 0104U000744): тема „Розробка теорії арму-

вання та ущільнення композиційних матеріалів з метою підвищення їх несучої спроможності при динамічних і статичних навантаженнях” – 2004-2006 роки. У зазначеній роботі автор виконував обов’язки виконавця.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка дрібнозернистого карбонатного пресованого бетону (шламозолокарбонатного (ШЗК)) для стінових виробів на основі карбонатних відходів каменерізання та ефективного малоклінкерного золоцементного в’язучого.

Відповідно до поставленої мети дисертаційної роботи сформульовані такі задачі досліджень:

- проаналізувати використання техногенних відходів енергетичної промисловості (золи-винесення), металургійної промисловості (бокситового шламу) та видобувної промисловості (відходів каменерізання карбонатних порід) у виробництві в’язучих та бетонів;
- розробити методикау визначення оптимальних параметрів пресування у залежності від рецептурно-технологічних факторів шламозолокарбонатної прес-суміші;
- дослідити можливість активації золоцементної композиції лужною алюмоферитною добавкою та виявити закономірності її впливу на фазовий склад новоутворень і фізико-механічних характеристик штучного каменю золоцементного в’язучого;
- розробити і оптимізувати склад компонентів ефективного низькомарочного золоцементного в’язучого, модифікованого лужною алюмоферитною добавкою;
- встановити оптимальний склад компонентів, параметри технологічних режимів виготовлення виробів, з використанням методів математичного моделювання, та дослідити властивості композиційного шламозолокарбонатного бетону;
- визначити показники техніко-економічної ефективності ресурсозберігаючої технології виготовлення дрібноштучних стінових виробів на основі шламозолокарбонатного бетону.

**Об’єктом досліджень** є дрібнозернистий прес-бетон на основі комплексного низькомарочного в’язучого з техногенних відходів промисловості.

**Предмет дослідження** – закономірності формування фазового складу новоутворень і властивостей карбонатного пресованого бетону на золоцементному в’язучому, модифікованому лужною алюмоферитною комплексною добавкою.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження виконано за допомогою сучасних методів фізико-хімічного аналізу: рентгенофазового та диференційно-термічного аналізу. Визначення фізико-механічних властивостей (середня густина, пористість, водопоглинання, міцність при стиску, при згині та ін.) проведено за традиційними методиками згідно діючих нормативних документів. Розрахунки та оптимізацію складів золоцементних в’язучих речовин, модифікованих лужною

алюмоферитною добавкою, та карбонатних бетонів на їх основі проведено із застосуванням експериментально-статистичних методів планування експерименту.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено можливість хімічної активації золи-винесення лужною алюмоферитною комплексною добавкою, що приводить до збільшення кількості активного кремнезему та глинозему;
- виявлено вплив бокситового шламу на фазовий склад новоутворень зоцементного в'язучого, що представлені алюмосалізовміщуючими гідрогранатами, залізовміщуючими гідросилікатами, гідроалюмінатами та гідроферитами кальцію, які покращують макроструктуру золошламового в'язучого за рахунок створення додаткових активних центрів кристалізації;
- встановлено залежність зміни міцності в'язучого від вмісту золи-винесення і бокситового шламу, в результаті чого отримано ефективне малоклінкерне зоцементне в'язуче з необхідними показниками міцності;
- виявлено закономірності зміни фізико-механічних властивостей шламозолокарбонатного бетону в залежності від складу компонентів та технологічних параметрів виготовлення, які дозволяють отримати новий штучний камінь з необхідними властивостями;
- вдосконалено ресурсозберігаюча технологія виготовлення пресованих стінових виробів зі шламозолокарбонатного бетону, який містить до 90 % техногенних відходів промисловості, що дозволило залучити в технологічний процес відходи енергетичної, металургійної та видобувної промисловості.

Новизна роботи підтверджена деклараційним патентом України на корисну модель № 13518U „Суміш для виготовлення будівельних виробів”.

#### **Практичне значення отриманих результатів:**

- розширено сировинну базу компонентів для бетонів за рахунок використання у їх складі до 90 % техногенних відходів промисловості;
- розроблено ефективне низькомарочне золошламове в'язуче;
- запропоновано та апробовано методику визначення оптимальних параметрів пресування в залежності від фізико-механічних властивостей прес-суміші шламозолокарбонатного бетону;
- обґрунтовано параметри технологічних режимів виготовлення виробів із карбонатного бетону на зоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною комплексною добавкою;
- для організації промислового виробництва цегли розроблено технологічний регламент, який підтвердив можливість отримання у дослідно-промислових умовах шламозолокарбонатного бетону і виробів на його основі;
- розрахунковий економічний ефект від виготовлення виробів на основі

шламозолокарбонатного бетону в порівнянні із керамічною цеглою, при проектній потужності 4,311 млн. штук стінових виробів на рік, складає близько 306,6 тис. грн., в тому числі ефект від скорочення економічних збитків, що наноситься навколишньому середовищу.

За результатами досліджень згідно розробленого технологічного регламенту випущено на підприємстві ПП „Січ” дослідну партію цегли, яку використано КБМП „БМУ-2” при будівництві Торгового комплексу в м. Вінниці. Ці вироби можуть бути рекомендовані до широкого впровадження на підприємствах будівельної індустрії України. Результати досліджень, отримані в дисертаційній роботі, використовуються в навчальному процесі ВНТУ при вивченні дисциплін: „Будівельні матеріали і вироби” та „Виробнича база будівництва”.

**Особистий внесок здобувача** полягає у вивченні стану проблеми, виконанні експериментальних досліджень, аналізі та обробці одержаних результатів, а також у впровадженні результатів досліджень у виробництво.

Особистий внесок здобувача в науковій праці:

- Встановлено характеристики компонентів. Запропоновано сумісне використання відходів промисловості для отримання дрібноштучних стінових виробів [2].
- Розроблено склад ефективного низькомарочного в'язучого та досліджено його властивості [3].
- Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено процес активації золи-винесення. Проведена оптимізація вмісту золи-винесення і бокситового шламу [4,8,].
- Розроблений і оптимізований склад та досліджено макроструктуру карбонатного бетону [5,7].
- Визначені основні технологічні фактори, які впливають на властивості карбонатного бетону [10].
- Розроблено склад в'язучого з відходів промисловості для дорожнього будівництва з використанням алюмоферитної добавки [6].
- Доведено вплив комплексної алюмоферитної добавки на властивості золоцементного в'язучого [11].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень доповідалися й обговорювалися: на міжнародних конференціях і семінарах: „Моделювання й оптимізація в матеріалознавстві” (Одеса, ОДАБА, 2004, 2005), „Наука і освіта 2005” (Дніпропетровськ, Наука і освіта, 2005), „Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві” (Вінниця, ВНТУ, 2003), “Оздоблювальні роботи у будівництві” (Вінниця, ВНТУ, 2004); на науково-технічних конференціях і семінарах професорсько-викладацького складу Вінницького національного технічного університету (Вінниця, 2001-2006 рр.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, у тому числі: 4 публікації у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України для публікації результатів дисертаційних досліджень, 1 деклараційний патент та 6 публікацій в матеріалах доповідей і тез науково-технічних конференцій та семінарів.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційну роботу викладено на 142 сторінках основної частини і складається із переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків і включає 24 таблиці та 41 рисунок. Повний обсяг дисертації становить 189 сторінок і містить разом із основною частиною перелік використаних джерел із 186 найменувань на 20 сторінках та дев'ять додатків на двадцяти двох сторінках.

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність наукової роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, приведені відомості про публікації наукових результатів та апробацію дисертації.

**В першому розділі** викладено сутність наукової проблеми, її значення і підстави для необхідності проведення досліджень. Теоретично обґрунтовано наукову гіпотезу дисертаційної роботи.

У дисертаційній роботі, як методична основа досліджень, використовується загальна теорія штучних будівельних конгломератів (ШБК) І.А. Риб'єва. Згідно з структурною теорією пресовані композиції на основі мінеральних в'язучих слід віднести до безвипалювальних будівельних конгломератів щільної структури.

Для розробки дрібнозернистого карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, для пресованих виробів було проаналізовано утворення золи-винесення, бокситового шламу та карбонатних відходів і їх використання у виробництві в'язучих та бетонів.

Електростанція середньої потужності дає в рік близько 600 тис. т відходів у вигляді золошлакових сумішей, які займають близько 6 га плодоносних земель (К.К. Пушкарьова). Золи-винесення теплових електростанцій України – це склоподібні низькокальцієві алюмосилікатні речовини, представлені дрібнодисперсними порошками. Загальною характеристикою паливних золошлакових сумішей України є їх приналежність до класу кислих та ультракислих. При затворенні водою вони не тверднуть і практично не здатні до гідратування (О.В. Волженський). Реакційна здатність золи-винесення забезпечується лужним розчином, видом відповідних добавок і залежить від іонної сили алюмосилікатної складової та характеру лужного компонента (П.В. Кривенко, Л.Й. Дворкін). Досвід вивчення цементнозольних в'язучих свідчить про те, що зола, сорбуючи з гідратованого цементу розчинні луѓи, бере участь в утворенні стійких, водонерозчинних гідроалюмосилікатів (А.М. Сергєєв).

На відміну від хімічних, механохімічні методи підвищення поверхневої активності дисперсних матеріалів більш результативні і технічно доцільні (М.В. Михайлов, І.В. Барабаш, С.І. Федоркін, Г.С. Ходаков).

Усе це визначає необхідність переробки зол ТЕЦ України в багатотонажному виробництві, наприклад, при виготовленні в'язучих, бетонів та виробів на їх основі.

Також розглянуто використання бокситового (червоного) шламу при виробництві будівельних матеріалів на основі відомих робіт М.І. Бурасєва, В.І. Корнєєва, Б.П. Парімбетова, Г.Т. Пужанова та ін., в яких досліджується супутній продукт при переробці бокситів на глинозем – червоний шлам. Червоний бокситовий шлам є масовим техногенним відходом алюмінієвої промисловості, який за рахунок своїх фізико-хімічних властивостей здатний впливати на властивості бетонів. Спрямованих комплексних розробок його використання для активації золи-винесення, а також для виготовлення карбонатних прес-бетонів раніше не проводилося. Низький вміст у ньому оксиду кальцію не дозволяє використовувати цей шлам як основний компонент цементного в'язучого.

Ефективність використання в бетоні карбонатних заповнювачів широко досліджувалась як вітчизняними вченими, так і вченими інших країн (П.І. Боженів, С.С. Гордон, А.А. Гордєєв, П.Л. Єременок, Т.Ю. Любімова, Р.Л. Маїлян, Є.Р. Пінус, Б.Г. Скрамтаєв, Т. Торвальдсон, І. Ферран та ін.). Їх дослідження послужили підґрунтям для розробки теоретичних, наукових та технологічних основ дисертаційної роботи: вибору вихідної сировини, впливу компонентів на кінцеві властивості бетонів, виявлення оптимальних умов використання карбонатних заповнювачів та вдосконалення технології виробництва дрібноштучних виробів.

Результати досліджень показали, що заповнювачі з пористих вапняків і вапняків-черепашників, незважаючи на низьку міцність породи (в середньому від 1,5 до 10 МПа), завдяки особливостям структури та хіміко-мінералогічного складу, забезпечують отримання на їх основі, при звичайних витратах цементу, конструктивних бетонів міцністю 15-30 МПа і вище.

Результати досліджень Є.Р. Пінуса, Т. Торвальдсона, І.І. Єгорова, Н.Г. Ковальова та інших авторів свідчать про те, що зчеплення цементного каменя з карбонатними заповнювачами значно краще, ніж з високоміцними заповнювачами із вивержених гірських порід.

Отримати високоякісний бетон на заповнювачах із карбонатних відходів можливо шляхом оптимізації вмісту пилюватих фракцій вапняків-черепашників та залученням їх у фізико-хімічні процеси тверднення і формування структури в'язучої матриці та бетону в цілому. Це може бути досягнуто сумісним використанням карбонатних заповнювачів та в'язучих, дисперсна фаза яких складається переважно з алюмосилікатної фази, а також шляхом активації пилюватих карбонатних частинок лугами. У повній мірі таким вимогам відповідають



золошламові в'яжучі на основі кислій золи-винесення ТЕС та лужного червоного бокситового шламу Миколаївського глиноземного заводу, що містить до 19 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , близько 40 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  та лугів ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  в межах 6 %).

Вивчення розвитку ресурсо- і енергозберігаючих технологій виготовлення стінових матеріалів показало, що поряд із багатотоннажним виробництвом керамічної та силікатної цегли останнім часом намічається тенденція до будівництва підприємств малої потужності з використанням методу напівсухого пресування виробів місцевої сировини та відходів промисловості.

На основі літературних джерел та попередньо проведених лабораторних досліджень була сформована **робоча гіпотеза**: лужна алюмоферитна складова бокситового шламу може бути використана в якості модифікатора золоцементного в'яжучого з комплексним характером впливу. При введенні шламу до складу в'яжучого підвищиться розчинність алюмосилікатного скла, що міститься у золі-винесення, за рахунок вмісту в червоному шламі лугів. Добавка шламу при механічній активації золи-винесення призведе до руйнації поверхневої склоподібної оболонки, тим самим надасть можливість залучити більшу кількість реакційно здатної золи-винесення в процес структуроутворення цементного каменя. За рахунок дрібнодисперсної будови червоного шламу (90 % частинок має радіус менше 10 мкм) ведення його як мікронаповнювача дозволить підвищити фізико-механічні властивості в'яжучого та бетонів на його основі.

**В другому розділі** наведено характеристики сировинних матеріалів, описані методи експериментальних досліджень та представлена обробка їхніх результатів.

Для отримання золоцементних в'яжучих, модифікованих лужною алюмоферитною добавкою, як вихідний матеріал використано золу-винесення (ЗВ) Ладижинської ТЕС (ГОСТ 25592). Хімічний склад золи-винесення знаходиться в межах (%):  $\text{SiO}_2$  – 55,3;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 22,34;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5,42;  $\text{FeO}$  – 2,52;  $\text{MgO}$  – 0,12;  $\text{MnO}$  – 5,96;  $\text{CaO}$  – 5,96;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,75;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,46;  $\text{SO}_3$  – 0,38;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,33;  $\text{TiO}_2$  – 1,4. Хімічний та мінералогічний склад відповідають основним вимогам, що висуваються до зол для бетонів.

В якості лужної алюмоферитної добавки застосовано червоний шлам (ЧШ) Миколаївського глиноземного заводу (ДСТУ Б В.2.7-39-95) – відходи при переробці бокситів на глинозем. Характерною особливістю червоного шламу, як модифікуючої добавки, є висока дисперсність та лужна реакція (рН від 10 до 12). ЧШ характеризується наступним хімічним складом, мас. %:  $\text{SiO}_2$  – 9,5-11,1;  $\text{TiO}_2$  – 4,4-5,6;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 17,0-19,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 39,0-43,0;  $\text{CaO}$  – 7,6-9,5;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 6,2-6,9;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,2-0,3.

Як заповнювач використовували відходи каменерізання карбонатних порід (ДСТУ Б В.2.7-27-95) кар'єрів Вінницької області з модулем крупності  $M_{\text{кр}}$  – 2,48. Вони характеризуються наступним хімічним складом, мас. %:  $\text{CaCO}_3$  – 90,7-95,8;  $\text{MgCO}_3$  – 1,4-4,3;  $\text{SiO}_2$  – 0,4-7,15;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,08-1,08.

В якості активної добавки до комплексного золошламового в'язучого використовували портландцемент ПЦ І-400 Кам'янець-Подільського цементного заводу (ДСТУ Б В.2.7-46-96)

Дослідженнями встановлено, що всі сировинні компоненти шламосолокарбонатного прес-бетону за рівнем питомої концентрації природних радіонуклідів, згідно вимог ДБН В 1.4-01-97, відносяться до першої групи будівельних матеріалів. Максимальне значення сумарної активності природних радіонуклідів дорівнює 130 Бк/кг, що не перевищує допустимої величини 370 Бк/кг (для будівель першого класу).

Дослідження фізико-механічних і реологічних властивостей розчинів і зразків, виготовлених з шламосолокарбонатного прес-бетону, проводились згідно стандартних методик відповідно до ДСТУ Б.В.2.7-22-95, ДСТУ Б.В.2.7-7-94, ДСТУ Б.В.2.7-114-2002. Вплив компонентного складу в'язучого на фазовий склад новоутворень комплексного золошламового в'язучого вивчали за результатами фізико-хімічних досліджень методами диференціально-термічного і рентгенофазового аналізів.

Автором розроблено методологію досліджень, що включає загальну блок-схему досліджень, обґрунтований вибір методик дослідження фізико-механічних властивостей, складу і структури комплексного механохімічно активованого золоцементного в'язучого, модифікованого лужною алюмоферитною добавкою (золошломове в'язуче) та карбонатних матеріалів на основі даного в'язучого. Поставлені задачі дослідження вирішувалися поєднанням стандартних методів та методик досліджень зі спеціально розробленою методикою визначення оптимальних параметрів пресування для будь-якого складу прес-суміші з урахуванням її фізико-механічних властивостей. Використання цієї методики дає змогу підвищити ефективність технологічних рішень, пов'язаних з виробництвом пресованих стінових виробів.

Для математичної обробки результатів експерименту, створення графічних залежностей використана програма Microsoft Excel'97 та MathCAD 2000 professionals.

**У третьому розділі** наведено результати експериментальних досліджень впливу механохімічної активації золи-винесення бокситовим шламом на хімічні процеси фазового складу новоутворень золошламового в'язучого. Визначено оптимальний склад механохімічно активованого комплексного золошламового в'язучого з використанням золи-винесення, бокситового шламу та добавки портландцементу.

Як відомо, зола-винесення складається приблизно на 78 % із глинозему та кремнезему, а їх розчинність залежить від рН розчину. При збільшенні рН розчину з 8 до 10 розчинність глинозему збільшується у 25 разів, а розчинність кремнезему збільшується у 2,5 рази, що становить 10 моль/л. Тому, як хімічний реагент в процесі активації золи-винесення, нами запропоновано використовувати багатотон-

нажні відходи бокситового шламу, які містять у своєму складі ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  до 6 %).

У результаті досліджень визначений період максимального розчинення лугів червоного шламу у водному розчині. На рис. 1, видно, що при змішуванні червоного шламу з водою максимальне значення рН розчину, рівне 11,6, досягається вже через 5 хв. Дослідження рН розчину проводили за допомогою приладу рН-метр 125.

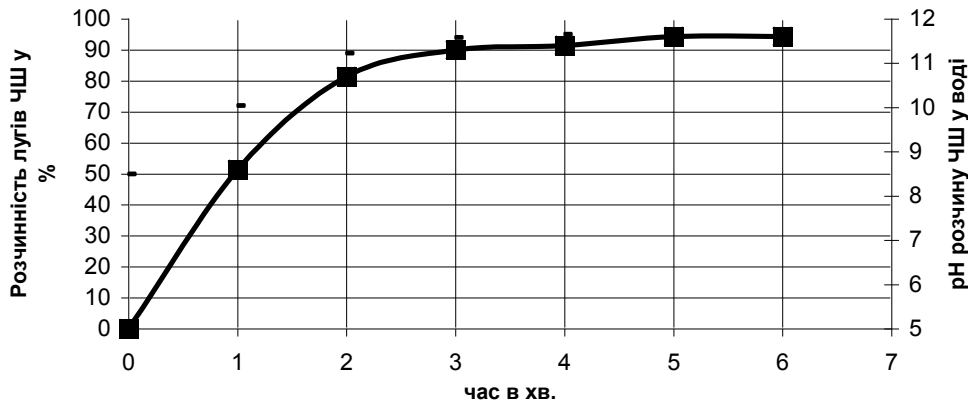


Рис. 1. Розчинність лугів червоного шламу у водному розчині

Для експериментального підтвердження робочої гіпотези щодо підвищення ефективності гідравлічного потенціалу ЗВ за рахунок введення бокситового шламу, як лужного мікронаповнювача, було виготовлено сім серій зразків балочок розмірами  $4 \times 4 \times 16$  см із різним вмістом червоного шламу. Вміст портландцементу, водо-тверде (В/Т) відношення та умови тверднення залишали постійними. Співвідношення компонентів модифікованого в'язучого для різних серій зразків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Склад модифікованого в'язучого з різним вмістом алюмоферитної добавки

№ серій зразків	Вміст компонентів, %			
	Зола-винесення	Червоний шлам	Портландцемент	В/Т
1	90,0	0	10	0,2
2	76,5	13,5	10	0,2
3	63,0	27,0	10	0,2
4	49,5	40,5	10	0,2
5	36,0	54,0	10	0,2
6	22,5	67,5	10	0,2
7	0	90,0	10	0,2

За результатами дослідження впливу бокситового шламу на властивості золошламового в'язучого встановлені залежності, представлені на рис. 2. Показники хімічної руйнації поверхні частинок золи-винесення бокситовим шламом оцінювали

за консистенцією сумішей, яка визначалася за допомогою струшуючого столику та за максимальною границею міцності при стиску половинок балочок (рис. 3).

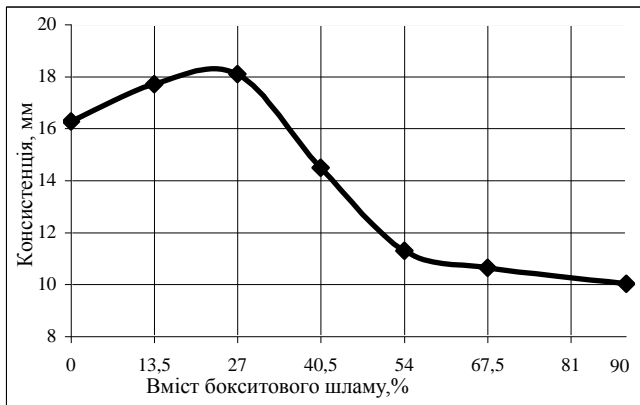


Рис. 2. Вплив бокситового шламу на рухливість комплексного золошламового в'язучого

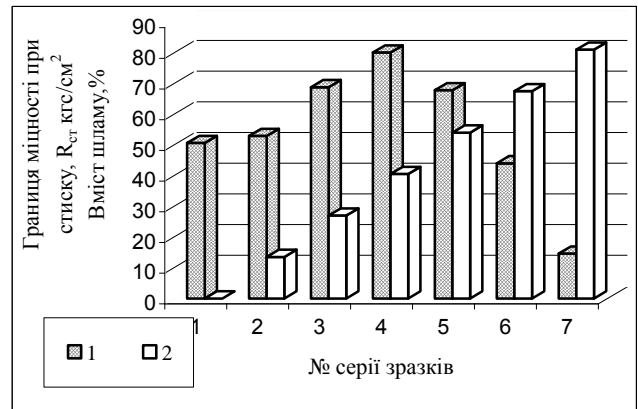


Рис. 3. Залежність границі міцності від вмісту бокситового шламу:  
1 – границя міцності при стиску;  
2 – вміст бокситового шламу

Встановлено, що розплив золошламової суміші (рис. 2) із заміною бокситовим шламом до 27 % золи при постійному В/Т, дає збільшення розпливу суміші на 12 %. Це пов'язано з пластифікуючими властивостями бокситового шламу, які виявлені в роботах інших дослідників. При збільшенні до 54 % ЧШ спостерігається значне зменшення розтікання суміші. Зміна розпливу суміші, активованої лужною алюмоферитною добавкою, при інших рівних умовах, підтверджує руйнування склоподібної оболонки золи, що проявляється у зменшенні текучості суспензії.

За результатами досліджень (рис. 3) встановлено, що ріст міцності спостерігається при заміні золи бокситовим шламом на проміжку від 13,5 % до 40,5 %. В загальному, приріст міцності склав приблизно 58 %, коефіцієнт розм'якшення збільшився на 14 %, а водопоглинання зменшилось на 6 % в порівнянні з серією зразків без шламу. Заміна золи бокситовим шламом на 40,5 % і більше призводить до зниження границі міцності при стиску. Це пояснюється недостатньою кількістю золи-винесення та відсутністю гідравлічної активності в бокситовому шламі.

Виявлено, що бокситовий шлам є активною коригуючою добавкою, яка впливає на строки тужавлення золошламового в'язучого. Вміст бокситового шламу в кількості 13,5-27 % призводить до сповільнення початку тужавлення золошламового в'язучого. Подальше збільшення вмісту бокситового шламу понад 27 % призводить до скорочення строків тужавлення. Строки тужавлення в'язучого оптимального складу приведені в таблиці 2.

На рис. 4. показано залежність коефіцієнта розм'якшення від вмісту у в'язучому бокситового шламу.

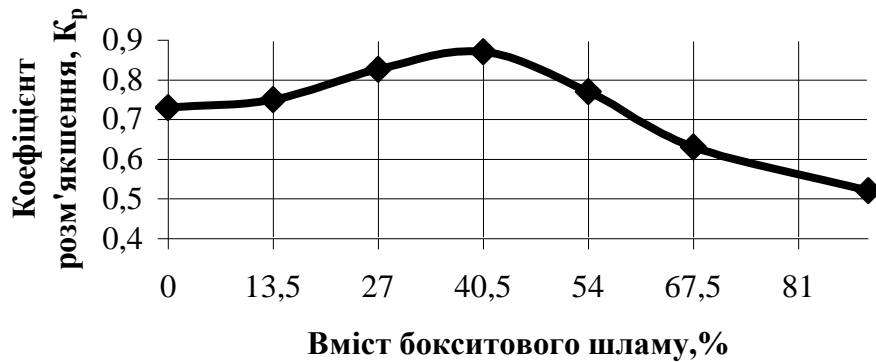


Рис. 4. Вплив бокситового шламу на водостійкість комплексного золошламового в'язучого

Як видно з рис. 4, вміст бокситового шламу в межах до 40,5 % позитивно впливає на водостійкість золошламового в'язучого. Підвищення водостійкості на 24 % в порівнянні із зразками без добавок шламу обумовлено збільшенням кількості гідратних новоутворень за рахунок хімічної активації золи-винесення активною мінеральною алюмоферитною добавкою.

Встановлено закономірність зростання середньої щільності в середньому на 2,8 % при заміні золи бокситовим шламом на 13,5 %. Загальне збільшення щільності в порівнянні із зразками, які не містять шламу, і зразками, в яких вміст шламу становить 67,5 %, складає 14,7 %. Підвищення середньої щільності свідчить про зменшення пористості, що в свою чергу зменшує водопоглинання та збільшує водостійкість даного золошламового в'язучого при наявності гідратних новоутворень.

В результаті обробки отриманих експериментальних даних одержано адекватну експериментально-статистичну модель активності в'язучого, отримано рівняння регресії та побудована поверхня відгуку в залежності від складу активної мінеральної добавки.

$$R_{ст} = 59,5 + 0,98x_1 + 0,699x_2 - 0,0084x_1^2 - 0,0084x_2^2,$$

де  $R_{ст}$  – границя міцності при стиску;

$x_1$  – витрати золи-винесення ;

$x_2$  - витрати бокситового шламу.

За допомогою пакету прикладних програм MathCAD було проведено оптимізацію вмісту компонентів для максимізації величини міцності  $R_{ст}$ . Визначені такі оптимальні значення складу активної мінеральної добавки: витрати золи-винесення складають 52,6 %, червоного шламу 37,4 %.

Методами рентгеноструктурного та диференційно-термічного аналізу досліджено мінерально-фазовий склад новоутворень золошламового в'язучого. Встановлено, що введення бокситового шламу в золоцементне в'язуче суттєво впливає на зміну мінерально-фазового складу новоутворень золоцементного каменю. Оксиди заліза –  $Fe_2O_3$  та алюмінію  $Al_2O_3$ , які містяться в червоному бокситовому шламі, є прискорювачами утворення гідросилікатів кальцію. При наявності  $Fe_2O_3$  в складі цементної зв'язки можливо утворення алюмосалізо-вміщувальних гідрогранатів, залізовміщувальних гідросилікатів кальцію та гідроферитів кальцію.

В камені золошламового в'язучого при вмісті ЧШ 40,5 % можливо ідентифікувати такі мінерали: кварц ( $SiO_2$ ) – міжповерхневих відстаней –  $d/n = 3,362 \text{ \AA}$ ; оксид заліза –  $Fe_2O_3$  з  $d/n = 4,21; 1,698 \text{ \AA}$ ; кальциту –  $CaCO_3$  з  $d/n = 3,05; 1,914 \text{ \AA}$ ; чотирикальцієвий гідроферит  $4CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 13H_2O$  з  $d/n = 2,71; 2,52 \text{ \AA}$ ; однокальцієвий гідроалюмінат  $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 10H_2O$  з  $d/n = 3,707; 2,286 \text{ \AA}$ ; гідрогранати – між поверхневих відстаней –  $d/n = 2,71-2,80 \text{ \AA}$ ; можлива наявність еtringіту з  $d/n = 2,71 \text{ \AA}$ .

Наявність підвищеного вмісту гідратних новоутворень підтверджується результатами диференційно-термічного аналізу зразків в'язучого.

Результати випробувань фізико-механічних властивостей отриманого композиційного золошламового в'язучого зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості золошламового в'язучого оптимального складу

Показник	Вимоги ДСТУ Б. В.2.7.-22-95	Результати досліджень
М'якість млива, %	Не більш 10	8,6
Нормальна густина цементного тіста, мм	7-11	10,5
Початок тужавлення, год, хв.	Не раніше 00:45	2:00
Кінець тужавлення, год, хв.	Не пізніше 24:00	3:45
Рівномірність зміни об'єму	Не допускаються тріщини і викривлення	Тріщини і викривлення відсутні
Границя міцності при згині у віці 28 діб, МПа ( $кгс/см^2$ )	1,5 (15) – 3,5 (35)	3,5 (35)
Границя міцності при стиску у віці 28 діб, МПа ( $кгс/см^2$ )	5,0 (50) – 10,0 (100)	10,0 (100)

Визначено фізико-механічні властивості золошламового в'язучого, яке складається із золи-винесення 52,6 %, червоного шламу 37,4 % та портландцементу ПЦ І-400 10 %, відповідають вимогам ДСТУ Б. В.2.7.-22-95 „В'язучі композиційні низькоактивні безклінкерні”.

**Четвертий розділ** присвячено питанням розробки будівельних стінових матеріалів на основі карбонатних відходів і комплексного механохімічно активованого золошламового в'язучого, дослідженню структури та встановленню основних технологічних параметрів виробництва.

Структурування формовочних прес-сумішей відбувається у дві основні стадії – в момент ущільнення і в період тверднення в'язучої речовини. Результативність цих етапів є функцією рецептурно-технологічних факторів – кількості в'язучого  $m$ ; вологості прес-суміші  $W$ ; тиску пресування  $P$  та умов тверднення.

При проведенні багатофакторного експерименту були отримані квадратичні рівняння регресії, які дозволяють адекватно описати залежності значень величин міцності  $R_b^{ob}$ , водостійкості  $K_p$ , середньої щільності  $\rho_m$  від основних рецептурно-технологічних факторів:  $x_1$  – кількості в'язучого  $m$ ;  $x_2$  – вологості прес-суміші  $W$ ;  $x_3$  – тиску пресування  $P$ .

Для функції відгуку  $R_b^{ob}$  рівняння регресії згідно проведеного багатофакторного експерименту для кодованих значень має вигляд

$$R_b^{ob} = 263,27 + 22,96x_1 + 2,79x_2 + 29,98x_3 - 36,39x_1^2 - 64,68x_2^2 - 31,08x_3^2.$$

Для функції відгуку  $K_p$  рівняння регресії згідно проведеного багатофакторного експерименту для кодованих значень має вигляд

$$K_p = 0,87 + 0,126x_1 - 0,049x_2 + 0,129x_3 - 0,085x_1^2 - 0,0411x_2^2 - 0,101x_3^2.$$

Для функції відгуку  $\rho_m$  рівняння регресії згідно проведеного багатофакторного експерименту для кодованих значень має вигляд

$$\rho_m = 2137,95 + 19,33x_1 - 2,46x_2 + 54,97x_3 - 19,98x_1^2 - 42,96x_2^2 - 25,98x_3^2.$$

Побудовані поверхні відгуків критеріїв оптимізації та їх двомірних перерізів дозволяють встановити залежності значень величин міцності  $R_b^{ob}$ , водостійкості  $K_p$ , середньої щільності  $\rho_m$  від рецептурно-технологічних факторів. Проведена параметрична оптимізація дозволила отримати оптимальні значення параметрів процесу виготовлення дрібноштучних прес-бетонних виробів:  $m = 32,4...33,7$  %;  $W = 6,8...8,044$  %;  $P = 27,48...30,4$  МПа, і максимальні значення критеріїв оптимізації:  $R_b^{ob} = 26,71$  МПа, водостійкості  $K_p = 0,91$ , середньої щільності  $\rho_m = 2183$  кг/м<sup>3</sup>.

Проведені дослідження макроструктури дрібнозернистого карбонатного прес-бетону на основі комплексного золошламового в'язучого. Отримані результати підтвердили можливість застосування золошламокарбонатного прес-бетону для виготовлення дрібноштучних стінових виробів з такими характеристиками: М 250; F-25; W-12,5%;  $\rho_m$ -2050 кг/м<sup>3</sup>;  $K_p$ -0,91. Вироби з такого прес-бетону здатні набирати міцність як при нормальних умовах тверднення, так і при тепловологій обробці.

**П'ятий розділ** присвячено висвітленню практичної реалізації результатів досліджень. Обґрунтовано вибір і удосконалено ресурсозберігаючу технологію виробництва карбонатних стінових матеріалів на механохімічно активованому золошламовому в'язучому з використанням відходів каменерізання карбонатних гірських порід. Технологічний процес виготовлення пресованих стінових блоків розроблено з прив'язкою до технологічних ліній існуючих цегельних заводів напівсухого пресування. Виготовлення цегли по розробленій технології можливе не лише на спеціалізованому підприємстві, але й локально, поблизу існуючих ТЕС, з використанням мінімальної кількості виробничих площ, використанням тепла газів, які викидаються в атмосферу. Це дозволить знизити собівартість виробництва, в певній мірі вирішити питання задоволення потреб сільського і промислового будівництва, а використання максимальної кількості відходів дозволить звільнити значні площі, зайняті під відвали.

У виробничих умовах випущено дослідно-промислову партію карбонатної лицьової цегли на модифікованому золоцементному в'язучому. Результати досліджень фізико-механічних властивостей суцільної та пустотілої цегли з карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, зведені в табл. 3.

Таблиця 3

## Фізико-механічні властивості цегли з карбонатного бетону

Показники	Суцільна цегла	Пустотіла цегла
Марка цегли, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	250 (25,0)	175
Морозостійкість, циклів	25	25
Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	1980	1620
Водопоглинання, %	12,4	14,2
Водостійкість	0,91	0,84
Теплопровідність, Вт/(м·К)	1,03	0,86
Маса цеглини, кг	3,86	3,156

Завдяки наявності в складі розробленого бетону оксидів заліза вироби мають привабливий колір, за кольоровою гамою подібні до глиняної цегли.

Випробувані зразки суцільної та пустотілої цегли з карбонатного бетону на



золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-7-94.

У результаті випуску дослідно-промислової партії лицьової цегли на основі дрібнозернистих карбонатних прес-бетонів з використанням комплексного золошламового в'язучого економічний ефект складає 71,12 грн. на 1 тис. штук цегли. Розрахунковий економічний ефект при потужності підприємства 4,311 млн. штук умовної цегли в рік за рахунок виробництва цегли складає 177 тис. грн. за рік, а прибуток від скорочення економічного збитку, що наноситься навколишньому середовищу – 129,5 тис. грн. Загальний розрахунковий економічний ефект від впровадження результатів дисертаційних досліджень складає близько 306,60 тис. грн. за рік.

## ВИСНОВКИ

1. Здійснено класифікацію, аналіз утворення і використання техногенних відходів промисловості (золи-винесення, бокситового шламу та карбонатних відходів) у виробництві в'язучих та бетонів. Вивчено фізико-хімічні закономірності отримання малоклінкерних золоцементних в'язучих.
2. Обґрунтовано вибір сировинних матеріалів та вивчені їхні властивості з метою отримання комплексного в'язучого. Розроблено методологію досліджень, що включає загальну блок-схему досліджень карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, та методику визначення оптимальних параметрів пресування у залежності від фізико-механічних властивостей прес-суміші.
3. Виявлено основні закономірності впливу механохімічної активації золи-винесення лужною алюмоферитною добавкою. Доведено комплексний вплив бокситового шламу на фізико-механічні властивості золошламового в'язучого та визначені мінімальні витрати ПЦ І-400, – в межах 10 % від маси золошламового в'язучого, – які забезпечують нормовану морозостійкість та водостійкість.
4. Досліджено за допомогою рентгеноструктурного та диференційно-термічного аналізу мінерально-фазовий склад новоутворень золошламового в'язучого. Встановлено, що введення бокситового шламу в золоцементне в'язуче суттєво впливає на зміну мінерально-фазового складу новоутворень золоцементного каменю. Оксиди заліза –  $Fe_2O_3$  та алюмінію  $Al_2O_3$ , які містяться в червоному бокситовому шламі, є прискорювачами утворення гідросилікатів кальцію. При наявності  $Fe_2O_3$  в складі цементної зв'язки утворюються алюмозалізовміщувальні гідрогранати, залізовміщувальні гідросилікати кальцію та гідроферити кальцію, які підвищують фізико-механічні властивості в'язучого.
5. Визначено оптимальний склад компонентів золоцементного в'язучого, модифікованого лужною алюмоферитною добавкою: витрати золи-винесення складають 52,6 %, червоного шламу 37,4 % та портландцементу 10 %. Доведено,

що золоцементні в'язучі, модифіковані лужною алюмоферитною добавкою, придатні для використання в будівництві, а фізико-механічні властивості отриманого матеріалу відповідають ДСТУ Б. В.2.7-22-95.

6. Встановлено залежність значень величин міцності  $R_b^{ob}$ , водостійкості  $K_p$  та середньої щільності  $\rho_m$  від основних технологічних параметрів: кількості в'язучого  $m$ ; вологості прес-суміші  $W$ ; тиску пресування  $P$ . Визначені оптимальні значення параметрів процесу виготовлення дрібноштучних прес-бетонних виробів:  $m = 32,4...33,7 \%$ ;  $W = 6,8...8,044 \%$ ;  $P = 27,48...30,4$  МПа, і максимальні значення критеріїв оптимізації:  $R_b^{ob} = 29,81$  МПа, водостійкості  $K_p = 0,937$ , середньої щільності  $\rho_m = 2183$  кг/м<sup>3</sup>.
7. Апробовано методика визначення оптимальних параметрів пресування підтвердила її достовірність, а оперативність та менша матеріаломісткість надають їй переваги у порівнянні з традиційними методиками. Удосконалена ресурсозберігаюча технологія виготовлення дрібнозернистих прес-бетонів на основі відходів каменерізання карбонатних порід та комплексного золошламового в'язучого.
8. Отримані результати підтвердили можливість застосування золошламо-карбонатного прес-бетону для виготовлення дрібноштучних стінових виробів з характеристиками: М-250; F-25; W-12,5 %;  $\rho_m$ -2050 кг/м<sup>3</sup>;  $K_{кр}$ -0,91, що задовольняє вимоги ДСТУ Б В.2.7-7-94.
9. Здійснено випуск дослідно-промислової партії лицьової цегли на основі дрібнозернистих карбонатних прес-бетонів з використанням модифікованого в'язучого. Економічний ефект складає 71,12 грн. на 1 тис. штук цегли. Дослідне впровадження результатів роботи підтвердило достовірність отриманих результатів, обґрунтованість висновків та рекомендацій. Розрахунковий економічний ефект: при потужності підприємства 4,311 млн. штук умовної цегли в рік прибуток за рахунок виробництва цегли складає 177 тис. грн. за рік, а прибуток від скорочення економічного збитку, що наноситься навколишньому середовищу – 129,5 тис. грн. Загальний розрахунковий економічний ефект від впровадження результатів дисертаційних досліджень складає близько 306,60 тис. грн. за рік.

#### **Основні положення дисертації викладено у працях:**

1. Ковальський В.П. Застосування червоного бокситового шламу у виробництві будівельних матеріалів // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2005. – № 1 (49). – С. 55-60.
2. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Дрібноштучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 1. – С. 16-21.

3. Друкований М.Ф., Очеретний В.П., Ковальський В.П. Комплексне золотшамове в'язуче // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2006. – Вип. 21. – С. 94-100.
4. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Машницький М.П. Активація компонентів цементнозольних композицій лужними відходами глиноземного виробництва // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 4. – С. 5-19.
5. Пат. 13518 Україна, МПК С 04 В28/00. Суміш для виготовлення будівельних виробів. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Заявл. 21.06.2005; Опубл. 17.04.2006. Бюл. №4. – 6 с.
6. Друкований М.Ф., Очеретний В.П., Ковальський В.П., Чепурченко В.П. В'язуче з відходів для дорожнього будівництва // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – С. 50-54.
7. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Определение факторного пространства для построения математической модели карбонатного пресс-бетона // Материалы к 43-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов “Моделирование и оптимизация в материаловедении”, МОК'43. – Одесса: Астропринт, 2004. – С. 149.
8. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта 2005”. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – Том 55. – С. 31-32.
9. Ковальський В.П. Оптимизация состава карбонатного бетона // Материалы к 44-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов “Моделирование и оптимизация в материаловедении”, МОК'44. – Одесса: Астропринт, 2005. – С. 134.
10. Очеретний В.П., Ковальський В.П. Використання відходів промисловості при виготовленні оздоблювальних матеріалів // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – С. 169-177.
11. Очеретний В.П., Ковальський В.П., Машницький М.П. Комплексна активна мінеральна добавка на основі відходів промисловості //Сборник научных трудов по материалам IV международной научно-практической Интернет-конференции „Состояние современной строительной науки – 2006”.– Полтава: Полтавский ЦНТЭИ, 2006. – С. 116-121.

### АНОТАЦІЯ

Ковальський В.П. Карбонатний бетон на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби. – Вінницький національ-

ний технічний університет Міністерства освіти і науки України, Вінниця – 2007.

В дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість отримання стінового матеріалу з карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, шляхом встановлення закономірностей впливу механохімічної дії на активацію золи-винесення, формування структури і властивостей в'язучого та карбонатних бетонів на його основі.

Встановлено, що сумісна механохімічна активація портландцементу, золи-винесення і червоного бокситового шламу, узятих у співвідношенні 1:5,84:4,16 дозволяє за рахунок інтенсифікації фізико-хімічних процесів при гідратації отримати модифіковане в'язуче активністю 10,0-10,4 МПа. На основі модифікованого комплексного в'язучого і карбонатних відходів каменерізання методом пресування, за рахунок оптимізації технологічних параметрів, одержано стіновий будівельний матеріал з межею міцності при стиску 25 МПа.

Удосконалено і впроваджено у виробництво технологію виготовлення шламосолокарбонатної лицьової цегли М 250, що задовольняє вимогам ДСТУ Б В.2.7-7-94. У результаті випуску дослідно-промислової партії лицьової цегли на основі дрібнозернистих карбонатних прес-бетонів з використанням модифікованого в'язучого економічний ефект складає 71,12 грн. на 1 тис. штук цегли. Розрахунковий економічний ефект: при потужності підприємства 4,311 млн. штук. умовної цегли в рік прибуток за рахунок виробництва цегли складає 177 тис. грн. за рік, а прибуток від скорочення економічного збитку, що наноситься навколишньому середовищу – 129,5 тис. грн. Загальний розрахунковий економічний ефект від впровадження результатів дисертаційних досліджень складає близько 306,60 тис. грн. за рік.

Ключові слова: механохімічна активація, фізико-хімічні властивості, зола-винесення, бокситовий (червоний) шлам, карбонатні відходи, золошламове в'язуче, шламосолокарбонатна лицьова цегла.

### АННОТАЦІЯ

Ковальский В. П. Карбонатный бетон на золоцементном вяжущем, модифицированном щелочной алюмоферритной добавкой. – Рукопись.

Диссертация на соискание учной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Винницкий национальный технический университет, Винница – 2007.

Диссертация посвящена теоретическому обоснованию и экспериментальному подтверждению возможности получения шламосолокарбонатного бетона на модифицированном алюмоферритной добавкой золоцементном вяжущем путем установления закономерностей влияния интенсивного механохимического

воздействия на его активацию, формирование структуры и свойств. Предложен способ производства стеновых мелкоштучных строительных материалов из техногенных отходов промышленности.

Исследовали бокситовый шлак в качестве активной щелочной алюмо-ферритной добавкой с комплексным характером воздействия на золоцементное вяжущее. Путём экспериментальных исследований изучено влияние бокситового шлама на среднюю плотность, начало и конец схватывания, водостойкость и прочность золошламового вяжущего. Результаты показывают, что с добавлением в золоцементное вяжущее до 40 % шлама его средняя плотность увеличивается на 15 %, водостойкость на 24 % и прочность на 58 % в сравнении с результатами испытаний вяжущего без бокситового шлама. В результате проведенных испытаний также подтвердились пластифицирующие свойства бокситового шлама.

Рентгеноструктурным и дифференциально-термическим анализом установлено, что добавка бокситового шлама в золоцементную смесь существенно влияет на изменение минерально-фазового состава новообразований в золоцементном камне.

С помощью пакета прикладных программ MathCAD была проведена оптимизация значений величины прочности  $R_{ct}$  путем её максимизации. Определены следующие оптимальные значения состава активной минеральной добавки: зола-вынос – 52,6 %, красный шлак – 37,4 %.

Установлено, что совместная механохимическая активация портландцемента, золы-вынос и красного бокситового шлама, взятых в соотношении 1:5,84:4,16, способствует интенсификации физико-химических процессов при гидратации золошламового вяжущего. Активность комплексного золошламового вяжущего составляет 10,0-10,4 МПа.

Изучив свойства данного вяжущего, установили, что золошламовые композиционные вяжущие отвечают требованиям ДСТУ Б. В.2.7-22-95 и пригодны для использования в строительстве. В частности в приготовления лёгких бетонов для возведения самонесущих ограждающих конструкций. Они на 90-95 % состоят из отходов промышленности и имеют низкую стоимость. При этом использования предложенной технологии параллельно решает экологические проблемы охраны окружающей среды.

На основе разработанного комплексного золошламового вяжущего и карбонатных отходов методом прессования получен стеновой строительный материал с пределом прочности при сжатии  $R_{ct} = 25$  МПа, удовлетворяющий требованиям ДСТУ Б В.2.7-7-94. Разработанная и внедрена в производство технология изготовления шламозолокарбонатного лицевого кирпича М 250 с использованием комплексного механохимически активированного золошламового вяжущего и карбонатных отходов.

Расчетный экономический эффект от производства лицевого кирпича заводом мощностью 4,311 млн. штук условного кирпича в год, на основе карбонатных отходов и комплексного механохимически активированного золошламового вяжущего, составляет 306,60 тис. грн. в год, сокращаются экономические убытки, которые наносятся окружающей среде на сумму 129,5 тыс. грн.

Ключевые слова: механохимическая активация, физико-химические свойства, зола-вынос, бокситовый (красный) шлам, карбонатные отходы, золошламовое вяжущее, шламосолокарбонатный облицовочный кирпич.

### ANNOTATION

Kovalskiy V.P. Carbon concrete on ash cement binder, modified alkali alumina ferrite aggregate. – A manuscript.

The dissertation on obtaining the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.23.05 – building materials and products.- Vinnytsia National Technical University of Ministry of education and science of Ukraine, Vinnytsia – 2007.

The dissertation theoretically and experimentally proves the possibility of obtaining the wall material from carbon concrete on ash cement binder modified by alkali alumina ferrite aggregate. By means of finding the consequences of intense mechanic chemical influence on complex binder activation, forming the structure and properties of binder and carbon concrete on its base.

It has been estimated that composite mechanical chemical activation of Portland cement, adding ash and red bauxite slag taken in proportions 1:5,84:4,16 allows to obtain modified complex binder with activity 10,0-10,4 MPa due to intensifying physical chemical processes while hydrating. On the base of modified complex binder and carbon by products stoning by pressing, with optimized technological parameters, the new wall material with durability measure 25 MPa by pressing was obtained.

The technology of producing slag ash carbon front brick M 250 was worked out and introduced into production, which meets the requirements of State Regulations B.2.7-7-94. As the result of producing experimental industrial portions of front brick on the base of fine cell carbon press concrete using the modified binder economical effect is 71,12 grn. per 1 thousand bricks. The calculated economical effect with the capacity 4,311 million bricks per year the income of the production is 177 thousand hrn. per year, and the income due to reducing harm to the environment – 129,5 thousand hrn. The overall calculated economical effect of implementing the dissertation is approximately 306,60 thousand hrn per year.

Key words: mechanic chemical activation, physic chemical properties, fly ash, bauxite (red) slag, carbon by- products, ash slag binder, slag ash carbon front brick.

Підписано до друку 16.03.2007 р. Формат 60×84 1/16

Наклад 100 прим. Зам. № 2007-036

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59