

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**ШЕПТУН СЕРГІЙ ЮРІЙОВИЧ**



УДК 666.972.16

СУХІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ТА  
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ДЛЯ НАЛИВНИХ ПІДЛОГ ПІДВИЩЕНОЇ ЗНО-  
СОСТІЙКОСТІ

05.23.05 – будівельні матеріали і вироби

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Казімагомедов Ібрагім Емірчубанович,**  
Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри будівельних матеріалів і виробів

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Плугін Дмитро Артурович,**  
Український державний університет залізничного транспорту, професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

кандидат технічних наук  
**Беліченко Олена Анатоліївна,**  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, старший науковий співробітник кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів

Захист відбудеться 5 квітня 2018 року о 15 годині. На засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7 та на сайті <http://kart.edu.ua>.

Автореферат розісланий 3 березня 2018 р.

Учений секретар спеціалізованої  
вченої ради



О. В. Лобяк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** В даний час сухі будівельні суміші відіграють велику роль у розвитку світового ринку будівельних матеріалів. Сухі суміші відрізняє стабільність властивостей, їх застосування сприяє підвищенню якості будівельних робіт. Ці показники вигідно відрізняють сухі суміші від традиційних розчинів, що застосовуються в будівництві.

В Україні працюють підприємства, що виробляють сухі суміші різного призначення. При цьому найбільший обсяг виробництва припадає на сухі будівельні суміші на основі портландцементу марок 400 і 500, що призводить до перевитрати в'язучого, а в поєднанні з дорогими хімічними добавками імпортного виробництва, до істотного їх подорожчання. Разом з тим сировинна база більшості регіонів країни має достатні запаси місцевих матеріалів і техногенних продуктів для організації виробництва сухих сумішей. Використання мінеральних наповнювачів в якості самостійної складової розчинної суміші є одним з істотних резервів підвищення економічності цементних композицій і поліпшення їх будівельно-технічних властивостей. У зв'язку з викладеним, актуальною є проблема поліпшення властивостей сухих сумішей для покриття підлог на основі шламу від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ.

**Зв'язок з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконана в Харківському національному університеті будівництва і архітектури на кафедрі будівельних матеріалів і виробів відповідно до програми науково-дослідної роботи «Використання вторинних сировинних ресурсів промисловості для виробництва будівельних виробів» (№ державної реєстрації 0114U007391).

**Мета і завдання досліджень.** Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження використання шламу від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію (шлам МГВФ), керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ для підвищення фізико-механічних властивостей сухих будівельних сумішей для наливних підлог.

Для досягнення зазначеної мети **поставлено наступні основні задачі**

– виконати аналіз існуючих даних та теоретично обґрунтувати можливість підвищення експлуатаційних характеристик розчинів на основі сухих будівельних сумішей для влаштування наливних підлог за допомогою шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ;

– розвинути існуючі теоретичні уявлення про процеси гідратації та структуроутворення в цементних розчинах у присутності шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ;

– виконати комплексні лабораторні дослідження з метою перевірки нових теоретичних уявлень та розробки високоефективних модифікованих сухих будівельних сумішей для наливних підлог;

– виконати дослідно-промислові дослідження та впровадити нові матеріали й технології з виробництва сухих будівельних сумішей та наливних підлог на їх основі.

**Об'єкт дослідження** – суха будівельна суміш, модифікована активними мінеральними та комплексними хімічними добавками, що використовується для наливних підлог.

**Предмет дослідження** – властивості, взаємодії, механізми та процеси при отриманні та використанні модифікованих сухих будівельних сумішей для наливних підлог.

**Методи дослідження.** Дослідження виконувалися з використанням математичного планування експериментів. Для дослідження фазового складу та мікроструктури матеріалів застосовувалися методи фізико-хімічного аналізу: рентгенофазовий (дифрактометр ДРОН-1,5) і диференційно-термічний (дериватограф Q-1000D) аналізи, інфрачервона спектроскопія (ІК-спектрофотометри ІКС-29 (ЛОМО) і UR-20 (Zeiss)), мікроскопія (скануючий електронний мікроскоп JSM-6390LV (Jeol)). Дослідження фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів проводилися за стандартними методиками.

**Достовірність та обґрунтованість одержаних результатів** досягнута шляхом застосування надійних і узгоджених методів експериментальних, теоретичних досліджень і експлуатаційних випробувань – стандартних фізико-хімічних і фізико-механічних методів.

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

*вперше:*

– запропоновано схему формування структури будівельного розчину у присутності мінеральних добавок з урахуванням електроповерхневого заряду частинок, на основі якої розвинуто теоретичні уявлення про процеси гідратації та структуроутворення в цементних розчинах у присутності шламу МГВФ і керамзитового пилу, відповідно до яких завдяки різниці в розмірах та електроповерхневих зарядах досягається високий ступінь упаковки частинок піску, керамзитового пилу та цементного гелю з негативним електроповерхневим потенціалом і шламу МГВФ та кристалогідратами з позитивним електроповерхневим потенціалом.

– експериментально визначено, що шлам МГВФ з віком змінює знак електроповерхневого заряду з нейтрального на позитивний, що підвищує ефективність його застосування за умови перебування в шлам-басейнах більше 25 років.

*Отримали подальший розвиток:*

– отримані математичні моделі, які описують вплив вмісту мінеральних добавок на фізико-механічні властивості розчинів, які одержані на основі сухих сумішей;

– методом рентгенофазового аналізу встановлено, що введення шламу МГВФ і керамзитового пилу призводить до підвищення ступеня гідратації клінкерних мінералів, збільшення кількості гідратованих силікатів типу CSH, прискорення процесу перетворення еtringіту в моносульфат, а також утворення гідрогранату;

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

– розроблено ефективні склади сухих будівельних сумішей на основі цементного в'язучого, модифіковані активними мінеральними та комплексними хімічними добавками; встановлено раціональну кількість в сухій будівельній суміші добавок у вигляді шламу МГВФ в кількості 15% і керамзитового пилу – 5-10%, що забезпечує підвищення міцності при стисненні на 60%, при вигині на 85%, зчеплення з поверхнею бетону на 55%.

- підвищується екологічна і економічна ефективність як промислового виробництва, так і будівництва за рахунок зменшення обсягів техногенних відходів і здешевлення сировинної бази для виробництва сухих сумішей;
- розроблена технологічна схема виробництва сухої будівельної суміші з додаванням дрібнодисперсних мінеральних добавок;
- виготовлена дослідно-промислова партія сухої будівельної суміші на виробничих потужностях компанії ТОВ «Виа-Телос» в м. Харкові та влаштована наливна підлога на її основі.

**Особистий внесок здобувача** полягає у вивченні стану проблеми застосування дрібнодисперсних матеріалів в складі сухих розчинних сумішей, цементних розчинах і бетонах. Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи отримані автором самостійно.

Особистий внесок здобувача в наукові роботи, опубліковані в співавторстві, полягає в:

- аналізі раніше проведених досліджень властивостей сухих будівельних сумішей на цементному в'язучому з додаванням мікронаповнювачів і ефективності їх використання [1,2];
- проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та їх аналітичне обґрунтування; теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження ефективності використання шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ; дослідження впливу терміну зберігання шламу МГВФ на характеристики міцності цементної суміші [3-6,15].

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на науково-технічних конференціях: Наука молодих - інтелектуальний потенціал XXI століття: Теорія і практика підвищення ефективності будівельних матеріалів: IX Міжнародна конференція молодих вчених (м. Пенза: ПГУАС, 11 квітня 2014 року); 69-та науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва і архітектури (м. Харків, 18-20 лютого 2014 р); Збірник доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і дослідників "Пріоритетні напрямки науки і техніки" (м Пенза: ПГУАС, 16 листопада 2014 року); 5-та Міжнародна науково-технічна конференція по будівельним матеріалам, конструкціям і спорудженням "Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті" (м. Харків, 23-24 квітня 2015 р); VII міжнародна наукова конференція "Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд" (м. Харків, 20-21 жовтня 2015 р.); Міжнародна науково-практична конференція "Ефективні технологічні рішення в будівництві з використанням бетонів нового покоління" (м. Харків, 28-29 жовтня 2015 р); 71-а науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва і архітектури (м Харків, 15-17 березня 2016 р); 72-а науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва і архітектури (м Харків, 14-17 березня 2017 р).

**Публікації.** Основні наукові положення дисертації опубліковані в 15 друкованих роботах, з них: 5 - статті в збірниках і виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, з них 3 - статті у збірниках, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 1 патент України на винахід і 9 - робіт апробаційної характеру.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4-х додатків. Загальний обсяг становить 160 сторінок. Дисертація містить 44 рисунків, 25 таблиць. Список використаних джерел складається з 135 найменувань на 15-ти сторінках і 4-х додатків на 12-ти сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито актуальність роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, наведено дані щодо апробації та публікацій.

В **першому розділі** систематизовано данні літературного огляду за тематикою досліджень. Подані основні відомості по технології виробництва і властивості сухих будівельних сумішей. Представлена класифікація існуючих будівельних сумішей і технологічні вимоги до них. Визначені цілі і задачі дослідження.

Свій вклад у розвиток сухих будівельних сумішей внесли вчені: Т. К. Акчурін, Н. Р. Антонюк, Б. М. Аубакірова, О. А. Бобришев, А. І. Бондаренко, І. В. Букін, А. В. Герасимов, Г. О. Гершман, А. М. Дамінова, Л. Й. Дворкін, С. В. Дружинкін, А. В. Касаткіна, Е. Б. Мадорський, М. С. Макаревич, О. І. Матвієнко, С. В. Машковська, Ю. А. Несведов, В. І. Перцовський, В. В. Піпа, Т. І. Піщева, А. А. Пługін, О. А. Попов, І. Н. Риженко, Р. Ф. Рунова, Л. В. Саламаха, М. А. Смирнов, Ю. Н. Темніков, В. С. Терліга, І. В. Чорна та ін.

В попередніх дослідженнях вивчався вплив додавання до складу сухої суміші пластифікаторів, полімерних волокон та добавок полімерного походження, редиспергованих полімерних порошків, дрібнодисперсних матеріалів. Вивчався ефект від регулювання процесів гідратації в'язучого, оптимізації гранулометричного складу суміші, часу активації компонентів.

Аналіз патентної і науково-технічної літератури показав, що в сучасних економічних умовах набуває першорядного значення економне використання сировинних і паливо-енергетичних ресурсів. Одним з найважливіших факторів економії є широке залучення в оборот вторинних ресурсів, що мають високу хімічну активність, які не тільки замінюють сировину але і інтенсифікують технічні процеси. Використання у виробництві сухих будівельних сумішей відходів різних галузей промисловості забезпечує зниження витрат на їх утилізацію. Попереджає забруднення навколишнього середовища і зменшує необхідність у відведенні значних територій для накопичувачів, складів і відвалів. Таким чином використання відходів виробництва в складах сухих будівельних сумішей лишається актуальною задачею.

У **другому розділі** наведено матеріали, що використовуються в роботі, та їх основні характеристики. Наведено методи досліджень, використані в роботі. Для дослідження фазового складу та мікроструктури матеріалів застосовувалися методи фізико-хімічного аналізу: Рентгенофазовий (дифрактометр ДРОН-1,5) і диференційно-термічний (дериватограф Q-1000D) аналізи, інфрачервона спектроскопія (ІК-спектрофотометри ІКС-29 (ЛОМО) і UR-20 (Zeiss)), мікроскопія (скануючий електронний мікроскоп JSM-6390LV (Jeol)). Електроповерхневі властивості дисперсних компонентів досліджувались за допомогою приладу «Розряд». Дослідження фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів проводилися за стандартними методиками. Усі методики прийняті і діючі на території України.

Для ефективної реалізації дослідів використовувався метод математико-статистичного моделювання. Варійовані фактори при плануванні експерименту вибирали таким чином, щоб отримані рівняння регресії могли характеризувати склади досліджуваних розчинів і забезпечувати їхнє проектування.

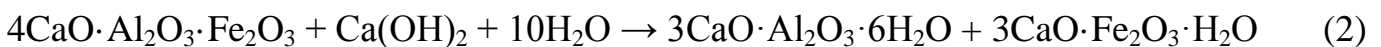
У **третьому розділі** виконано аналіз впливу хімічної природи наповнювачів на процеси гідратації і міцність цементного каменю, пояснено природу взаємодії портландцементу зі шламом МГВФ, керамзитовим пилом і шламом водопом'якшення Харківської ТЕЦ – 5.

Наявність домішок оксиду магнію і оксиду алюмінію у хімічному складі шламу МГВФ і керамзитового пилу призводить до часткового заміщення у розчині силікатних груп аліту і особливо беліту за наступним механізмом реакції:



Енергія активації даного комплексу нижче ніж у аліта, що спрощує перехід до утворення нанодисперсного шару тобермориту  $5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 5H_2O$  в результаті чого зростає міцність системи в початковий період схоплювання.

Присутність значної кількості  $Fe_2O_3$  дозволяє на початковій стадії процесу утворювати чотирикальцієвий алюмоферит, який при взаємодії з гашеним вапном в рідкій фазі утворює комплекси за наступною схемою:



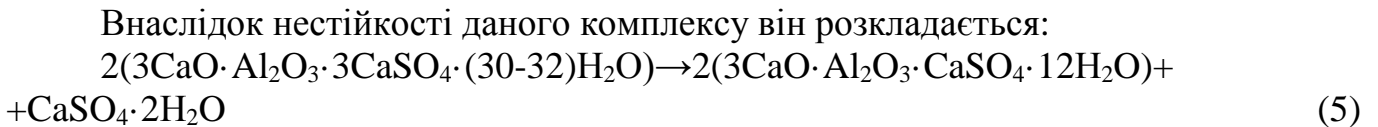
Даний процес також призводить до зв'язування вапна що підвищує міцність цементного каменю.

Наявність у складі керамзитового пилу оксиду сірки VI призводить до утворення природного гіпсу:



У свою чергу  $CaSO_4$  взаємодіє з трикальцієвим алюмінатом за схемою:





Що призводить до зниження частки цементного клінкеру, який не приймає участі в реакції, і зменшенню кількості вільної води, в результаті чого знижується кількість пір у цементному камені і як наслідок збільшується міцність.

Шлам водопом'якшення ТЕЦ дозволяє підвищити механічну міцність цементного каменю виключно за рахунок слабких Ван-дер-Вальсових взаємодій і створення міцної кристалічної гексаedr подібної структури.

Значний вплив на міцність цементного каменю має не тільки хімічний склад компонентів, але і заряд частинок. Електроповерхневі властивості шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ досліджувалися в електростатичному полі високої напруги на приладі «Розряд».

За результатами досліджень шлам МГВФ, відібраний одразу після виробництва, після п'яти років у шламонакопичувачі і шлам водопом'якшення ТЕЦ мають переважно електронейтральний заряд. Шлам МГВФ після 25-ти років зберігання в шламонакопичувачі має переважно позитивний заряд. Керамзитовий пил заряджений переважно негативно. Модель структури і структурних елементів цементного каменю представлено на рисунку 1.

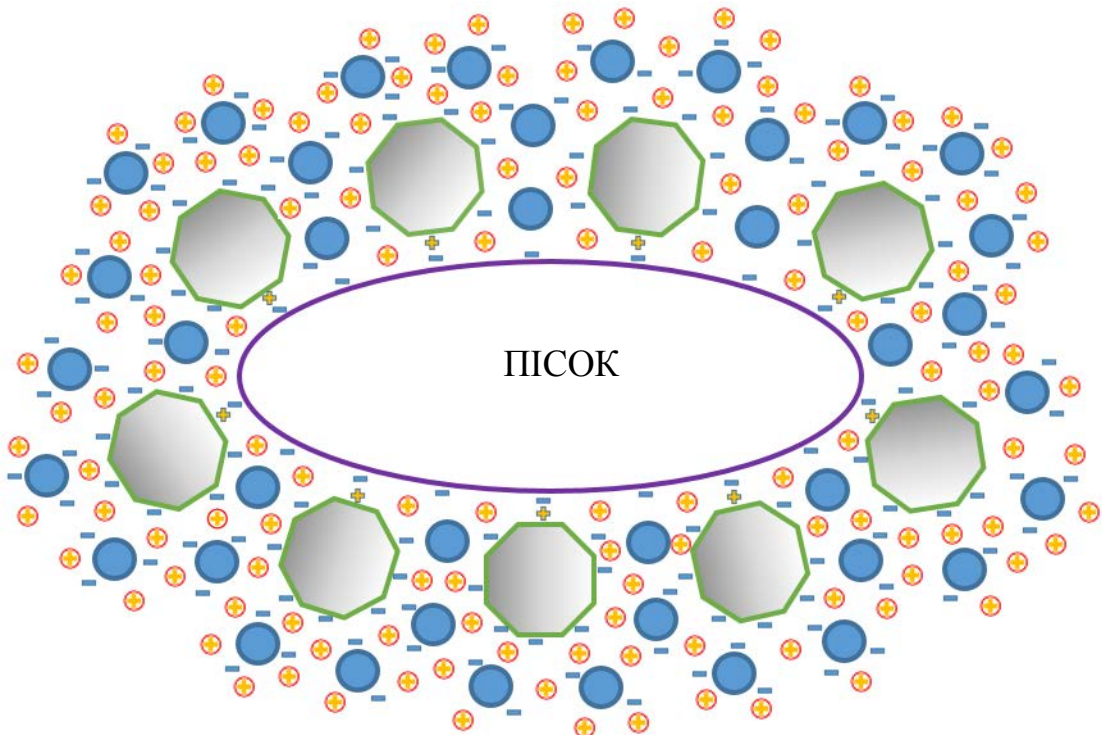






Рисунок 1 – Структура цементного розчину з урахуванням електроповерхневого заряду частинок. Умовні позначення:  - частка піску;  - частка цементу;  - частка керамзитового пилу;  - частка шламу МГВФ



Залежно від свого електроповерхневого заряду частинки притягуються і створюють обмежений простір між собою. Негативно заряджена частинка піску притягує до себе позитивно заряджену сторону частки цементу. До негативно зарядженої сторони частки цементу притягуються значно менші за розміром позитивно заряджені частинки шламу МГВФ. У свою чергу негативно заряджена частинка керамзитового пилу притягається до позитивно заряджених частинок шламу МГВФ. Таким чином, завдяки різниці в розмірах досягається високий ступінь упаковки частинок розчину, що сприяє підвищенню його однорідності і міцності.

У **четвертому розділі** наведені основні характеристики пропонованих сухих будівельних сумішей для наливних підлог. Розроблені склади являють собою готові для використання сухі суміші, які в результаті додавання до них води утворюють будівельний розчин, не схильний до розшарування.

В складі сухих сумішей кількість цементу, піску, пластифікатору, модифікованої целюлози, редиспергованого сополімерного порошку залишалась сталою. Шлам МГВФ додавався у кількості 15% від цементу. Шлам водопом'якшення ТЕЦ і керамзитовий пил додавались окремо у кількості 5-10% від цементу. Досліджувались п'ять складів з добавками і один без них. Результати випробувань вказані в таблиці 1.

Таблиця 1

## Основні характеристики сухих будівельних сумішей

Властивості	Суміш без добавок	Суміш з додаванням шламу МГВФ	Суміш з додаванням МГВФ і шламу ТЕЦ (5%)	Суміш з додаванням МГВФ і шламу ТЕЦ (10%)	Суміш з додаванням МГВФ і керамзитового пилу (5%)	Суміш з додаванням шламу МГВФ і керамзитового пилу (10%)
№ зразка	1	2	3	4	5	6
Рухомість (см)	25	22	21	20	21	21
Усадка через 4 міс. (мм/м)	0,39	0,34	0,35	0,35	0,31	0,30
Міцність зчеплення з бетонною основою (МПа)	0,9	1,0	1,0	0,9	1,4	1,3
Границя міцності на стиск (МПа) - через три доби - через 28 діб	6,8 11,8	8,0 15,5	10,0 19,6	10,5 18,0	12,0 20,6	12,0 20,0
Границя міцності на розтяг при вигині (МПа)	6,1	7,6	9,4	10,2	11,3	11,0
Стиранність, (г/см <sup>2</sup> )	0,72	0,59	0,62	0,64	0,5	0,49
Водопоглинання (%)	11,0	7,0	6,9	6,8	6,5	6,1
Морозостійкість (Циклів)	117	>200	>200	>200	>200	>200
Опір ударним навантаженням (Дж/см <sup>3</sup> )	14,15	33,96	19,81	26,42	42,45	33,96

При проведенні експериментів, зразки з вмістом керамзитового пилу у кількості 5% продемонстрували найкращі показники. Зразки з використанням мікронаповнювачів покращили характеристики необхідні для сумішей призначених для наливних підлог у порівнянні зі зразком без них. Слід зауважити, що додавання шламу водопом'якшення ТЕЦ у кількості більше 5% не принесло бажаного ефекту.

Проведено рентгенографічні, термічні, електронно-мікроскопічні дослідження і ІЧ – спектроскопія. Рентгенофазовий аналіз виконаний на рентгенівському дифрактометрі ДРОН 1,5. Використовувалося фільтроване (*Ni* фільтр)  $K_{1,2}$  - випромінювання мідного анода,  $U_{\text{УСК}} = 42 \text{ kV}$ ,  $I_{\text{А}} = 20 \text{ mA}$ . Швидкість руху діаграмної стрічки потенціометра КСП-4 складала 600 мм/год. Рентгенограми представлені на рисунку 2. Рентгенограми зразків цементного каменю з додаванням мікронаповнювачів відрізняються від рентгенограми контрольного зразка величиною інтенсивності відображень  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , гідросилікатів кальцію і не до кінця прореагованих клінкерних мінералів. Так, інтенсивність відображень  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  має тенденцію до збільшення пропорційно до кількості добавок, що містяться в зразках.

Інтенсивність відображення гідросилікатів на рентгенограмах всіх зразків має не яскраво виражений характер і змінюється в незначних межах. Інтенсивність відображення непрореагованого аліту на рентгенограмі Контрольного зразка № 1 трохи вище, ніж на рентгенограмах інших зразків.

Дериватографічний аналіз досліджуваних будівельних сумішей проводився на дериватографі Q-1000D системи Паулік-Ердей (Угорщина). Фіксувалися три криві в процесі нагрівання зразків: Т - крива, яка фіксує зміну температури; TG - крива, яка фіксує зміну маси зразка в процесі нагрівання; ДТА - крива, яка фіксує зміну ентальпії.

Термічні дослідження цементного каменю показали, що для всіх зразків характерні типові термограми цементного каменю нормального твердіння і характеризуються трьома основними ендотермічними ефектами. Перший при 100-200°C викликаний випаровуванням адсорбційної води з гелеподібних продуктів гідратації і кристалізаційної води з гідросульфоалюмінатів кальцію. Другий при 500-525°C викликаний дегідратацією  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Третій при 800-810°C викликаний дисоціацією кальциту ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ). Розділити ефекти, пов'язані з дегідратацією різноманітних гідросульфатів і гідроалюмінатів, не є можливим, оскільки ці ефекти мають приблизно однакову температуру. Термограма зразка з додаванням керамзитового пилу представлена на рисунку 3.

Електронно-мікроскопічні дослідження проводились на скануючому електронному мікроскопі JSM-6390LV (фірма Jeol, Японія). В режимі вторинних електронів проводилось дослідження морфології поверхні розломів зразків. Під час електронно-мікроскопічних досліджень вивчалась поверхня зламу зразків. Дослідження поверхонь зламу для цементного каменю більш об'єктивно відображає особливості структури, оскільки розлом виявляє дефектні ділянки і дозволяє по морфологічних особливостях давати оцінку стосовно структурної досконалості зразка. Фотографії мікроструктури цементного каменю представлені на рисунку 4.

Де:

Кварц (4,25; 3,35; 2,12; 1,976, 1,824;  
1,670; 1,642; 1,542)

Беліт (2,88; 2,45; 2,28; 2,06; 1,976;  
1,824)

Аліт (3,78; 2,78; 2,56; 2,20; 1,637)

Портландит (4,97; 2,63; 1,922;  
1,789)

Кальцит (3,86; 3,03; 2,88; 2,49; 2,08;  
1,922; 1,858)

Ватерит (3,58; 3,30; 2,71; 2,28; 2,06;  
1,976; 1,824)

СаО·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,77; 2,32; 2,13; 1,923)

Тоберморит (11,3; 2,80; 2,07; 1,67)

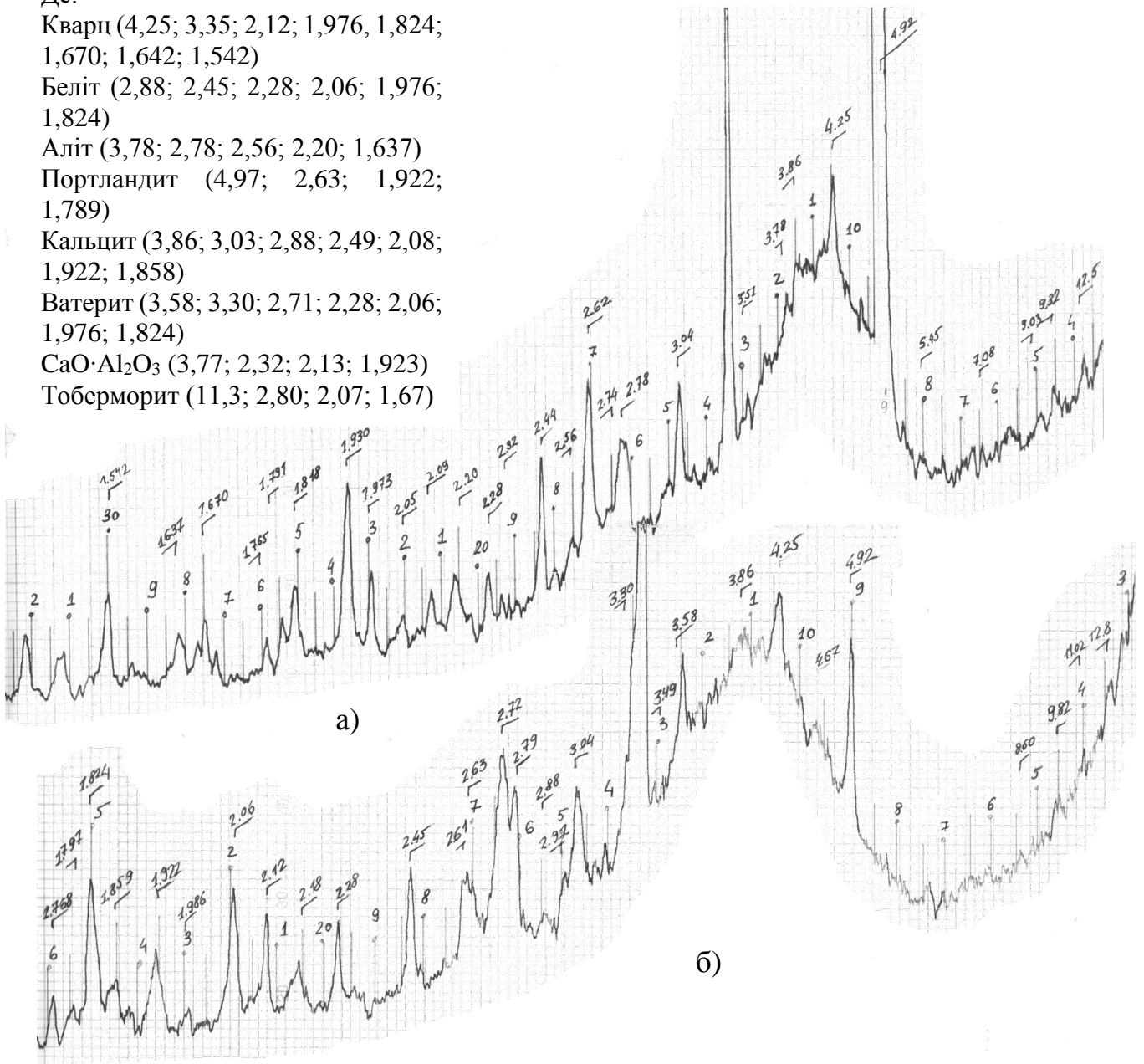


Рисунок 2 – Рентгенограми зразків: а) – контрольного складу № 1; б) – з додаванням 5% керамзитового пилю.

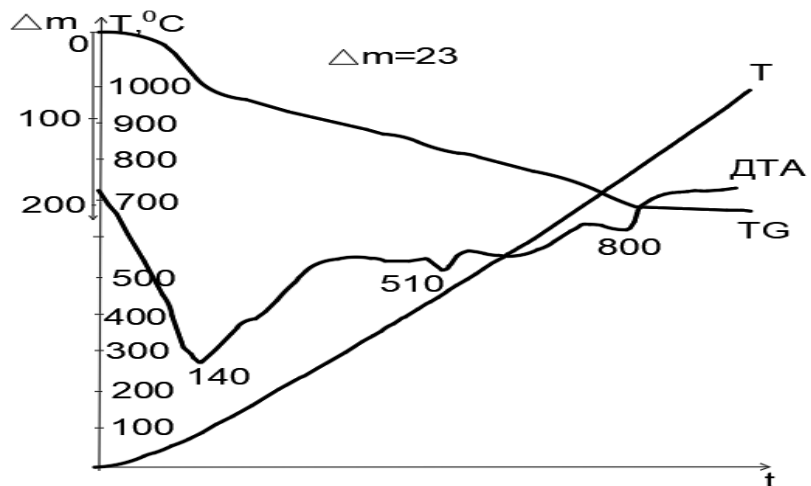


Рисунок 3 – Термограма зразка з додаванням 5% керамзитового пилю

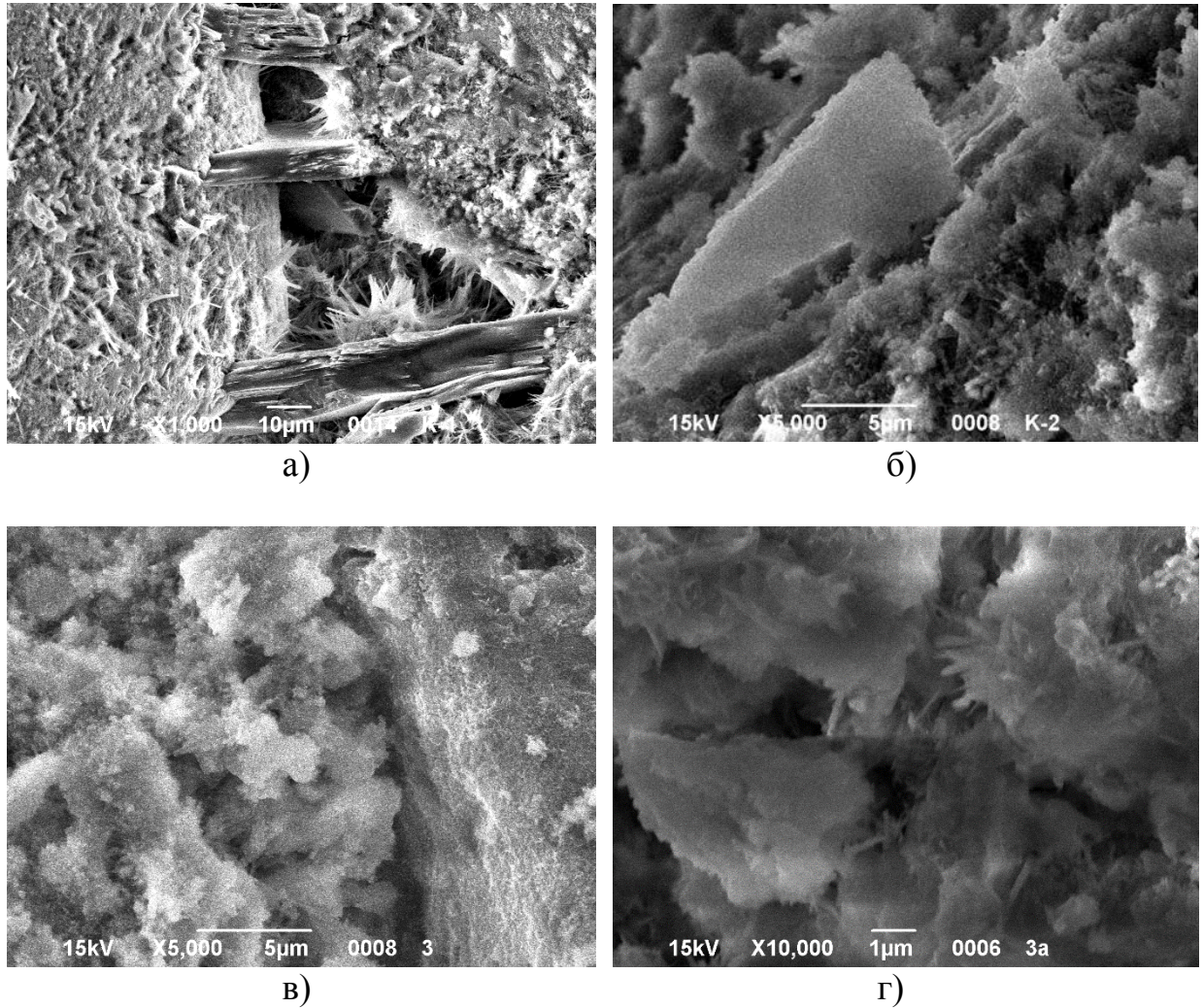


Рисунок 4 – Мікроструктура цементного каменю: а – без добавок; б – з додаванням шламу МГВФ; в - з додаванням МГВФ і шламу водопом'якшення ТЕЦ; з додаванням шламу МГВФ і керамзитового пилу

Зразки всіх шести складів мають практично однаковий фазовий склад з деяким відхиленням в більшу або меншу сторону. Кількісне співвідношення фаз, і коливання в розмірах частинок матриці варіюється в межах 0,1-0,6 мкм в ту чи іншу сторону в порівнянні з першим контрольним зразком, взятим за основу.

Проби складаються із зернин кварцу сумісного зростка  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (портландит) і  $\text{CaCO}_3$  (кальцит), а також залишкових зернин  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ( $\text{C}_3\text{S}$  - аліту) і  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ( $\text{C}_2\text{S}$  - беліту). Зерна  $\text{C}_3\text{S}$  і  $\text{C}_2\text{S}$  щільно оточені матрицею і мають частковий характер розчинення.

Структура цементного каменю через 28 діб нормального твердіння характеризується наявністю як первинних гідратів, так і вторинних новоутворень. До первинних гідратів відносяться волокнисті гідросилікати кальцію і призматичні кристали еtringіту. Розміри кристалів еtringіту знаходяться в межах 1-2 мкм. Вони перепліта-

ються з волокнистими гідросилікатами кальцію і утворюють досить щільну структуру. Контактна зона непрореагованих зернин клінкеру є суцільний шар кристалів еtringіту і волокнистих гідросилікатів кальцію.

Введення 15% від маси цементу шламу МГВФ призвело до різкої зміни структури цементного каменю. Структура каменю з неоднорідної перейшла в однорідну за рахунок утворення дрібнодисперсних волокнистого типу гідросилікатів кальцію, розмір яких в 15-25 разів менше ніж в цементному каміні без добавок. Вміст кристалів  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  не високий, а їх розміри в 3-4 рази менше. Це сталося через те, що вапно при взаємодії з  $\text{SiO}_2$  утворило дрібнодисперсні гідросилікати кальцію.

Найбільш висока щільність цементного каменю спостерігається в третьому зразку з додаванням керамзитового пилу за рахунок утворення дрібнодисперсних гідросилікатів кальцію, які підвищують ступінь ущільнення каменю, в результаті чого зростає його міцність. Кількість  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  знижена в порівнянні з іншими зразками, а розміри кристалів знаходяться на тому ж рівні.

Для реєстрації спектрів поглинання в ІЧ-діапазоні були використані ІК-спектрофотометри ІКС-29 (ЛОМО) і UR-20 (Цейс).

ІЧ-спектр зразка з додаванням керамзитового пилу (Рис. 5) містить весь ряд смуг, відповідних кристалічному кварцу ( $\text{SiO}_2$ ): 465, 515, 695, 780, 800 і 1090  $\text{cm}^{-1}$ . Крім того, в спектрі присутні інтенсивні смуги кальциту ( $\text{CaCO}_3$ ): 475, 880, 1434, 2850 і 2940  $\text{cm}^{-1}$ .

Судячи по положенню і формі смуг поглинання в області 3400 і 1620  $\text{cm}^{-1}$ , можна зробити висновок про те, що в зразку присутня молекулярна вода, характерна для структури водного силікату кальцію (тобермориту). Це підтверджується також наявністю в спектрі двох піків тобермориту: 670 і 1467  $\text{cm}^{-1}$ .

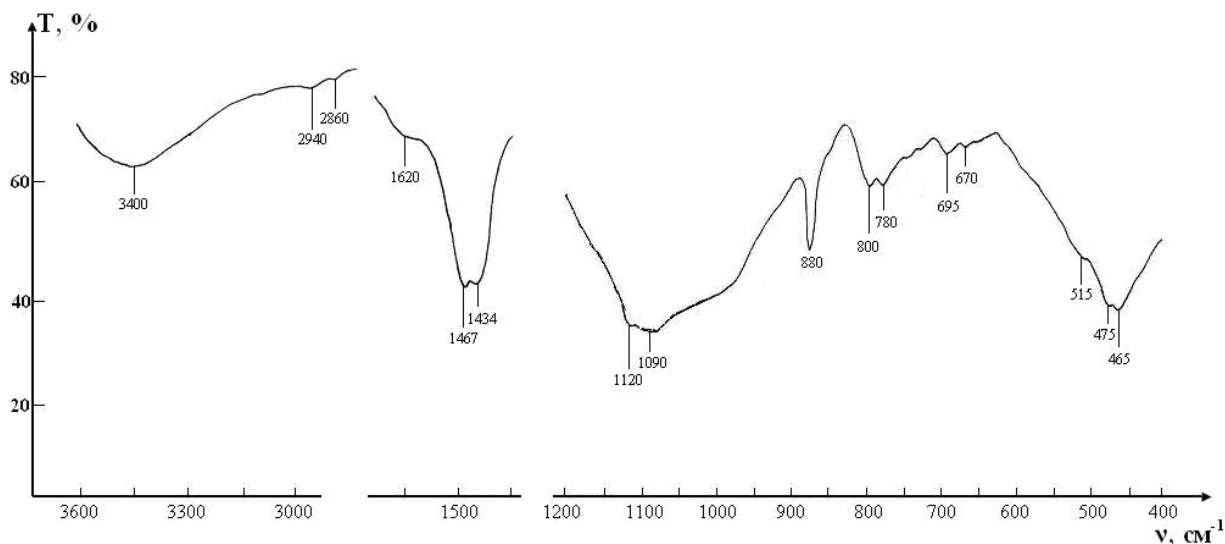


Рисунок 5 – ІЧ-спектр поглинання зразка з додаванням керамзитового пилу

По даним, ІЧ – спектроскопії зразок з вмістом керамзитового пилу складається із наступних фаз: аморфна зв'язуюча маса, кристалічний кварц, кальцит, штучний аналог тобермориту.

Судячи з вигляду ІЧ спектру та інтенсивності основних смуг поглинання, переважними кристалічними мінеральними фазами в зразку є кварц і кальцит.

В п'ятому розділі проведено результати дослідно-промислових випробувань та оцінки техніко-економічної ефективності розробленої сухої суміші і матеріалу на її основі.

Запропонована схема виробництва сухої будівельної суміші складається з декількох етапів (рис. 6).

На першому етапі проводиться змішування цементу і піску протягом 10 хв.

Паралельно з першим, виконується другий етап виробництва. Для приготування комплексної добавки у другий змішувач надходить шлам МГВФ. Шлам МГВФ за допомогою стрічкового живильника надходить в сушильний барабан, де відбувається процес сушки до вологості 8-10%. Висушений шлам елеватором подається в приймальний бункер і потім через дозатор в завантажувальний пристрій млина, що працює в замкнутому циклі з відцентровим сепаратором. Одночасно з помелом проводиться підсушування шламу до вологості 0,5%. З млина шлам за допомогою елеватора надходить в відцентровий сепаратор, в якому відокремлюється наповнювач з тонкістю помелу частинок, що дорівнює 25% по залишку на ситі №008. Частинки, що мають тонкість помелу більше необхідної повертаються аерозолобами на повторний помел, в той час як шлам, що задовольняє вимогам з подрібнення, гвинтовим конвеєром подається в бункер, звідки через дозатор потрапляє в другий змішувач. Одночасно зі шламом в другий змішувач надходять: порошок пластифікатор Melflux, редиспергований сополімерний порошок DA 1200 і ефір целюлози Vermocoll CCA 425. Тривалість процесу складає 5 хв.

На третьому етапі у відповідності з рецептурою в другий змішувач через дозатор додається керамзитовий пил або шлам водопом'якшення ТЕЦ. Перемішування всіх компонентів добавки триває 5 хв.

На четвертому етапі в перший змішувач через дозатор подається комплексна добавка і відбувається перемішування усіх компонентів суміші протягом 10-15 хв.

Вироблену суху будівельну суміш фасують у мішки і відвантажують споживачам. Тривалість циклу виробництва складає 23-28 хв.

Економічна ефективність досягається за рахунок зменшення частки портландцементу в перерахунку на тонну сухої будівельної суміші. Так вартість тони контрольного складу становить 3554,7 грн., а вартість найкращого із запропонованих третього складу становить 3342,36 грн., що на 212,34 грн. менше ніж у контрольного.

Річний економічний ефект від використання сухої суміші на цементному в'язучому з додаванням шламу МГВФ і керамзитового пилу обчислюється за формулою:

$$E = (\Delta C - E_n * \Delta K) V_{пр} \quad (6)$$

де:  $\Delta C$  - різниця собівартості одиниці продукції до і після впровадження інновацій;

$E_n$  - показник нормативної економічної ефективності,  $E_n = 0,15$ ;

$\Delta K$  - додаткові капіталовкладення, пов'язані з реалізацією інновацій;

$V_{пр}$  - планований річний обсяг виробництва сухої будівельної суміші.

Передбачуваний річний економічний ефект становить:

$$E = (239,78 - 0,15 * 1000) * 20000 = 1795600 \text{ грн.} \quad (7)$$

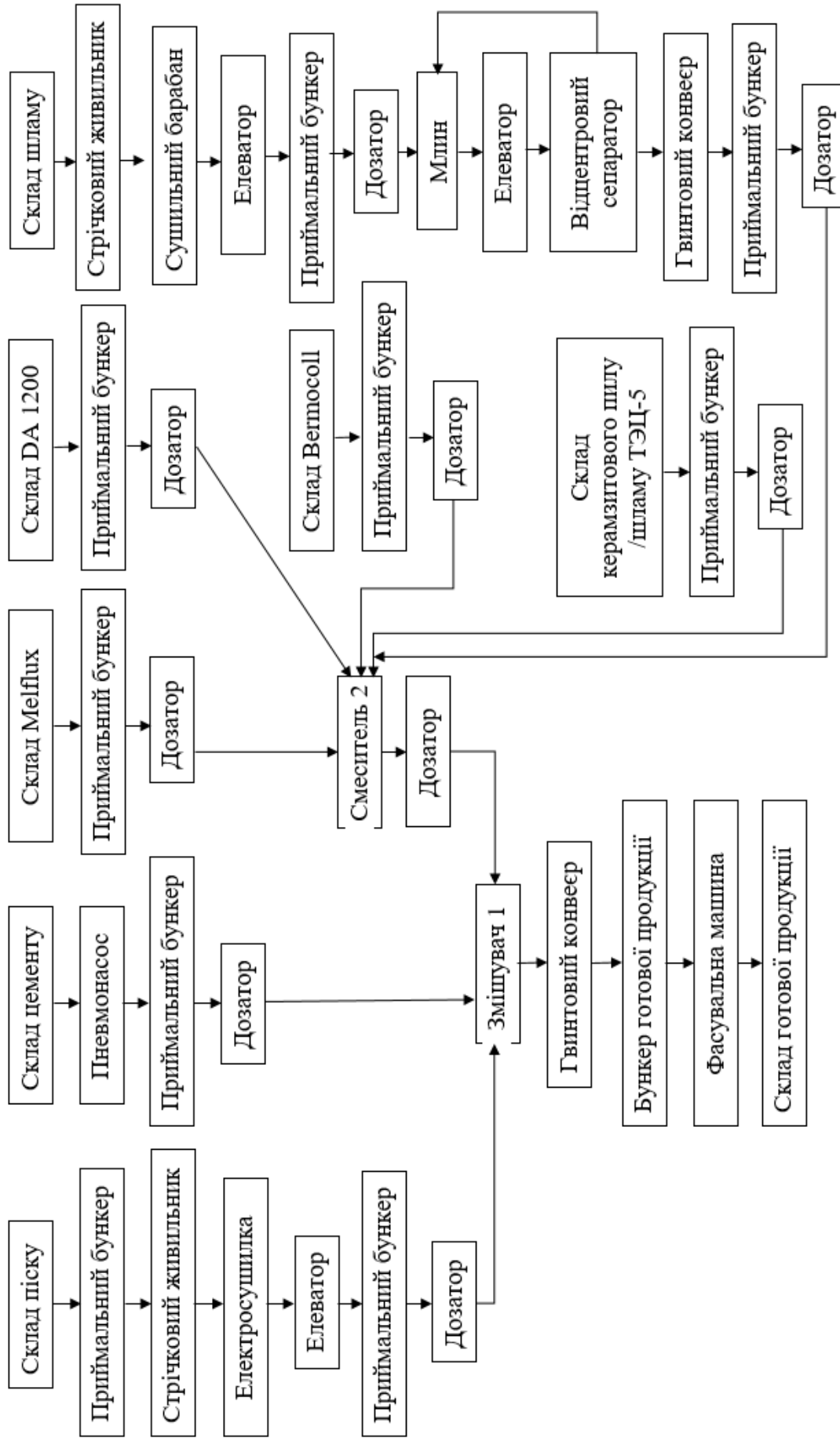


Рисунок 6 – Запропонована технологічна схема виробництва сухої будівельної

Таким чином, передбачуваний економічний ефект при виробництві двадцяти тисяч тон сухої будівельної суміші на цементному в'язучому з додаванням шламу МГВФ і керамзитового пилу становить 1,795 млн. грн.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи було вирішено науково-практичну задачу – теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість використання шламу від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію (шлам МГВФ), керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ для підвищення фізико-механічних властивостей сухих будівельних сумішей для наливних підлог.

За результатами роботи були зроблені наступні висновки:

1. Шлам МГВФ, маючи аморфну форму кремнезему, обумовлює високі пуцоланові властивості, легко вступає в реакцію з гідроксидом кальцію, що вивільняється в процесі гідратації цементу, підвищуючи тим самим кількість гідратованих силікатів типу CSH.

Керамзитовий пил безпосередньо впливає на процеси гідратації цементного клінкеру. Наявність оксидів металів ( $Na_2O$  і  $K_2O$ ) підвищує кількість активних центрів в зоні гідратації і збільшує приплив води до зони реакції, високий вміст оксидів алюмінію і заліза збільшує частку каменеподібного тіла за рахунок утворення відповідних гідроалюмінатів і гідроферитів кальцію.

Шлам водопом'якшення сприяє збільшенню міцності цементного каменю за рахунок формуванням навколо зерна аліту  $C_3S$  шару з мікрочастинками кальциту які частково заміщають в процесі гідратації шар кристалів  $Ca(OH)_2$ , що призводить до підвищення гідратаційної активності системи.

2. Розвинуто теоретичні уявлення про процеси гідратації та структуроутворення в цементних розчинах у присутності шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ, відповідно до яких завдяки різниці в розмірах та електроповерхневих зарядах досягається високий ступінь упаковки частинок піску, керамзитового пилу та цементного гелю з негативним електроповерхневим потенціалом і шламу МГВФ та кристалогідратами з позитивним електроповерхневим потенціалом.

3. Методом математичного планування експерименту визначено, що при введення в суху будівельну суміш 15% шламу МГВФ і 5% керамзитового пилу досягаються найкращі показники за міцністю цементного каменю.

4. Експериментально доведено, що спільне застосування шламу МГВФ і керамзитового пилу підвищує міцність розчину при стиску на 60% при згині – на 80%, а спільне застосування шламу МГВФ і шламу водопом'якшення ТЕЦ – на 45% при стисненні і на 50% при вигині; введення шламу МГВФ і керамзитового пилу, зменшує усадочні деформації на 25-30%, підвищує міцність зчеплення з основою на 55%, опір до стирання на 47%.

5. За даними фізико-хімічних досліджень встановлено, що застосування мінеральних добавок забезпечує більш високу щільність цементного каменю, підвищує кількість активних центрів в зоні гідратації, збільшує частку каменеподібного тіла, за



рахунок додаткового утворення гідросилікатів, гідроалюмінатів і гідроферитів кальцію, розміри яких приблизно в 15 - 25 разів менше, в порівнянні з цементним каменем без добавок. Експериментально встановлено знак електроповерхневого заряду шламу МГВФ, керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ.

6. Розроблено технологічну схему виробництва сухої будівельної суміші для наливних підлог, де враховані додаткові операції необхідні для сушки, подрібнення і дозування мінеральних добавок. Проведені дослідно-промислові випробування розроблених складів сухих будівельних сумішей підтвердили їх технічні характеристики та обґрунтованість і достовірність висновків і рекомендацій по дисертаційній роботі.

7. Очікувана собівартість 1 т. сухої будівельної суміші з додаванням керамзитового пилу становить 3342,36 грн. Передбачуваний економічний ефект за рік виробництва запропонованої сухої будівельної суміші може скласти понад 1,7 млн. грн. За рахунок зниження кількості портландцементу, зменшуються загальні енерговитрати для виробництва сухої суміші.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Публікації у спеціалізованих виданнях України та у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз:*

1. Повышение стойкости наливных полов к истиранию / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Науковий вісник будівництва; за заг. ред. д-ра т. н. Д. Ф. Гончаренка. – Харків: ХНУБА, 2015. – № 3. – С. 69-73. (Особистий внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати, запропоноване пояснення впливу мікронаповнювачів на стійкість цементного каменю до стираючих навантажень).

2. Казимагомедов И. Э. Повышение адгезионной прочности наливных полов / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту, за заг. ред. к.т.н. А. О. Каграманяна. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 152. – С. 182-187. (Особистий внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати, запропоноване пояснення впливу мікронаповнювачів на адгезійні властивості цементного каменю з сухої будівельної суміші).

3. Оптимизация составов сухой строительной смеси методом математического планирования эксперимента / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: изд-во “Оптимум”, 2015. – № 60. – С. 121-127. (Особистий внесок здобувача: проведено оптимізацію складу сухої будівельної суміші шляхом математичного планування та визначене ефективно співвідношення компонентів суміші.)

4. Казимагомедов И. Э. Водопоглощение и морозостойкость цементного камня на основе сухих строительных смесей / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Збірник наукових праць: галузеве машинобудування, будівництво. Випуск 3(45). – Полтава: ПолтНТУ 2015. - № 3 – С. 234-239. (Особистий внесок здобувача: проведено експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати, встановлені основні фактори,

що впливають на морозостійкість цементного каменю, виготовленого з різних сухих сумішей).

5. Казимагомедов И. Э. Влияние микронаполнителей на усадочные деформации растворов для наливных полов / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – №159. – с. 57-63. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати, запропоноване пояснення причин різного впливу мікронаповнювачів на усадку цементного каменю).

*Публікації апробаційного характеру:*

6. Шептун С. Ю. Сухие строительные смеси повышенного качества [Текст] / Казимагомедов И. Э. Шептун С. Ю. // Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века: Сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и исследователей “Приоритетные направления науки и техники” – Пенза: ПГУАС, 2014.- С. 100-103. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати).

7. Шептун С. Ю. Сухие строительные смеси, наполненные шламами мокрых газоочисток производства ферросилиция [Текст] /Казимагомедов И. Э. Шептун С. Ю. // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы IX Международной конференции молодых ученых, под общ. ред. В. И. Калашникова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – С. 32-35. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати).

8. Шептун С. Ю. Физико-химические характеристики сухих самовыравнивающихся строительных смесей для пола [Текст] / С. Ю. Шептун И.Э. Казимагомедов: 69-а науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури, 18-20 лютого. - Харків: ХНУБА, 2014. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати).

9. Шептун С. Ю. Влияние микронаполнителей на адгезионную прочность сухих строительных смесей [Текст] / С. Ю. Шептун, И.Э. Казимагомедов // 5-а Міжнародна науково-технічна конференція з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд “Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті”, 23-24 квітня. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані їх результати, запропоновано пояснення впливу мікронаповнювачів на адгезійні властивості цементного каменю з сухої будівельної суміші).

10. Шептун С. Ю. Влияние микронаполнителей на водопоглощение и морозостойкость цементного камня [Текст] / С. Ю. Шептун, И.Э. Казимагомедов: VII Міжнародна наукова конференція “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд”, 20-21 жовтня. – Харків: ХНУБА, 2015. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовано результати).

11. Шептун С. Ю. Вплив мікронаповнювачів на нормальну густину та терміни тужавіння цементного тіста [Текст] / С. Ю. Шептун, І. Е. Казімагомедов // Міжнародна науково-практична конференція “Ефективні технологічні рішення у будівництві з використанням бетонів нового покоління”, 28-29 жовтня. – Харків: ХНУБА, 2015.

(Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані результати, запропоноване пояснення впливу мікронаповнювачів на нормальну гущину та терміни тужавіння цементного тіста).

12. Шептун С. Ю. Залежність стійкості затверділої сухої суміші до стираючих навантажень від вмісту в ній мікронаповнювачів[Текст] / С. Ю. Шептун, І.Е. Казімагомедов: 71-а науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури, 15-17 березня. – Харків: ХНУБА, 2016. (Особистий внесок здобувача: проведені експериментальні дослідження, проаналізовані результати, запропоноване пояснення впливу мікронаповнювачів на стійкість цементного каменю до стираючих навантажень).

13. Рентгенофазовий аналіз структури цементного каменю / Шептун С. Ю. // Науковий вісник будівництва, за заг. ред. д-ра т. н. Д. Ф. Гончаренка. – Харків: ХНУБА, 2016. – № 2. – С. 69-73.

14. Шептун С. Ю. Доцільність використання мікронаповнювачів у складах сухих будівельних сумішей / С. Ю. Шептун, І. Е. Казімагомедов: 72-а науково-технічна конференція Харківського національного університету будівництва та архітектури, 14-17 березня. – Харків: ХНУБА, 2017. (Особистий внесок здобувача: проведення аналізу доцільності використання мікронаповнювачів у складах сухих будівельних сумішей).

#### *Патенти:*

15. Патент України на винахід UA № 113081 С2, МПК С04В 28/04 (2006.1), С04В 14/06 (2006.1), С04В 18/04 (2006.01), С04В 18/06 (2006.01), С04В 18/16 (2006.01), С04В 111/60 (2006.01). Суха будівельна суміш для улаштування підлоги / І. Е. Казімагомедов, С. Ю. Шептун, М. Є. Ісмаїлова; Заявка подана 14.10.2014; Дата, з якої є чинними права на винахід 12.12.16.

## АНОТАЦІЯ

**Шептун С. Ю. Сухі суміші на основі портландцементу та мінеральних добавок для наливних підлог підвищеної зносостійкості.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробництво. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2018.

Дисертаційна робота присвячена питанням розробки складу і дослідження властивостей сухих будівельних сумішей з вмістом мінеральних добавок для влаштування наливних підлог. Робота спрямована на підвищення міцності і зниження деформаційних характеристик будівельних розчинів на основі сухих будівельних сумішей для влаштування наливних підлог за рахунок додавання до їх складу шламу від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію (шлам МГВФ), керамзитового пилу і шламу водопом'якшення ТЕЦ.

В роботі на підставі лабораторних досліджень підтверджено можливість регулювання основних фізико-механічних характеристик сухих будівельних сумішей шляхом введення до складу мінеральних добавок.

З метою підбору раціонального складу проводилися випробування впливу терміну зберігання шламу МГВФ на фізико-механічні властивості цементного розчину. В результаті було визначено, що використання шламу МГВФ старше 25-ти років є найбільш ефективним.

Встановлено вплив кількості мінеральних добавок і їх співвідношення на властивості розчину, виготовленого із сухої будівельної суміші для влаштування наливних підлог. На підставі проведених досліджень встановлено, що найкращі фізико-механічні властивості спостерігаються при веденні 15% шламу МГВФ і 5% керамзитовою пилу. При такому співвідношенні добавок міцність зчеплення розчину з основою зростає на 55%, міцність на стиск – на 70%, опір стиранню – на 47%, водопоглинання зменшується на 55%.

Встановлено, що додавання в композицію шламу МГВФ і керамзитового пилу дозволяє безпосередньо впливати на процеси гідратації цементного клінкеру. Так наявність оксидів активних металів ( $\text{Na}_2\text{O}$  і  $\text{K}_2\text{O}$ ) дозволяє підвищити кількість активних центрів в зоні гідратації і збільшити приплив води до зони реакції. Високий вміст оксидів алюмінію і заліза збільшує частку каменеподібного тіла за рахунок утворення відповідних гідроалюмінатів і гідроферитів кальцію. Наявність значної кількості оксиду сірки дозволяє підвищити швидкість набору міцності на початковому етапі гідратації.

За допомогою рентгенофазового, дериватографічного, електронно-мікроскопічного і інфрачервоного аналізів були досліджені зразки виготовлені із запропонованих складів. Визначено фазовий склад і ідентифіковані основні новоутворення в зразках цементного каменю з вмістом мінеральних добавок.

У роботі виконано дослідно-промислове впровадження і розрахунок економічної ефективності розроблених складів сухих будівельних сумішей для влаштування наливних підлог. Проведені дослідно-промислові випробування із визначення фізико-механічних властивостей пропонувані сумішей підтвердили результати дисертаційних досліджень і відповідність цих сумішей вимогам стандартів. Техніко-економічна ефективність сухої суміші з додаванням шламу МГВФ і керамзитового пилу розрахована на основі порівняння її собівартості і звичайної суміші на основі портландцементу. Передбачуваний річний економічний ефект від виробництва запропонованої сухої будівельної суміші становить понад 1,7 млн. грн.

**Ключові слова:** суха будівельна суміш, наливна підлога, шлам від мокрого газоочищення виробництва феросиліцію, керамзитовий пил, шлам водопом'якшення.

## АННОТАЦІЯ

**Шептун С. Ю. Сухие смеси на основе портландцемента и минеральных добавок для наливных полов повышенной износостойкости.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2018.

Диссертационная работа посвящена вопросам разработки составов и исследования свойств сухих строительных смесей с содержанием минеральных добавок для

устройства наливных полов. Работа направлена на повышение прочностных и снижение деформационных характеристик строительных растворов на основе сухих строительных смесей для устройства наливных полов за счет добавления в их состав шлама от мокрых газоочисток производства ферросилиция (шлам МГПФ), керамзитовой пыли и шлама водоумягчения ТЭЦ.

В работе на основании лабораторных исследований подтверждена возможность регулирования основных физико-механических характеристик сухих строительных смесей путем введения в состав минеральных добавок.

С целью подбора рационального состава проводились испытания влияния срока хранения шлама МГПФ на физико-механические свойства цементного камня. В результате было определено, что применение шлама МГПФ старше 25-ти лет является наиболее эффективным.

Установлено влияние количества минеральных добавок и их соотношения на свойства раствора из сухой строительной смеси для устройства наливных полов. На основании проведенных исследований определено, что наилучшие физико-механические свойства наблюдаются при ведении 15% шлама МГПФ и 5% керамзитовой пыли. При таком соотношении добавок прочность сцепления раствора с основанием возрастает на 55%, прочность на сжатие – на 70%, сопротивление истиранию – на 47%, водопоглощение уменьшается на 55%.

Установлено, что добавление в композицию шлама МГПФ и керамзитовой пыли позволяет непосредственно влиять на процессы гидратации цементного клинкера. Так наличие оксидов активных металлов ( $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ) позволяет повысить количество активных центров в зоне гидратации и увеличить приток воды к зоне реакции. Высокое содержание оксидов алюминия и железа увеличивает долю камневидного тела за счет образования соответствующих гидроалюминатов и гидроферритов кальция. Наличие же значительного количества оксида серы позволяет повысить скорость набора прочности на начальном этапе гидратации.

С помощью рентгенофазового, дериватографического, электронно-микроскопического и инфракрасного анализов были исследованы образцы предлагаемых составов. Определен фазовый состав и идентифицированы основные новообразования в образцах цементного камня с минеральными добавками.

В работе выполнено опытно-промышленное внедрение и расчет экономической эффективности разработанных составов сухих строительных смесей для устройства наливных полов. Проведенные опытно-промышленные испытания по определению физико-механических свойств предлагаемых смесей подтвердили результаты диссертационных исследований и соответствие этих смесей требованиям стандартов. Технико-экономическая эффективность сухой смеси с добавлением шлама МГПФ и керамзитовой пыли рассчитана на основе сравнения ее себестоимости и обычной смеси на основе портландцемента. Предполагаемый годовой экономический эффект от производства предложенной сухой строительной смеси составляет более 1,7 млн. грн.

**Ключевые слова:** сухая строительная смесь, наливной пол, шлам от мокрых газоочисток производства ферросилиция, керамзитовая пыль, шлам водоумягчения.

## SUMMARY

**Sheptun S. Y. Dry building mixtures based on Portland cement and mineral additives for floors with high abrasion resistance.** – On the rights of manuscript.

Thesis in candidacy for a Degree of the Candidate of Technical Sciences in a Specialty 05.23.05 - building materials and products. – Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The thesis is devoted to the study of dry building mixes with micro-fillers for floor laying. The work is aimed at improving the strength and reducing the deformation of mortars on the basis of dry mixes for floor by adding in their composition: sludge from wet gas cleaning of Stakhanov ferrosilicon production plant, expanded clay dust from Kharkov plant of expanded clay and sludge water softening from Kharkov CHP - 5.

In work confirmed the possibility of regulating the basic physical and mechanical characteristics of dry mixes by introducing the micro-fillers.

Were tested influence the shelf life of the sludge from the wet gas cleaning of ferrosilicon production to physical and mechanical properties of the cement paste. As a result, it was determined that the use of sludge over 30 years is the most effective.

Determined that the best physical and mechanical properties observed with introduction of 15% of the sludge from the wet gas cleaning and 5% of expanded clay dust. With this ratio of micro-fillers adhesion strength increased by 55%, the compression strength – by 70%, the abrasion resistance - by 47%, water absorption reduced by 55%.

Were tested samples of the proposed compositions with the help of instrumental methods of the research. Identified the phase structure and the main tumors in cement paste with micro filler.

Paper presents commercialization and calculation of economic efficiency of the developed compositions for floor laying. Conducted trial tests to determine the physical and mechanical properties of the proposed mixtures have confirmed the results of the research and compliance with the mixtures standards. Cost-effectiveness of the proposed best dry mixes for floor laying based on a comparison of its costs and the usual mixture based on Portland cement. The estimated annual economic impact from the production of dry mortar with the addition of sludge from wet gas cleaning ferrosilicon production and expanded clay dust is more than 1.7 mln. UAH.

**Key words:** dry mortar, self-leveling floor, sludge from wet gas cleaning ferrosilicon production, expanded clay dust, sludge of water softening.