

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра "Будівельні, дорожні машини і будівництво"

«Допустити до захисту»
зав. кафедрою БДМБ
канд. техн. наук, професор
_____ Владислав Настоящий
" ____ " _____ 2024 р.

Магістерська робота
(ступінь вищої освіти "магістр")

на тему:

**«Дослідження методів виробництва сухих будівельних
розчинів для оздоблюваних робіт»**

ДМСБС 2319219 А
Альбом документів

Керівник магістерської роботи
канд. техн. наук, доцент
_____ Іван Скриннік
" ____ " _____ 2024 р.

Виконала студентка гр. Бі23мз
спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія

_____ Наталія Кулик
" ____ " _____ 2024 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення ЦЗДО

Кафедра, циклова комісія Будівельні, дорожні машини і будівництво

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

(шифр і назва)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БДМБ,

к.т.н. проф. Настоящий В.А.

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кулик Наталії Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **Дослідження методів виробництва сухих будівельних розчинів для оздоблюваних робіт**

керівник проекту (роботи) к.т.н. доцент Скриннік І.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20__ року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 25.11.2024р

3. Вихідні дані до проекту (роботи): нормативна та довідкова література по темі завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Науково-дослідна частина

2. Економічна частина

3. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Не менше 10 плакатів графічних матеріалів які ілюструють методику та результати досліджень

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Науковий	доцент Скриннік І.О.		
Економічний	доцент Скриннік І.О.		
Охорона праці	доцент Дарієнко В.В.		

7. Дата видачі завдання 10. 09. 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка наукового розділу	10.09.-09.11	
2	Складання кошторисів до економічного розділу	10.11-15.11	
3	Розробка заходів з охорони праці	15.11.-20.11	
4	Оформлення альбому документів	20.11.-25.11	

Студентка

(підпис)

Кулик Н.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Скриннік І.О.

(прізвище та ініціали)

Анотація.

Метою роботи є розробка рекомендацій для удосконалення СБС на основі використання змішаних в'язучих з мікронаповнювачами, що дозволяє досягти кращих показників якості, таких як міцність зчеплення, стійкість до зовнішніх впливів і тривалість експлуатації. Використання тонкодисперсних добавок у складі СБС допомагає не тільки поліпшити їхні експлуатаційні властивості, але й зменшити матеріаломісткість.

У дослідженні представлено всебічний аналіз сучасного стану і перспектив розвитку сухих будівельних сумішей (СБС), які активно використовуються в будівництві для оздоблювальних і кладочних робіт. Основну увагу приділено аналізу властивостей СБС та методам покращення їхніх характеристик через введення тонкодисперсних мінеральних добавок. На основі аналізу літературних джерел та проведених експериментів сформульовано рекомендації для оптимізації складу СБС з метою підвищення їхніх експлуатаційних властивостей і довговічності.

Робота розпочинається з класифікації СБС за складом і функціональними характеристиками. Детально описано їхні різновиди, до яких належать кладочні суміші, вирівнюючі, штукатурні та спеціальні склади для зовнішніх і внутрішніх робіт. У роботі розглянуто сучасні тенденції у виробництві СБС, включно з високоякісними тонкошаровими штукатурками, що дозволяють досягти естетичного ефекту ("короїд", "баранчик") і забезпечують тривалу експлуатацію покриттів. Висвітлено також проблему відсутності в нормативних документах всіх необхідних вимог до СБС, що є важливим аспектом для поліпшення якості продукції.

Крім того, описано різні механізми впливу мікронаповнювачів на цементний камінь: фізичний, що сприяє ущільненню структури, та хімічний, що дозволяє активним центрам прискорювати процес твердіння.

Abstracts.

The aim of this work is to develop recommendations for improving SBS based on the use of mixed binders with microfillers, which allows achieving better quality indicators, such as adhesion strength, resistance to external influences and service life. The use of fine additives in the composition of SBS helps not only to improve their performance properties, but also to reduce material consumption.

The study presents a comprehensive analysis of the current state and prospects for the development of dry mix mortars (DMs), which are actively used in construction for finishing and masonry works. The main attention is paid to the analysis of the properties of DBS and methods of improving their characteristics through the introduction of fine mineral additives. Based on the analysis of literature sources and experiments, recommendations for optimising the composition of SBS to improve their performance and durability are formulated.

The work begins with the classification of SBS by composition and functional characteristics. Their varieties are described in detail, including masonry mixes, levelling, plaster and special compositions for external and internal works. The paper considers current trends in the production of SBS, including high-quality thin-layer plasters that allow achieving an aesthetic effect ("bark beetle", "lamb") and ensure long-term operation of coatings. The article also highlights the problem of the lack of all the necessary requirements for SBS in regulatory documents, which is an important aspect for improving product quality.

In addition, the article describes various mechanisms of influence of micronutrient aggregates on cement stone: physical, which contributes to the compaction of the structure, and chemical, which allows active centres to accelerate the curing process.

Вступ

Актуальність роботи:

В останні роки в Україні, через зміни в економіці, активно переглядають використання мінерально-сировинних ресурсів, щоб застосовувати їх більш раціонально. Постійно шукають способи створення нових будівельних матеріалів, які були б ефективнішими за традиційні та доступнішими за імпорتنі аналоги. Це стосується і сухих будівельних сумішей.

Об'єкт дослідження:

Суха будівельна суміш, модифікована тонкодисперсними зернистими мінеральними добавками.

Предмет дослідження:

Закономірності взаємодії, особливості формування складу і структуроутворення сухих будівельних сумішей для лицевальних робіт з тонкодисперсними мінеральними добавками.

Мета роботи:

Метою цієї роботи є розробка складів і дослідження властивостей сухих будівельних сумішей для лицевальних робіт.

Для вирішення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- розробити склади для виконання лицевальних робіт у вигляді сухих будівельних сумішей;
- визначити основні фізико механічні властивості цементного тіста і цементного каменю в залежності від речовинного складу сумішей;
- встановити раціональні склади в'язучого, для отримання сухих клеючих сумішей із заданими властивостями;

					ДМСБС 2319219 ВД			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження методів виробництва сухих будівельних розчинів для оздоблюваних робіт	Стадія	Лист	Листів
Розробив		Кулик Н.О.				МР	1	
Перевірив		Скриннік				ЦНТУ гр. Бі 23мз		
Н. контр.		Дарієнко						
Затвердив		Настоящий						

- дослідити вплив фракційного складу заповнювача на забезпечення необхідних технологічних, фізико-механічних властивостей і стійкості клеючих розчинів в експлуатаційних умовах.

Апробація роботи. Результати магістерської роботи доповідалися і обговорювалися на IV Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій».

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						2
Зм.	Лист	№ докум	Підпи	Дата		

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАНЬ В ОБЛАСТІ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЦІЛЕЙ І ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Класифікація та аналіз вимог до сухих будівельних сумішей

1.1.1. Розвиток виробництва сухих будівельних сумішей

Виробництво сухих сумішей зараз є одним із головних напрямків у будівельній індустрії. Ринок цих готових сумішей для розчинів постійно зростає в різних країнах. Сьогодні все більше використовують такі матеріали, як розчини для кладки, суміші для вирівнювання, штукатурки для внутрішніх і зовнішніх робіт на основі цементу чи гіпсу, а також спеціальні матеріали (клей, наповнювачі, армовані суміші, кольорові штукатурки тощо). Заводські сухі суміші допомагають задовольнити сучасні вимоги до якості та економічності будівельних робіт [5].

1.1.2. Класифікація сухих будівельних сумішей.

Сухі будівельні суміші — це порошкоподібні або дрібнозернисті матеріали, що містять мінеральні або органічні в'язучі, різні наповнювачі та хімічні добавки для покращення їх властивостей. Зараз ці суміші дуже різноманітні, а вибір продукції постійно розширюється. Наприклад, існує багато видів цементних облицювальних сумішей: для зовнішніх і внутрішніх робіт, теплоізоляційні, для вологих поверхонь, поверхонь з грибком, ремонтні для великих тріщин, морозостійкі, фуговочні, десорбційні для видалення вологи тощо. Сучасні тенденції в штукатурних роботах включають використання тонкошарових штукатурок, які після затирання дозволяють створювати бажану текстуру, як "короїд" чи "баранчик".

М. І. Хігерович і В. Є. Байєр запропонували оцінювати зручність використання сумішей за коефіцієнтом легкоукладальності K_u , який показує, наскільки суміш зберігає форму і наскільки легко з нею працювати. Н. М. Дубошина запропонувала вимірювати липкість сумішей, враховуючи силу прилипання металевої пластини до суміші.

Отже, облицювальні матеріали повинні виконувати такі функції:

- забезпечувати естетичний вигляд фасадів і внутрішніх стін;

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- захищати стіни від вологи та зовнішніх впливів;
- зберігати ці властивості довгий час.

Для цього мінеральні штукатурки мають відповідати певним вимогам: добре прилипати до основи, не вбирати воду, мати водовідштовхувальний ефект, швидко висихати після зволоження, не давати усадки, бути тріщиностійкими та довговічними.

Аналіз показує, що в сучасних стандартах не завжди враховані всі необхідні характеристики.

1.2. Тонкодисперсні матеріали як ефективний засіб поліпшення структури і властивостей будівельних розчинів

1.2.1. Наповнені цементні системи.

Один із способів покращити властивості цементних сумішей та зменшити кількість матеріалу — це додавання до цементної суміші тонкомолотих мінеральних добавок різного складу і розміру частинок. За останні роки інтерес до використання мінеральних добавок у сухих сумішах зріс завдяки активному розвитку будівельної індустрії, особливо в області облицювальних сумішей на основі цементу.

Хоча поки немає чіткої класифікації мінеральних добавок для сумішей, є певні характеристики, які визначають їх властивості. Основна увага при дослідженні тонкодисперсних наповнювачів приділяється класу, що має частинки менш ніж 74 мкм. Розмір таких частинок зазвичай оцінюється через питому поверхню.

Раніше мінеральні наповнювачі в основному застосовувалися у бетонах для зниження витрати цементу в низькоякісних сумішах. Як наповнювачі використовуються різні побічні продукти, наприклад, золи та шлаки, що залишаються від роботи електростанцій, які використовують вугілля або лушпиння рису, а також побічні продукти металургії. Золи, шлаки, вапняки, доломіт та кварцовий пісок поширені як наповнювачі. Додавання шлаків і золи підвищує стійкість цементу у прісній та сульфатній воді; кварц і базальти

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

допомагають збільшити лугостійкість; вапняк покращує водоутримувальні властивості та зменшує усадку сумішей.

Крім зниження обсягу цементу, наповнювачі змінюють властивості суміші, створюючи додаткову поверхню для формування структури цементу. Завдяки цьому з'являються додаткові центри для утворення кристалів, що збільшує міцність і зменшує кількість пор. Рівень ущільненості цементу можна регулювати розміром і хімічною активністю частинок наповнювача.

Серед дослідників є різні думки щодо того, як наповнювачі впливають на структуру та міцність цементу. Існує думка, що це пов'язано як з фізичним ефектом, так і з хімічними реакціями. Наприклад, дрібні частинки можуть сприяти більш швидкому зародженню кристалів і кращому зчепленню з поверхнею наповнювача.

Наповнювачі повинні забезпечувати гарну адгезію, мінімальну пустотність та міцність з'єднання. Ефект мікронаповнювача проявляється, коли збільшується кількість дрібнодисперсного наповнювача, що знижує пористість цементу. Існують різні способи введення добавок у бетон: як заміна частини цементу або частини піску, що може впливати на властивості цементу.

За даними А.Г. Зоткіна, при надмірній кількості наповнювача міцність бетону знижується, незважаючи на зменшення пористості, через погіршення зчеплення між цементом та заповнювачем.

В. К. Власов [19] зазначає, що надлишок наповнювача в цементній суміші може мати негативний ефект, оскільки він "розбавляє" цементний камінь, порушуючи прямий контакт між гранулами клінкеру, що знижує міцність матеріалу. При оптимальній кількості мінерального наповнювача структура цементу стає максимально ущільненою. Це досягається, коли наповнювач заповнює порожнини між цементними частинками, не порушуючи контакти, якщо його частинки менші за цементні, або забезпечується насичення без контакту між частинками наповнювача, якщо вони схожі за розміром з цементом.

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Ефект заповнення пустот є фізичним і працює незалежно від активності мікронаповнювача. Однак якщо дозування наповнювача перевищує необхідний об'єм, це може призвести до зворотного результату: структура стає менш міцною, оскільки частинки наповнювача погіршують зчеплення. С. С. Капрієлов [2] підкріплює це своїми експериментами, де надлишок інертного наповнювача знижував міцність через погіршення зв'язків між частинками.

Також існує думка [2, 19], що тонкодисперсні наповнювачі створюють точки кристалізації, які допомагають швидше починати процес твердіння. В експериментах [11] з додаванням дуже дрібного піску до цементного тіста було виявлено, що зростання дисперсності піску і його кількості підвищує швидкість виділення $\text{Ca}(\text{OH})_2$, оскільки частинки піску слугують основою для утворення цих кристалів. При більшому вмісті води іони Ca^{2+} і OH^- легше досягають поверхні піщинок, що пришвидшує ріст кристалів $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Активність частинок наповнювача у формуванні структури залежить від їх розміру та природи. Вони можуть бути активними центрами, навколо яких групуються частинки цементу, формуючи так звані "кластери" змішаного типу "в'язучий-наповнювач" за В. І. Соломатовим [91]. Або ж наповнювачі можуть утворювати власні кластери, що також впливає на загальну структуру цементу.

В. С. Рамачандран зазначає, що дрібні частинки наповнювача сприяють зміцненню зони контакту між цементом і заповнювачем у бетоні. У звичайному портландцементі ця зона є менш щільною, ніж основний цементний камінь, і містить багато пластинчастих кристалів гідроксиду кальцію, які розташовані перпендикулярно до поверхні заповнювача. Через таку структуру ця зона легко утворює мікротріщини при змінах температури та вологості, тому саме вона є слабким місцем у бетоні, що впливає на його загальну міцність [11].

Колоїдні частинки створюють на своїй поверхні водяну плівку, яка забезпечує мастильний ефект і сприяє легшому ковзанню частинок, завдяки

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

чому зменшуються сили тертя. Але коли у бетонній суміші є частинки різного розміру, дрібні частинки осідають на більших, що зменшує рухливість і потребує додаткової води для досягнення необхідної текучості суміші, що збільшує потребу у воді [4].

При додаванні мікронаповнювачів у кількості до 5% від маси цементу, в'язкість незначно змінюється, тому немає потреби збільшувати кількість води для замішування [101]. Це можна пояснити тим, що на низьких дозах мікронаповнювача баланс між різними факторами, що впливають на текучість, підтримується: частково зменшується об'єм вільної води, але слабкі коагуляційні зв'язки, обумовлені водяною плівкою навколо частинок, незначно впливають на текучість. Але при великих дозах дрібнодисперсних добавок потреба у воді зростає залежно від їх питомої поверхні та об'ємного вмісту в системі [101].

Літературний огляд показує, що серед науковців немає одностайної думки щодо того, як мікронаповнювачі впливають на структуру і властивості цементу. Крім того, попередні дослідження здебільшого були спрямовані на бетон, де основними критеріями були міцність, щільність, морозостійкість. Проте для штукатурних сумішей важливі й інші характеристики, як-от водоутримуюча здатність, адгезія до основи, стійкість до сповзання на вертикальних поверхнях тощо.

1.2.2. Кремнеземисті мікронаповнювачі для цементних систем

До високо-кремнеземистих матеріалів, що використовуються як мікронаповнювач, належить мікрокремнезем, який також називають кремнеземним борошном. Це відхід, який утворюється в електрофільтрах при виробництві кристалічного кремнію. Частинки мікрокремнезему приблизно в 100 разів дрібніші за цемент і містять понад 90% аморфного діоксиду кремнію, що забезпечує потужний пуццолановий ефект. Завдяки цьому мікрокремнезем збільшує кількість гідросилікатів кальцію в цементі,

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

покращуючи структуру пор, а отже, підвищує міцність, морозостійкість і стійкість до корозії від сульфатів та хлоридів [13].

Кремнезем, як типовий кислий оксид, є стійким до кислот і здатний зв'язувати гідроксид кальцію, який утворюється під час гідратації цементу [9]. Відомо [9, 6], що зона контакту між цементним розчином і великим заповнювачем зазвичай менш міцна через накопичення вільної води біля зерен заповнювача та проблем із ущільненням частинок. У цій зоні концентрується більше кристалів портландиту, які мають меншу міцність, ніж гідросилікати кальцію. Тому ця зона є найслабшим місцем у бетоні.

Добавка мікрокремнезему (МК) у кількості 2-5% ущільнює структуру перехідної зони, зменшуючи розмір кристалів портландиту та їх орієнтацію, що значно зміцнює цю зону. Це зменшує пористість і покращує зчеплення цементного тіста з заповнювачем і арматурою. Пуццоланові реакції сприяють подальшому збільшенню міцності та довговічності бетону.

Зниження водопроникності також робить бетон більш стійким до агресивних середовищ. Наприклад, при додаванні 15% кремнеземного борошна на кожне зерно цементу в суміші припадає понад 2 мільйони частинок борошна, що суттєво впливає на властивості бетону. МК також запобігає розширенню бетону через реакції між лугами та активним заповнювачем.

При додаванні до 30% мікрокремнезему разом із суперпластифікаторами можна створювати суміші з відношенням вода/в'язучі нижче 0,3. Такі бетони досягають високої ранньої міцності та використовуються у вологих умовах витримувannya. Втім, якщо витримувannya проходить у сухих умовах, бетон може самовисихати, що може вплинути на результати ранніх тестів [72, 97].

Пуццоланові сферичні мікрочастинки мікрокремнезему допомагають суттєво знизити капілярну пористість і проникність цементного каменю. Завдяки цьому навіть при помірному вмісті МК і відносно невеликій кількості звичайного портландцементу можна досягти майже повної непроникності

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

розчину. Оскільки мікрокремнезем впливає на проникність сильніше, ніж на міцність, бетон із добавкою МК завжди буде менш проникним порівняно з бетоном такої ж міцності, але виготовленим лише на портландцементі.

1.2.3. Карбонатні мікронаповнювачі для цементних систем.

Карбонатні мікронаповнювачі, як-от вапняк, доломіт, мармурове борошно, крейда тощо, широко використовуються в цементних сумішах. За даними досліджень, вони зменшують водовідділення і потребу у воді, підвищують здатність утримувати воду, пластичність, однорідність, а також знижують усадку суміші. Крім того, вони покращують водостійкість, морозостійкість і кислотостійкість цементного каменю. Це пояснюється хімічною спорідненістю карбонатних наповнювачів із цементом, що сприяє щільному контакту та зрощенню гідратних продуктів цементу з частинками наповнювача, створюючи міцний конгломерат. Важливо, що карбонатні породи не є інертними, а активно взаємодіють з мінералами цементу, формуючи його структуру [51, 108].

Крейда, мармурове борошно та вапняк мають також достатній рівень білизни, що дозволяє освітлювати цементні суміші, зменшувати кількість пігментів і досягати яскравіших та чистіших кольорів.

В. Н. Юнг, П. А. Ребіндер і Р. Л. Маїлян [18] дослідили роль тонкодисперсного карбонату кальцію як можливого мікронаповнювача для цементних систем. Частинки мікронаповнювача, маючи певний розмір, площу поверхні та твердість, формують своєрідний мікрокаркас у цементному матеріалі, створюючи структуру, подібну до мікробетону. Ця фізична складова формування структури з карбонатів є важливим елементом у зміцненні цементу.

Згідно з дослідженнями В. Б. Ратінова та Д. А. Фрідріхсбегера [18], частинки карбонату кальцію можуть виступати як зародкові центри, де починається кристалізація нових фаз. Ця фізико-хімічна функція полягає в

тому, що карбонатний наповнювач служить підкладкою, на якій формуються і орієнтовано кристалізуються новоутворення.

Ю. М. Бут і В. В. Тімашев [15] встановили, що кристалічні решітки компонентів, таких як портландит, гідросилікати, гідроалюмінати кальцію і кальцит, мають схожість у своїй структурі. Це сприяє утворенню нових зв'язків між ними за механізмом епітаксії, що додатково зміцнює структуру цементу.

Загалом, аналіз літератури свідчить, що використання мікронаповнювачів різної природи в цементних системах може розширити їхні властивості, дозволити зменшення витрат природних ресурсів завдяки використанню промислових відходів, а також збільшити виробництво сухих будівельних сумішей із максимальним використанням природної сировини.

1.3. Вплив гранулометричного складу заповнювачів на властивості сухих будівельних сумішей.

У будівельних розчинних сумішах як заповнювачі та наповнювачі використовуються мінеральні матеріали, які можуть бути природними або отриманими штучно, з певним розміром зерен. Залежно від розміру частинок заповнювачі поділяються на великі та малі. Дрібний заповнювач, наприклад, пісок, має максимальний розмір зерен до 5 мм і може бути як природного походження, так і отриманим шляхом дроблення гірських порід або промислових відходів, таких як шлаки. Заповнювачі з щільністю понад 2000 кг/м³ вважаються щільними, а з меншою щільністю — пористими.

Основні характеристики заповнювачів, які впливають на їх властивості в розчинах, включають зерновий склад, максимальний розмір частинок, форму і текстуру поверхні, пустотність між зернами та водопотребу. Важливі також мінералогічний склад, наявність пилових і глинистих частинок, вміст глини в грудках та наявність інших домішок.

Існує обмеження на розмір зерна для облицювальних розчинів в Україні — до 2,5 мм, що виглядає дещо парадоксально на фоні міжнародних стандартів. Наприклад, у США граничний розмір зерна для штукатурки

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

становить 4,76 мм, у Данії — 5 мм, у Великобританії — 4,76 мм, а в Німеччині — 7 мм [4, 49]. Відповідно до DIN 18550, частина 2, максимальний розмір зерна для зовнішнього штукатурного шару може бути 0/4–0/8 мм, а для внутрішніх покриттів — 0/2–0/4 мм, причому підкреслюється, що вміст великих зерен має бути максимально можливим. Зменшення розміру зерна в штукатурних шарах призводить до зниження міцності зчеплення шарів та, ймовірно, впливає на довговічність покриття.

Оптимальний гранулометричний склад для будівельних розчинів досягається, коли він відповідає так званій "ідеальній" кривій просіювання [49], що забезпечує максимально щільне укладання зерен.

Форма зерен заповнювача також значно впливає на властивості суміші. Найкращими вважаються зерна округлої або кубовидної форми, оскільки вони покращують рухливість суміші. Шорстка поверхня зерен підвищує міцність зчеплення з цементним каменем, що посилює загальну міцність розчину. Наприклад, експерименти показують, що поліровані пластинки кварцу та інших інертних мінералів зчеплюються з цементом на рівні 0.6–1.0 МПа, тоді як когезія самого цементного каменю становить 3.0–4.5 МПа. Отже, шорсткість зерен заповнювача може збільшити міцність зчеплення приблизно в чотири рази.

Ці дані вказують на потребу в більш детальному дослідженні якості дрібного заповнювача для штукатурних розчинів, оскільки сучасні стандарти не надають конкретних рекомендацій щодо вибору гранулометричного складу піску залежно від призначення розчину.

1.4. Вибір моделі та об'єктів дослідження.

Метою цієї роботи є створення сухих сумішей на основі комбінованих в'язучих з додаванням тонкодисперсних мінеральних добавок. Сучасні будівельні технології передбачають використання багатошарових оздоблювальних покриттів, де штукатурний шар є важливою складовою, від якості якої залежить довговічність всього покриття.

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Штукатурні розчини можуть наноситися на різні типи основ, які відрізняються пористістю: щільні (бетон, силікатна цегла) та пористі (пінобетон, керамічна цегла). Щоб забезпечити штукатурному розчину необхідні властивості, в роботі застосовано системний підхід, що враховує життєвий цикл продукції. Це означає, що закладання параметрів якості починається ще на етапі планування продукту (рис. 1.1).

Маркетингові дослідження допомагають з'ясувати, які вимоги пред'являють споживачі до штукатурних розчинів і які їхні властивості є найбільш важливими. Ця інформація слугує основою для проектування, дозволяючи сформуванню комплекс технічних вимог для забезпечення якості, довговічності та безпеки розчину.

При розробці всіх будівельно-технічних властивостей штукатурних розчинів слід враховувати ці вимоги. Узагальнення даних із різних джерел дозволило створити модель (мал. 1.2), яка найбільш повно відображає необхідні властивості для оцінки якості штукатурних розчинів.

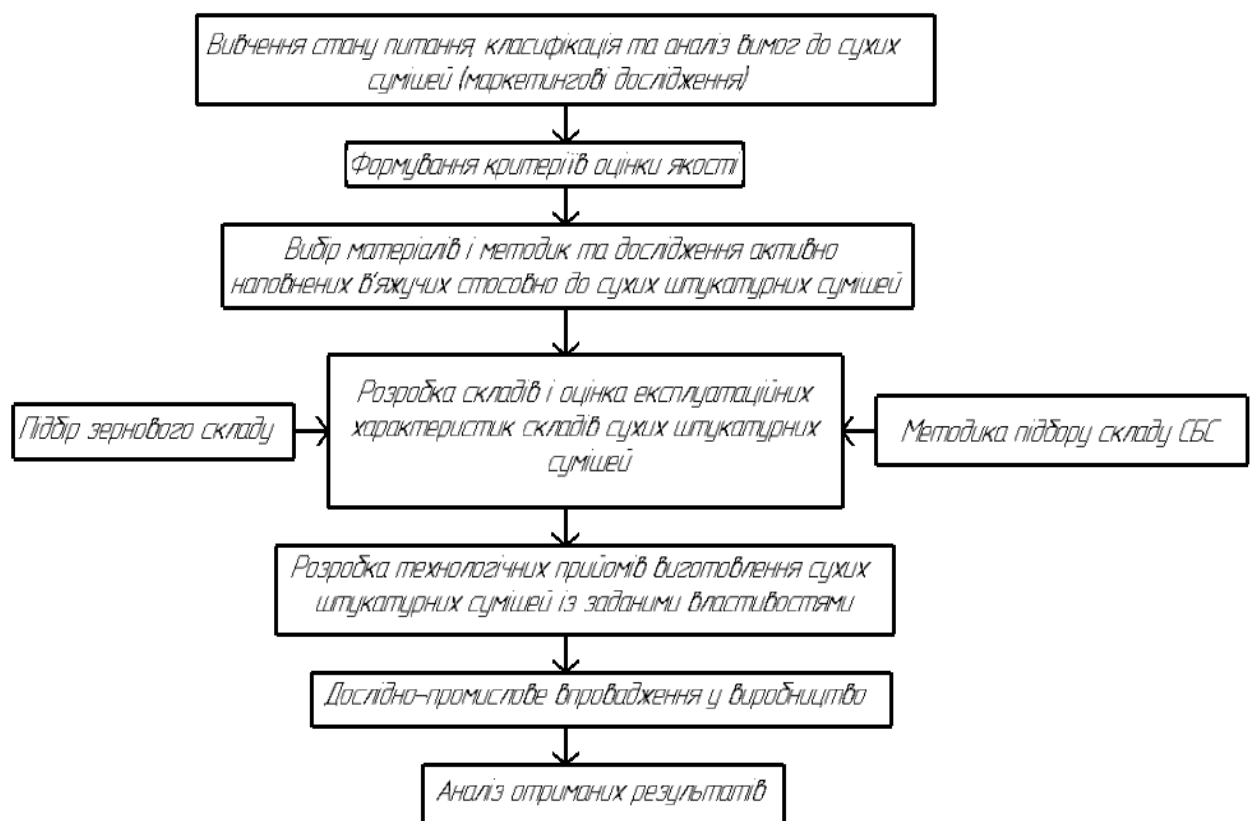


Рисунок 1.1 – Модель життєвого циклу продукції

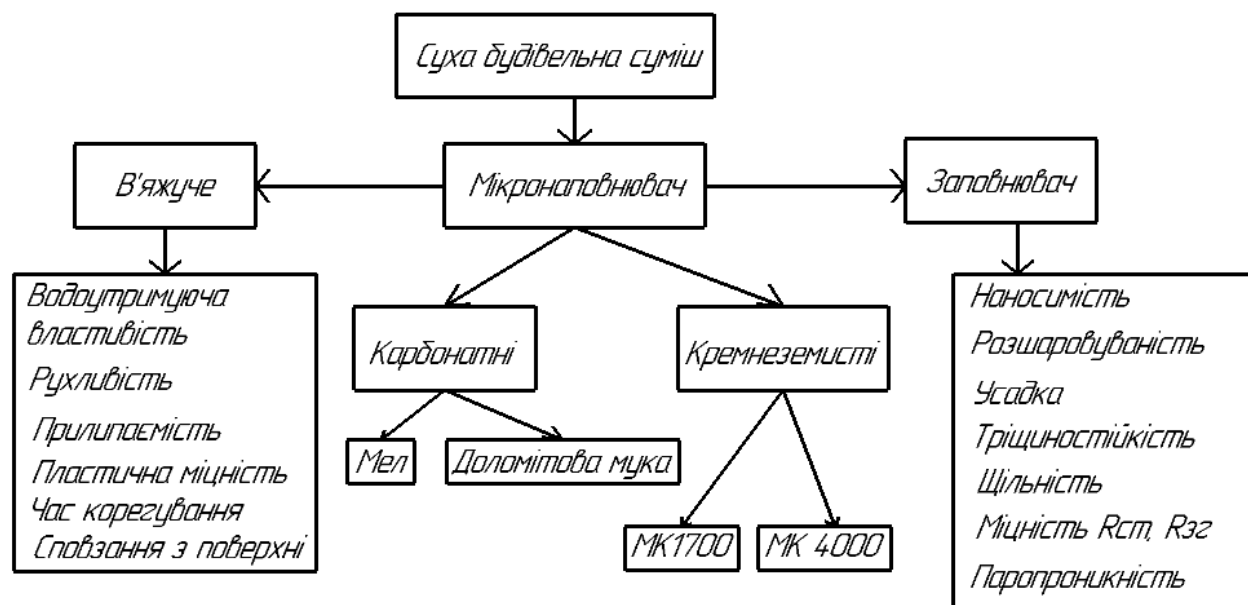


Рисунок 1.2 – Обґрунтування об'єкта (моделі) дослідження

Висновок

Аналіз літературних джерел показав наступне:

1. Виробництво сухих будівельних сумішей в основному залежить від імпорتنих хімічних добавок. В Україні їх промислове виробництво залишається обмеженим.
2. У промислових масштабах для оздоблювальних робіт часто використовують готові товарні розчини, оскільки сухі суміші, представлені на ринку, мають значно вищу вартість.
3. У виробництві сухих будівельних сумішей зазвичай застосовують цемент марки ПЦ-500, оскільки цементи нижчих марок вважаються недостатньо надійними для стабільної якості кінцевої продукції.
4. Серед науковців немає єдиної думки щодо того, як саме мікронаповнювачі впливають на властивості цементних систем.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1. Характеристика сировинних матеріалів

2.1.1. В'яжучі для сухих будівельних сумішей

Для в'яжучого матеріалу використовувався цемент марки ПЦ-500, виготовлений на Криворізькому цементному заводі. Він відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-46:2010 для цементів марки ПЦ-500. Детальні характеристики складу та властивостей цього цементу представлені в таблицях 2.1, 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.1 - Мінералогічний склад цементу, (мас. %)

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
58-64	18-22	6-8	10-14

Таблиця 2.2 – Хімічний склад цементу, (мас. %)

CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	п.п.п.
61,3	22,0	7,2	4,7	2,1	0,3	2,4

Таблиця 2.3 – Властивості цементу

Нормальна густина цементного тіста, %	Час тужавіння, хв		Границя міцності, МПа		Марка цементу
	початок	кінець	згин	стиск	
26	1,50	4,50	6	58,5	ПЦ-500

Для замішування використовувалася звичайна водопровідна вода, яка відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-114:2002. Для дослідження хімічної активності мікронаповнювачів застосовувалася дистильована вода згідно з ДСТУ 4175:2003, отримана за допомогою серійного лабораторного дистильатора.

2.1.2. Характеристика заповнювача для сухих будівельних сумішей

Як заповнювач використовувався пісок Олександрівського родовища Кіровоградської області. Гранулометричний склад і фізико-механічні властивості піску, що використовувався наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика піску Олександрівського родовища

Вміст гравію, %	Приватні (повні) залишки, % на ситах, мм					Вміст пилуватих і глинистих частинок, %	Модуль крупності	Щільність, кг/м ³	
	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16			насипна	істинна
-	0,5/ 0,5	1,0 / 1,5	4,5 / 6,0	35,0 / 41,0	53,5 / 94,5	4,0	1,44	1390	2600

2.1.3. Характеристика тонкодисперсних добавок

Для штукатурних сумішей як добавки використовувалися крейда, мікрокремнезем та доломітове борошно.

2.1.3.1. Характеристика крейди

Для штукатурних сумішей як мікронаповнювач використовувалася мелена крейда МТД-1, що відповідає вимогам ДСТУ Б EN 459-1:2015.

2.1.3.2. Характеристика доломітового борошна

Як мікронаповнювач використовувалося тонкомолоте доломітове борошно. Його питома поверхня становить $S_{уд} = 200 \text{ м}^2/\text{кг}$. Насипна щільність доломіту становить $\rho_n = 1128 \text{ кг/м}^3$. Доломіт має водневий показник $\text{pH} = 8$. Характеристики доломітового борошна наведені в табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристики доломітового борошна

MgO	CaO	CO ₂	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₃	Питома поверхня, м ² /кг	Розмір частин ок, мкм	Істин на щільн ість, кг/м ³
20	32- 34	45	0,05- 0,25	1-2	2-5	200	10-12	2855- 2950

2.1.3.3. Характеристика мікрокремнезему

У роботі використовувалися мікрокремнезем Братського алюмінієвого заводу з питомою поверхнею 4000 м²/кг та мікрокремнезем марки «Mikrosilika» (виробництва Німеччини) з питомою поверхнею 1700 м²/кг. Згідно з ДСТУ Б В.2.7-103-2000, мікрокремнезем класифікується як кисла сировина.

Хімічний склад мікрокремнезему наведено в таблиці 2.7, а його характеристики за технічним паспортом представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад мікрокремнезему

Вид МК	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O	Al ₂ O ₃	SO ₂	SiC
МК БрАЗа	9,0- 94,0	1-3	0,7- 1,4	0,2- 0,4	0,1-0,5	0,7- 1,5	До 0,09	До 3
Mikrosilika	98	0,3- 0,5	0,1- 0,3	0,05	<0,05	<0,05		<0,5

Таблиця 2.8 – Характеристика мікрокремнезему

Вид МК	Водневий показник (рН)	Насипна густина, кг/м ³	Істинна густина, кг/м ³	Питома поверхня, м ² /кг	Розмір частинок, мкм
МК БрАЗа	5-7	250	2180	4000	0,1-0,4
Mikrosilika	5	400	2200	1700	0,4-1,8

2.1.4. Характеристика хімічних добавок

Як модифікатори використовувалися сухі порошкоподібні добавки: суперпластифікатор С-3, що відповідає ТУ 6-36-0204229-625, та метилцелюлоза КМЦ, яка відповідає ОСТ 6-05-386.

2.2. Методики проведення експериментів

2.2.1. Випробування цементу і піску

Випробування цементу проводилися відповідно до стандартів ДСТУ Б В.2.7-46:2010, ДСТУ Б В.2.7-138:2007, ДСТУ Б В.2.7-137:2007 і ДСТУ Б В.2.7-181:2009. Визначалися такі показники: тонкість помелу цементу, його питома поверхня, нормальна густина цементного тіста, час тужавіння, міцність при вигині і стисненні зразків, а також марка цементу.

Випробування дрібного заповнювача (піску) проводилися відповідно до ДСТУ Б В.2.7-32:2001. Визначалися такі характеристики: зерновий склад і модуль крупності, насипна щільність, справжня щільність, пустотність, вміст пилових і глинистих частинок, а також наявність органічних домішок у піску.

2.2.2. Визначення хімічної активності мікронаповнювачів

Цей метод базується на оцінці здатності мінеральних добавок зв'язувати гідрат окису кальцію, що утворюється під час твердіння цементу. Для випробувань готують суміш, яка складається з 80% цементу і 20% мікронаповнювача. З тіста нормальної густини формуються кубики розміром 2×2×2 см, які тверднуть в умовах нормальної вологості. Через 1, 7, 14 та 28 діб

твердіння зразки подрібнюються так, щоб не менше 85% маси проходило через сито №008.

Далі 150 мл дистильованої води наливають у конічну колбу, додають 30 г підготовленої проби, закривають колбу пробкою та струшують протягом 1 хвилини. Колбу ставлять на годину в термостат при температурі $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$. Після цього знову перемішують розчин протягом 1 хвилини.

Отриманий розчин фільтрують, збираючи фільтрат у конічну колбу, яку охолоджують до кімнатної температури. З фільтрату для аналізу відбирають 50 мл за допомогою піпетки, додають 3-5 мл розчину NaOH концентрацією 2 моль/л, а також 20-30 мг мурексиду (на кінчику шпателя). Іони Ca^{2+} у воді з мурексидом утворюють комплекс, забарвлений у рожевий колір. До цього розчину додають краплями з бюретки розчин трилону-Б до переходу кольору в фіолетовий.

Аналіз кожної проби проводять тричі. Вміст іонів кальцію визначають за середнім об'ємом трилону-Б, використаного під час титрування.

2.2.3. Визначення водоутримуючої здатності цементного в'язучого

Для визначення водоутримуючої здатності використовувалися: сферична чаша, гумовий конус висотою $(h = 2S)$ мм, діаметром від 18,5 до 36 мм, хроматографічний папір з розмітками, два металеві кільця (зовнішній діаметр — 50 мм, внутрішній — 75 мм, висота — 8 мм), секундомір і ваги.

Процедура тесту починається з відважування необхідної кількості суміші. Хроматографічний папір розміщують між двома металевими кільцями для запобігання контакту з поверхнею столу. Конус встановлюється на папір малим діаметром вниз так, щоб він був вирівняний з внутрішніми мітками на папері.

Потім у чашу додається суха суміш, до якої додається точна кількість води. Одразу запускають секундомір і вручну перемішують суміш протягом

25 секунд, оскільки тест чутливий до точності часу перемішування. Протягом наступних 5 секунд конус доверху заповнюється сумішшю.

Після цього вода починає поглинатися хроматографічним папером і розповсюджується від внутрішньої мітки до зовнішньої. Коли водяна межа досягає зовнішньої мітки (на 1 см далі від внутрішньої), фіксується час за показниками секундоміру.

2.2.4. Визначення прилипаємості (адгезії) в'язучого до основи

Визначалися значення прилипання в'язучого до пористої основи (поверхня цегли) і умовно щільному (бетонна поверхня). Установка для визначення прилипаємості приведена на рис 2.1.

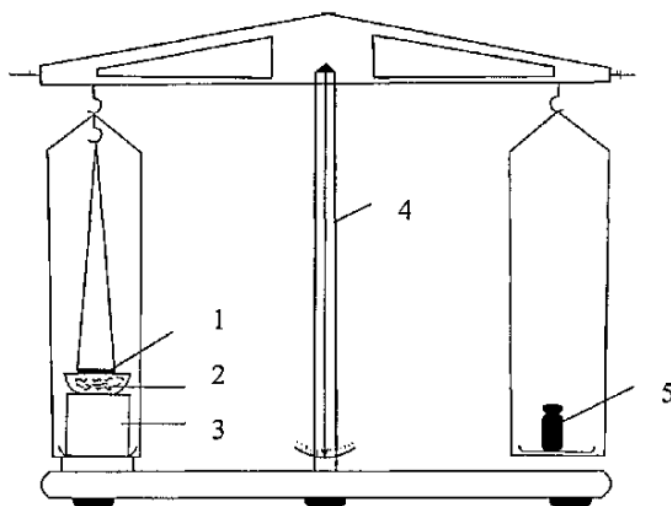


Рисунок 2.1 - Установка для визначення прилипаємості змішаного в'язучого

1-бетонна (або цегляна) пластинка; 2 — чашка з випробуваною сумішшю; 3-опора для чашки; 4 — аналітичні ваги; 5 - різновес.

Приготована цементна суміш закладається в чашку. Бетонна (цегляна) пластинка злегка притискається до суміші для більш щільного контакту двох поверхонь. На протилежну чашу терезів встановлюються різноваги до тих пір, поки пластинка не відірветься від поверхні цементної суміші.

Величина прилипаємості визначається за формулою:

$$\Pi = (P - M) / S$$

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

де:

П- Зусилля відриву зразка, г;

М- маса зразка, г;

S-площа контакту, см².

2.2.5. Визначення пластичної міцності в'язучого

Для визначення пластичної міцності використовувався конічний пластометр Ребиндера. Методика проведення випробування наступна:

1. Приготовану цементну суміш поміщають у чашку пластометра, вирівнюючи поверхню.
2. Вершину конуса пластометра точно підводять до горизонтальної поверхні суміші.
3. На важіль пристрою підвішують початковий вантаж.
4. Стрижень пластометра звільняють, і конус починає занурюватися в суміш.
5. Коли навантаження на конус врівноважується пластичною міцністю суміші, занурення припиняється.
6. Фіксується кінцева глибина занурення конуса, яка відповідає пластичній міцності структури суміші.

Пластичну міцність підраховують за формулою:

$$P=(k*F)/h^2, \text{ дин/см}^2$$

де:

k-коефіцієнт, що залежить від кута конуса,

F-вертикальне навантаження на конус, г,

h-глибина занурення конуса, мм.

2.2.6. Оцінка фізико-механічних властивостей плиточних розчинів

Випробування плиточних розчинів проводилися згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-126:2006.

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2.2.7. Визначення міцності зчеплення розчину з щільною і пористою поверхнею.

Для випробування штукатурний розчин наносили шаром 4 мм на цегляні зразки (половинки цегли) або бетонні кубики розміром 7×7×7 см. Після нанесення розчину зразки тверділи в нормально-вологісних умовах протягом 28 діб.

Для проведення випробування на поверхню розчину за допомогою епоксидного клею приклеювали сталевий циліндр радіусом 2 см з анкером для захоплення. Після цього система склеювання витримувалася протягом 8 годин при кімнатній температурі, щоб забезпечити належне твердіння клею.

Навантаження прикладалося на установці для випробувань на розтяг.

Міцність зчеплення визначається за формулою:

$$R_{сц}=F/S,$$

F – зусилля відриву, S – площа основи приклеєного циліндра.

2.2.8. Визначення величини сповзання клею

Для визначення сповзання клею з вертикальної поверхні використовували наступний метод (рис. 2.2). На вертикальну бетонну поверхню встановлювали рамку розміром 0,5×0,5×0,03 м. Уздовж внутрішнього нижнього ребра рамки наносили позначку. В рамку закладали суміш так, щоб її нижній край співпадав із позначкою. Після цього суміш вирівнювали та загладжували широким шпателем, а рамку обережно знімали.

Сповзання оцінювали не раніше завершення тужавіння. Після затвердіння суміші по її нижньому краю робили другу позначку. Величину сповзання визначали як відстань між першою та другою позначками.

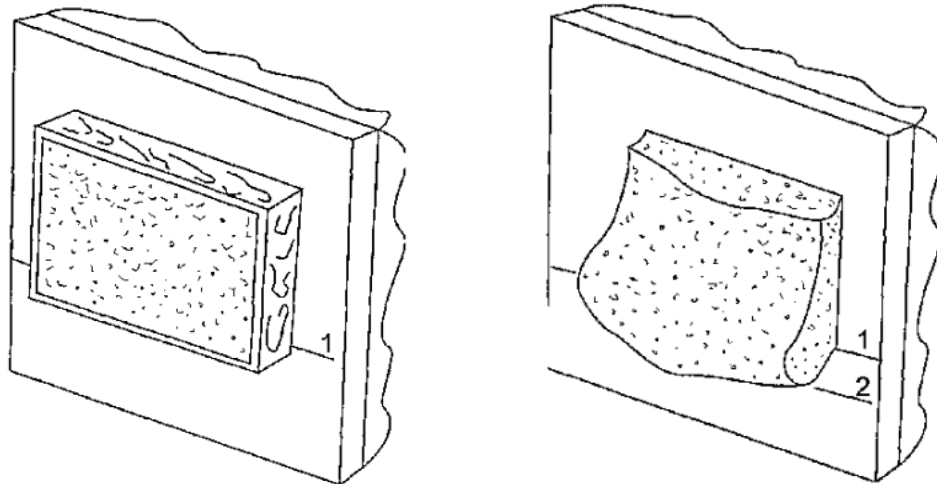


Рисунок 2.2. Визначення сповзання штукатурної суміші

1-Перша відмітка по внутрішньому ребру рамки; 2-Друга відмітка по нижньому краю суміші, що сповзла.

2.3. Оцінка хімічної активності мінеральних мікронаповнювачів

Під час гідратації основних клінкерних мінералів, зокрема аліту, у надлишку утворюється вільний гідроксид кальцію. Це може негативно вплинути на корозійну стійкість цементного каменю в пізні терміни твердіння через реакцію вилуговування, а також призвести до зниження міцності внаслідок перекристалізації новоутворень або утворення високоосновних гідросульфоалюмінатів кальцію.

Як показано на рис. 2.3, зв'язування іонів кальцію найактивніше відбувається при додаванні мікрокремнезему з питомою поверхнею 4000 м²/кг. Це можна пояснити не лише прямим хімічним зв'язуванням через кислотно-основну взаємодію, а й каталітичними властивостями мікрокремнезему, що сприяють регулюванню когезійно-адгезійних зв'язків у структурі матеріалу. За рахунок утворення міцних ковалентних зв'язків і збільшення частки когезійних зв'язків у системі підвищується міцність матеріалу, особливо при використанні пластифікатора, який значно знижує поверхневий натяг, полегшуючи процес хімічного зв'язування.

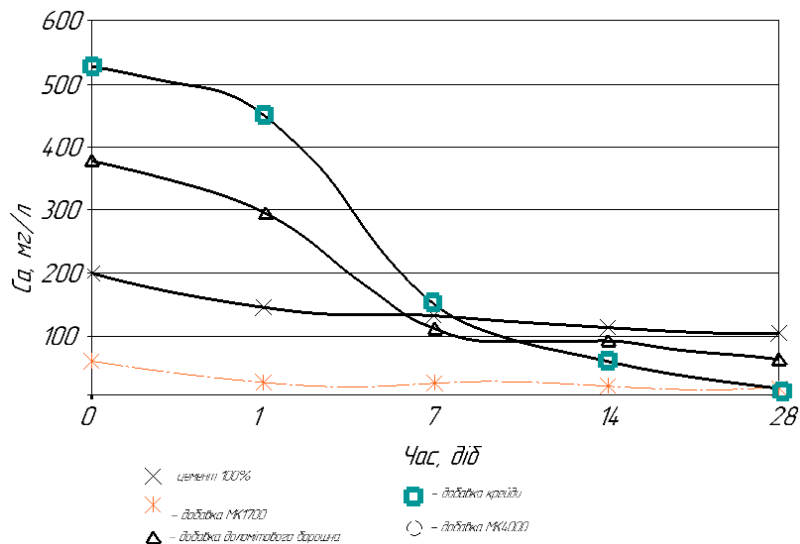


Рисунок - 2.3. Хімічна активність мінеральних добавок

У змішаному в'язучому з карбонатними мікронаповнювачами, такими як крейда і доломіт, процес зв'язування іонів кальцію відбувається повільніше, і значне зниження вмісту Ca^{2+} спостерігається тільки до 7-ї доби твердіння. Утворення високоосновних гідрокарбосульфоалюмінатів кальцію призводить до збільшення кількості центрів протонізації на поверхні кальційвмісних компонентів [17]. Це, в свою чергу, сприяє збільшенню частки ковалентних зв'язків між реагуючими компонентами, що позитивно впливає на міцність структури.

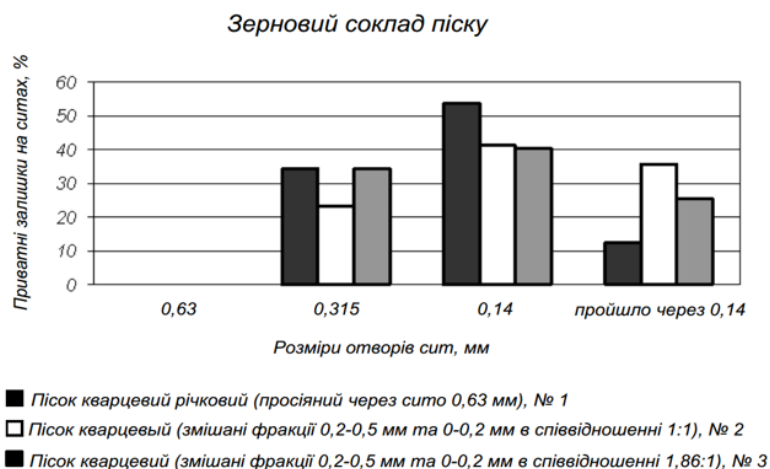


Рисунок 2.4 – Зерновий склад піску

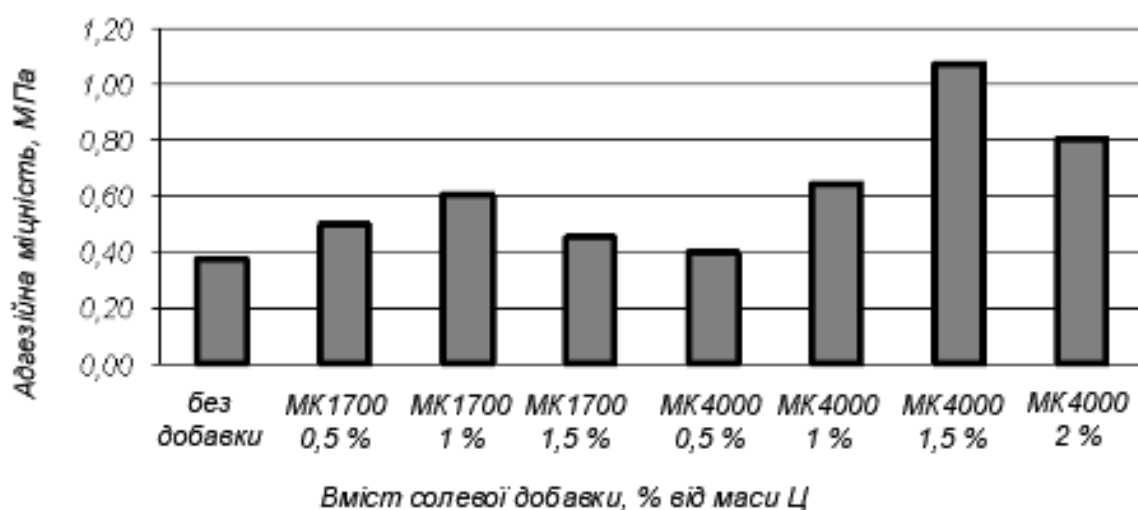


Рисунок 2.5 – Залежність адгезійної міцності від витрати добавки МК1700 або МК4000 (вік 7 діб; Ц:П=1:2; В/Ц=0,7; КМЦ=1,5 % від маси Ц).

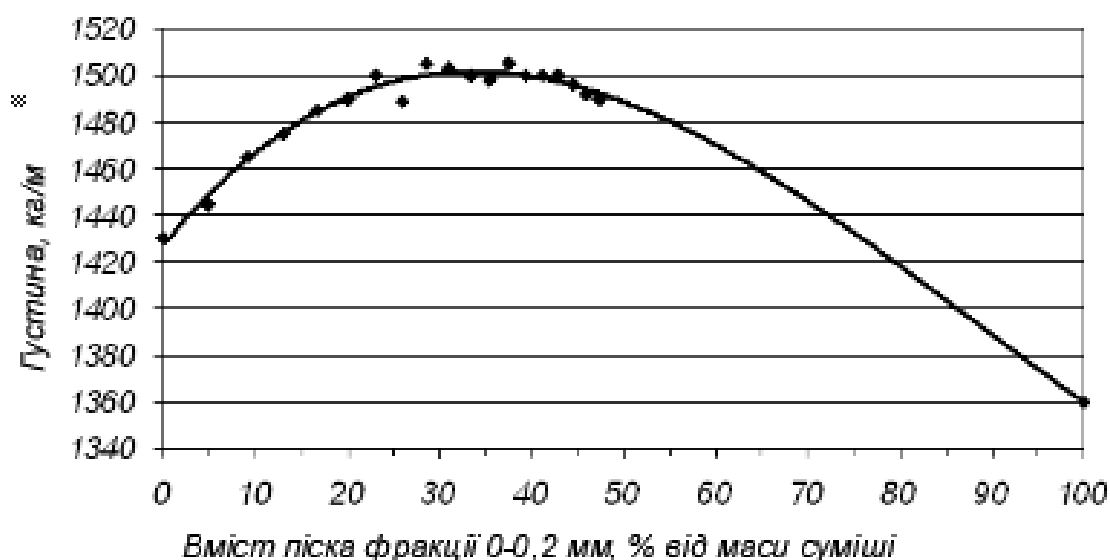


Рисунок 2.6 – Залежність насипної густини піска від співвідношення фракцій 0,2-0,5 мм и 0-0,2 мм

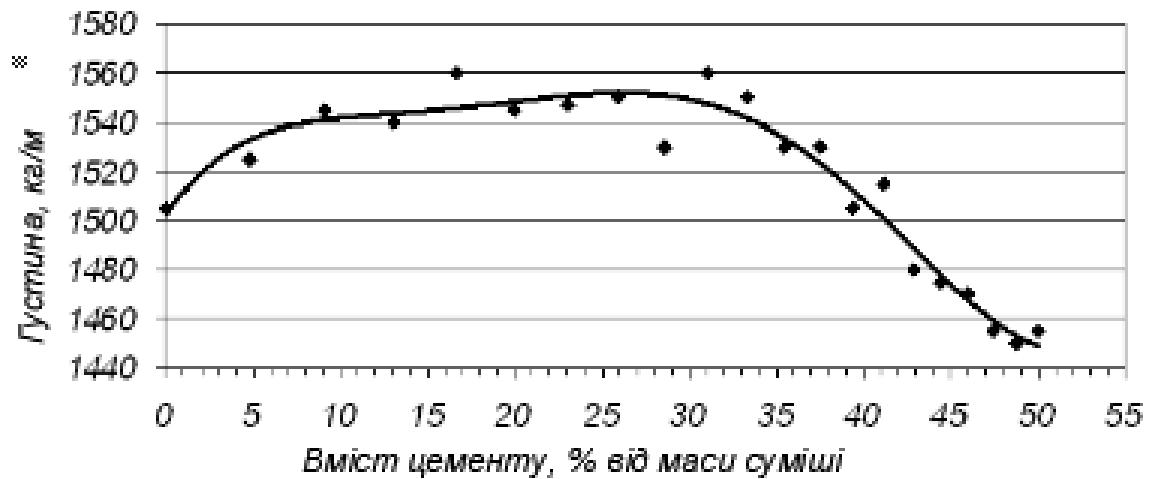


Рисунок 2.7 – Залежність насипної густини цементно-пісочної суміші на піску № 3 від витрати цементу

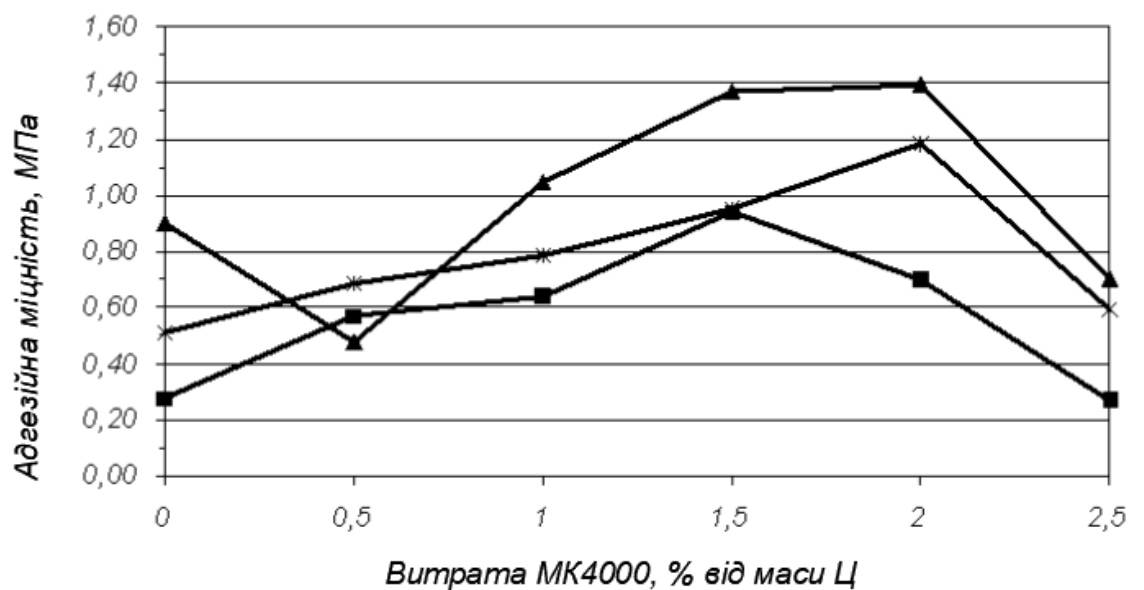


Рисунок 2.8 – Залежність адгезійної міцності від витрати МК4000
(вік 7 діб; Ц:П=1:2; пісок № 1; В/Ц=0,7;
КМЦ=1,7 % від маси Ц)

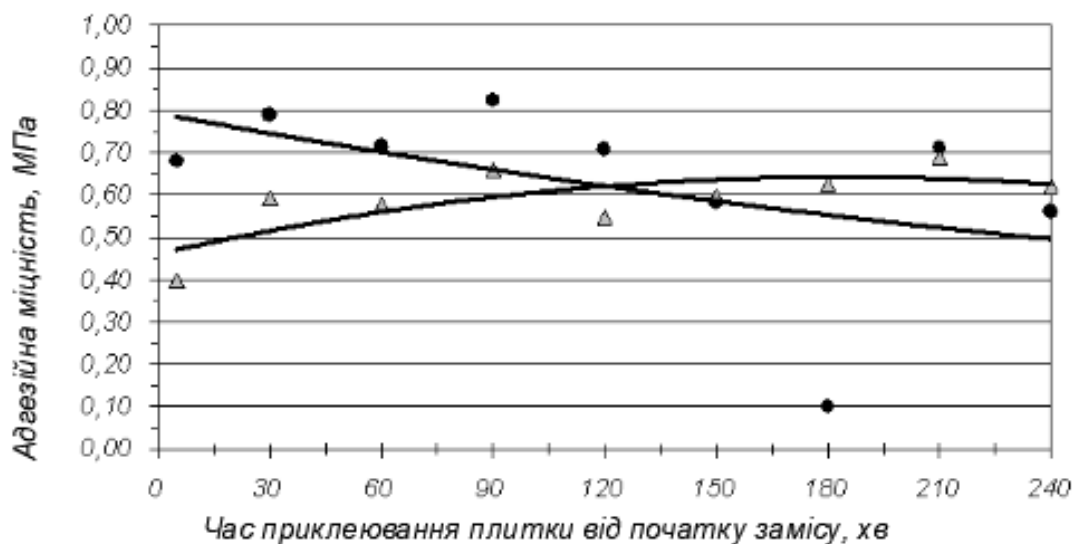


Рисунок 2.9 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; пісок №2; КМЦ=0,5 %, МК4000=0,5 % від маси суміші)

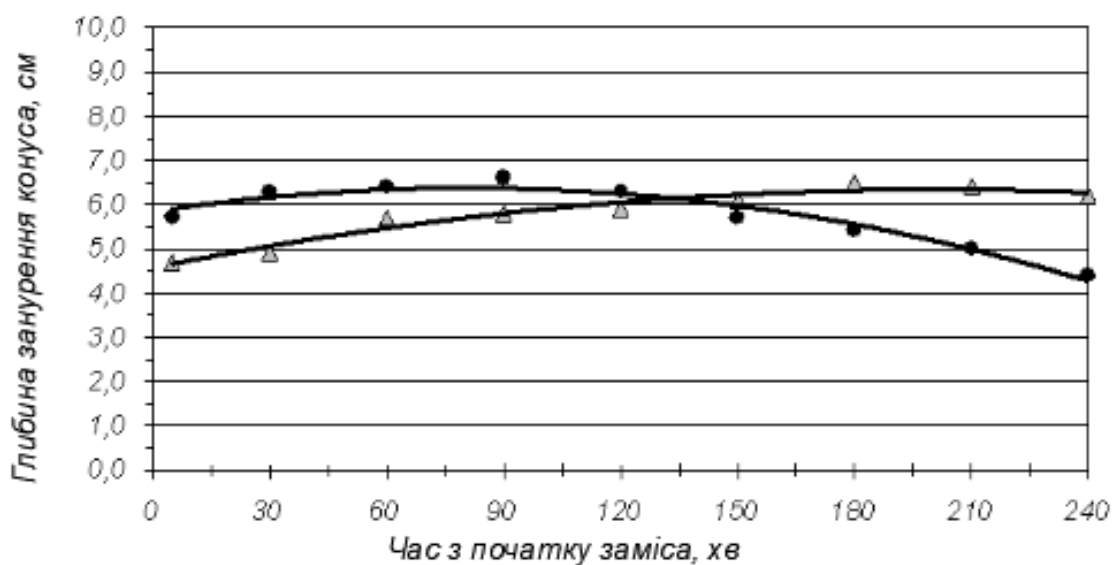


Рисунок 2.10 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (пісок №2; КМЦ=0,5 %, МК4000=0,5 % від маси суміші)

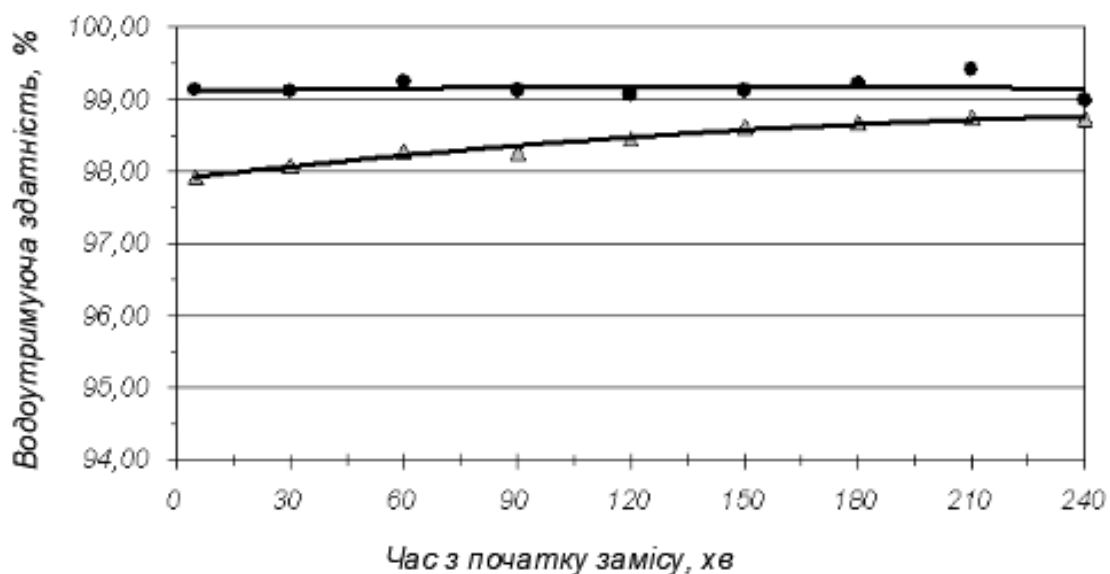


Рисунок 2.11 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (пісок №2; КМЦ=0,5 %, МК4000=0,5 % від маси суміші)

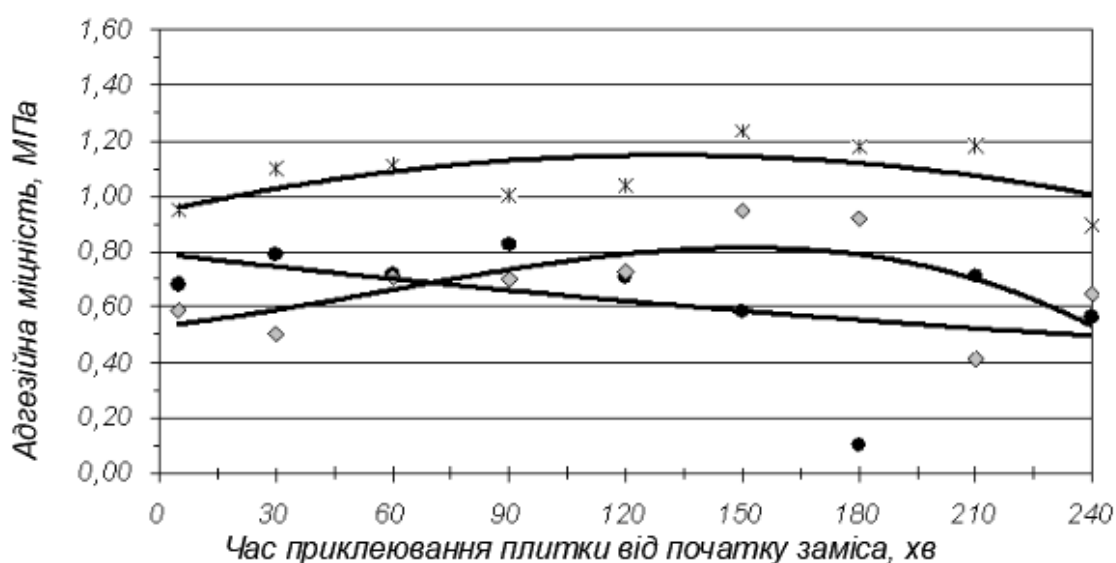


Рисунок 2.12 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; Ц:П=1:2; КМЦ=1,5 %, МК4000=1,5 % від маси Ц)

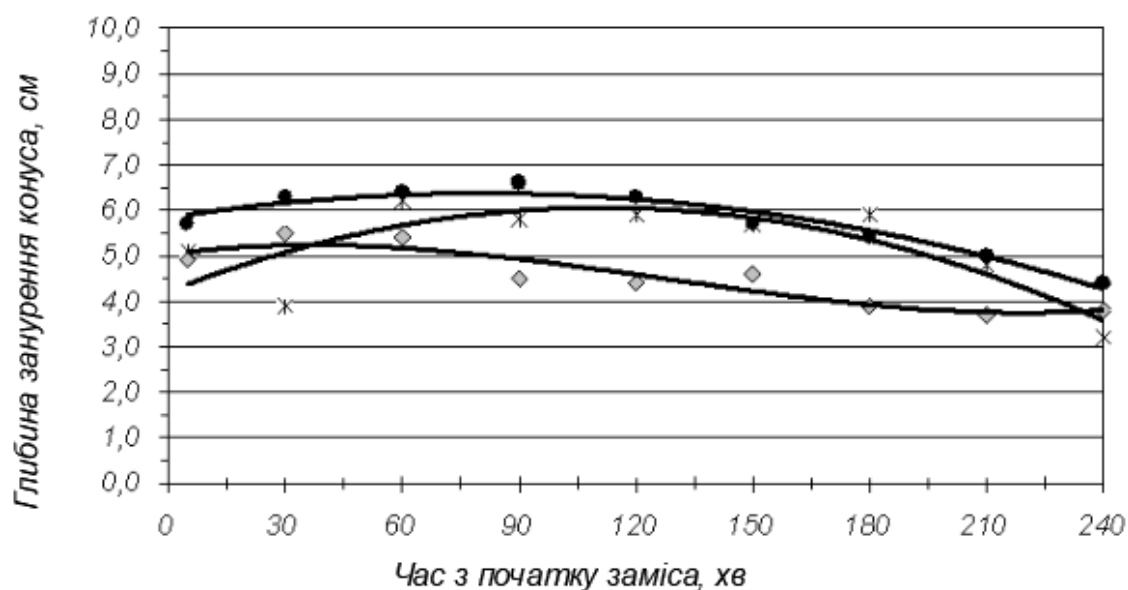


Рисунок 2.13 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; КМЦ=1,5 %, МК4000=1,5 % від маси Ц)

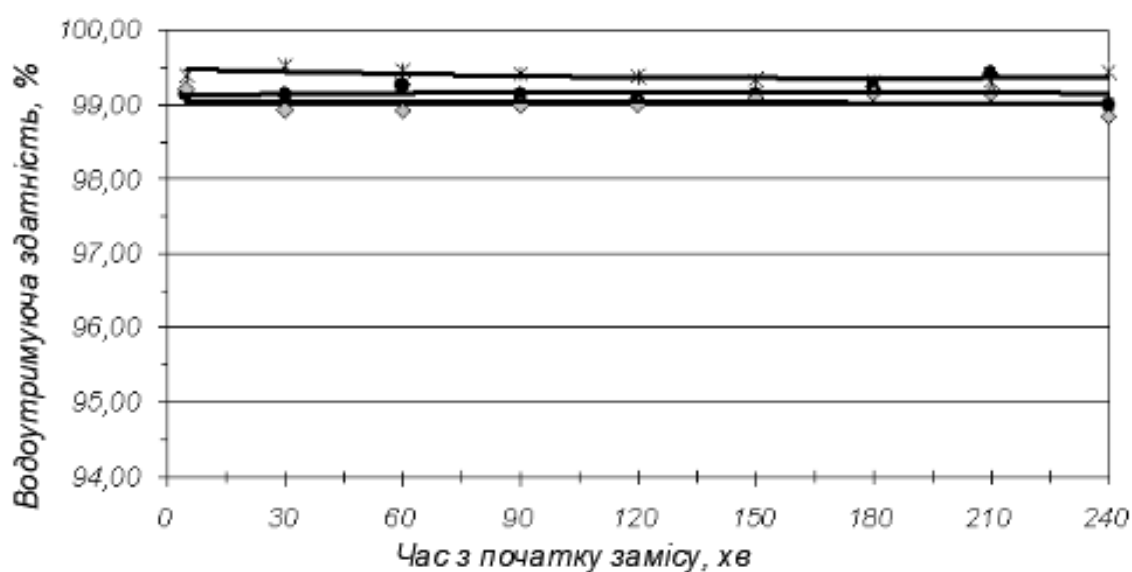


Рисунок 2.14 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; КМЦ=1,5 %, МК4000=1,5 % від маси Ц)

Час приклеювання плитки від початку замісу, хв		5-10	60	90	150	180	240
Середня адгезійна міцність (вік 7 діб), МПа	КМЦ=2 %, МК4000=2 % від маси Ц; Ц:П=1:2; пісок № 2; носій КМЦ - пісок фракції 0-0,2 мм; В/Ц=0,77	0,72	0,97	0,99	0,81	1,06	0,94
	КМЦ=2 %, МК4000=2 % від маси Ц; Ц:П=1:2; пісок № 1; носій КМЦ - вапнякове борошно; В/Ц=0,79	0,76	0,89	0,58	0,67	1,04	0,55

Рисунок 2.15 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки

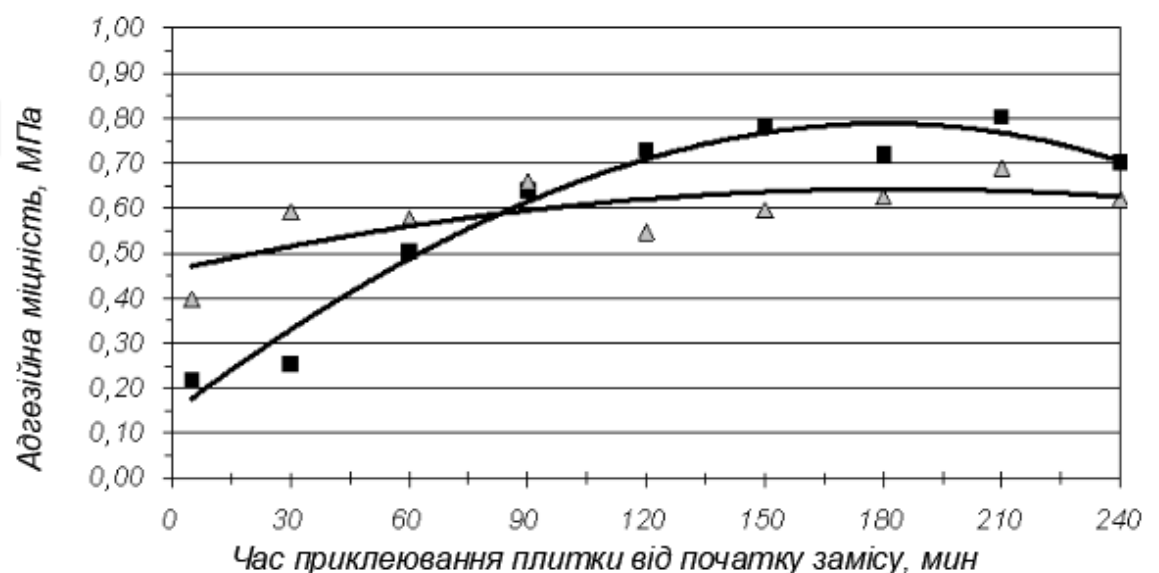


Рисунок 2.16 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; Ц:П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=0,5 %, МК4000=0,5 % від маси суміші)

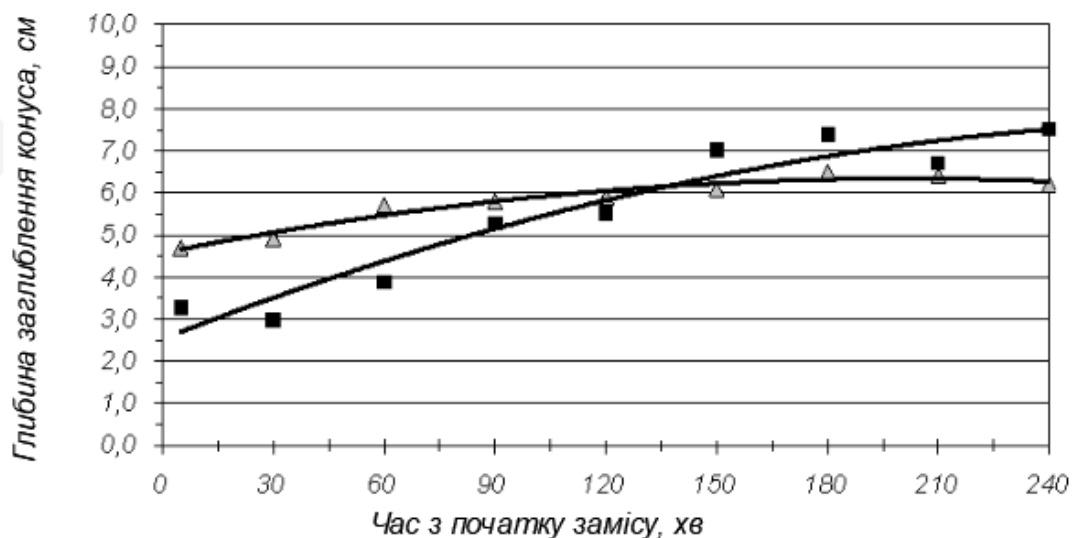


Рисунок 2.17 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=0,5 %, МК4000=0,5 % від маси суміші)

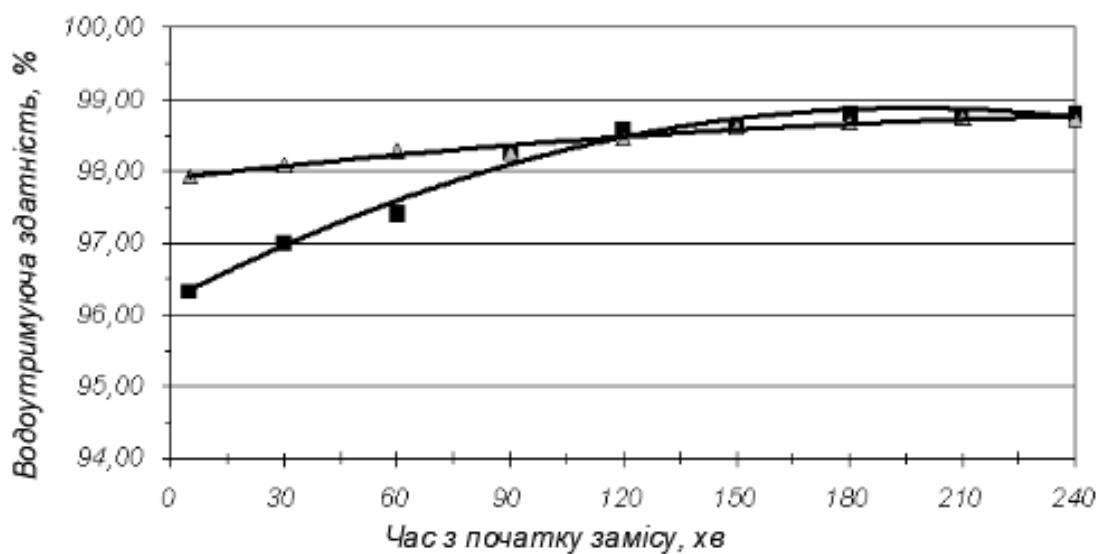


Рисунок 2.18 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=0,5%, МК4000=0,5 % від маси суміші)

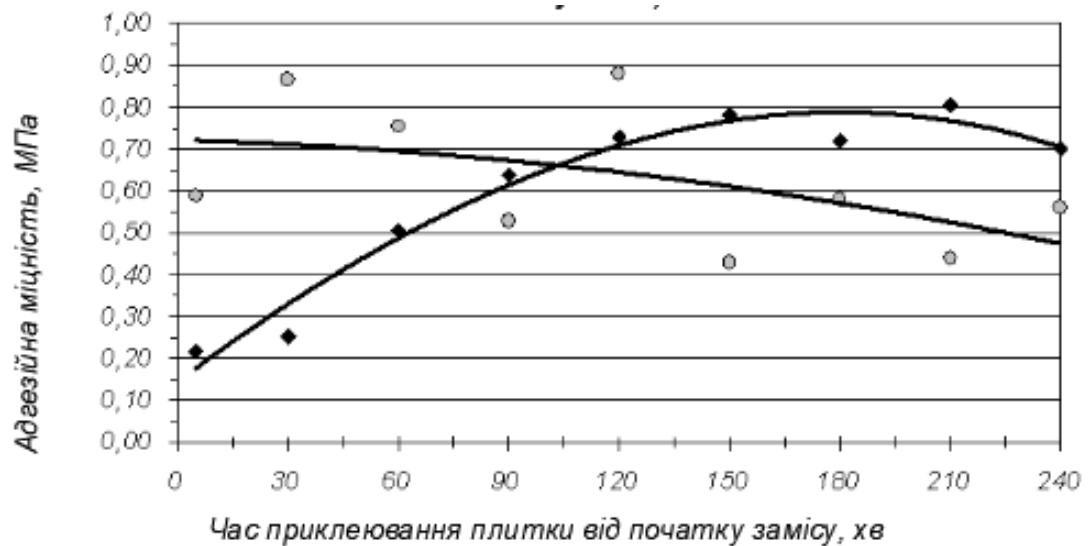


Рисунок 2.19 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; Ц: П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=1,5% від маси ц; додано 2 % гашеного вапна від маси суміші)

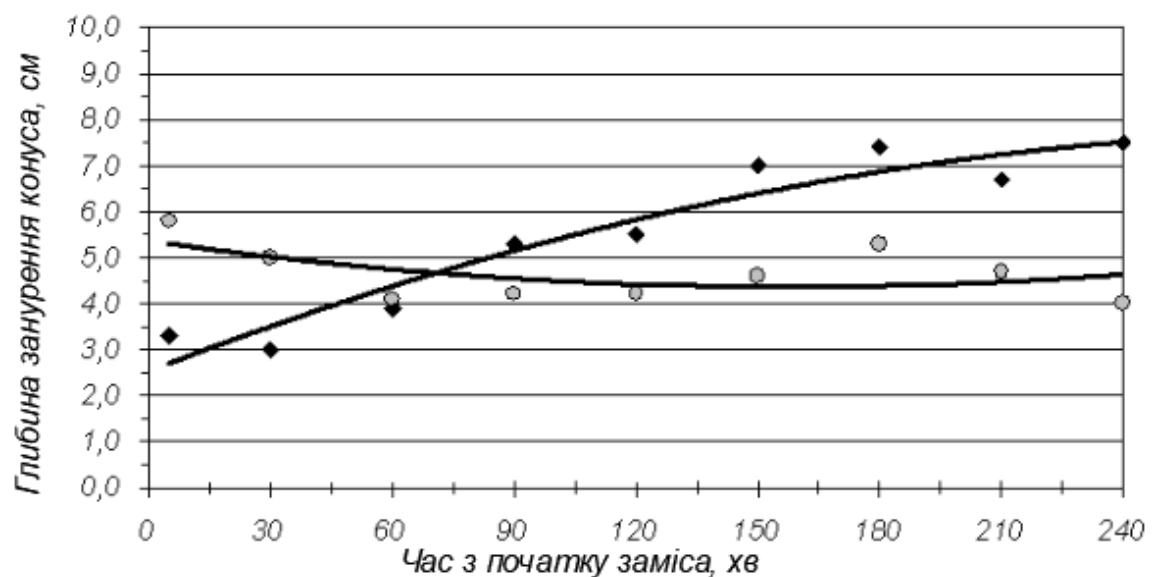


Рисунок 2.20 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=1,5% від маси Ц; Додано 2 % гашеного вапна від маси суміші)

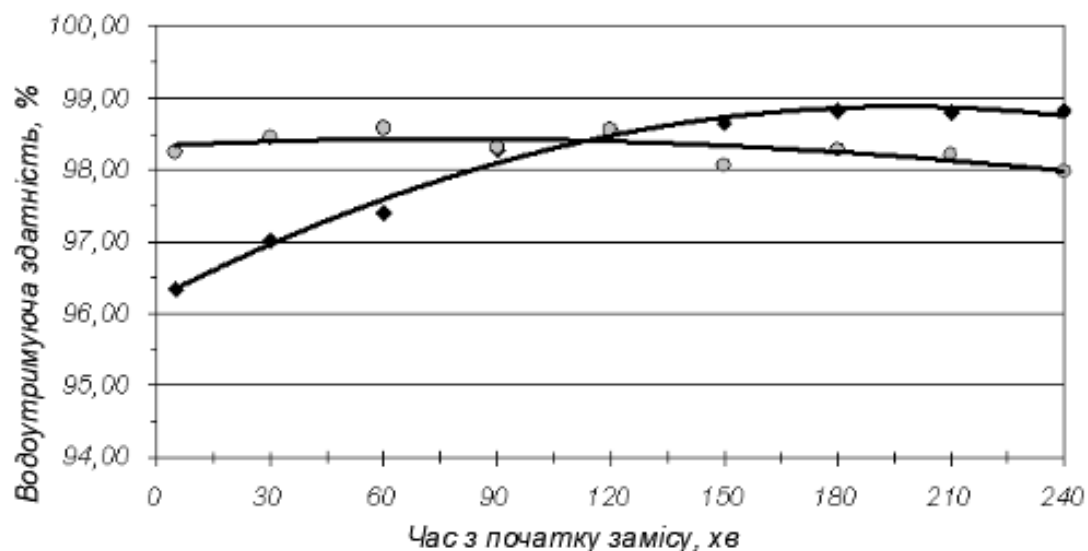


Рисунок 2.21 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:1,5; пісок № 2; КМЦ=1,5% від маси Ц; додано 2 % гашеного вапна від маси суміші)

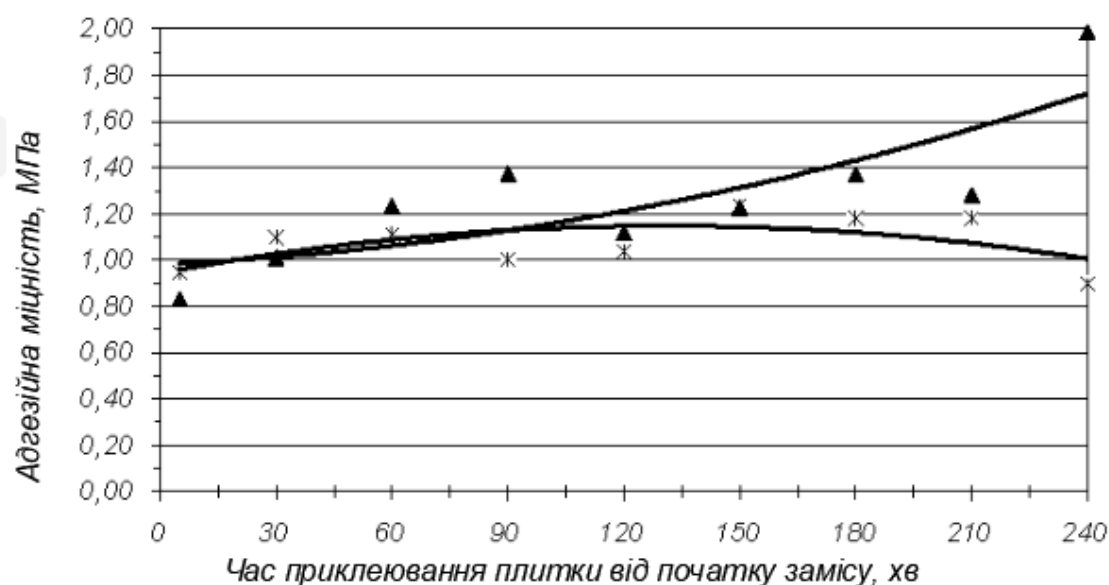


Рисунок 2.22 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; Ц:П=1: 2; пісок № 1)

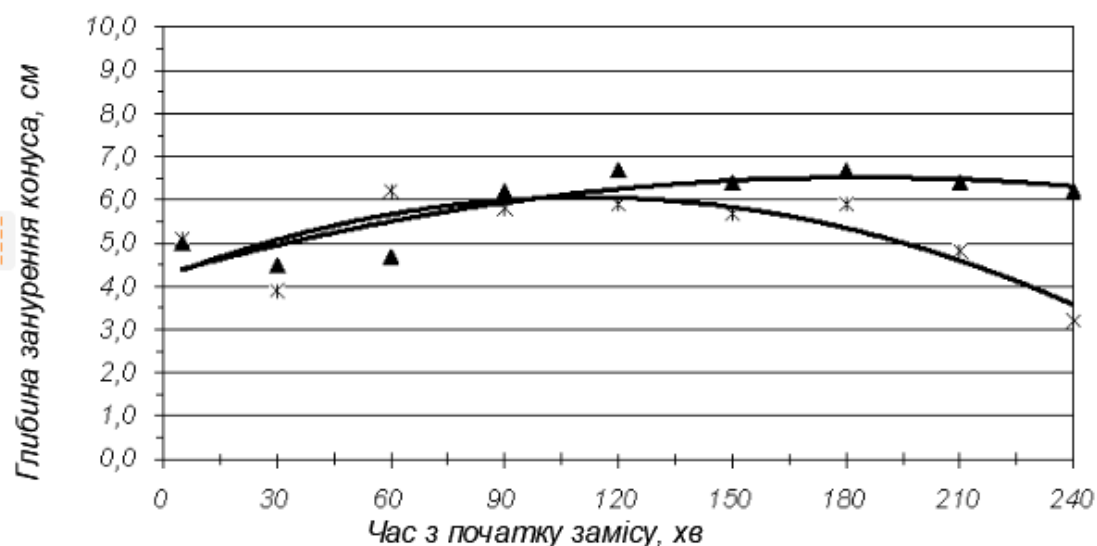


Рисунок 2.23 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; пісок № 1)

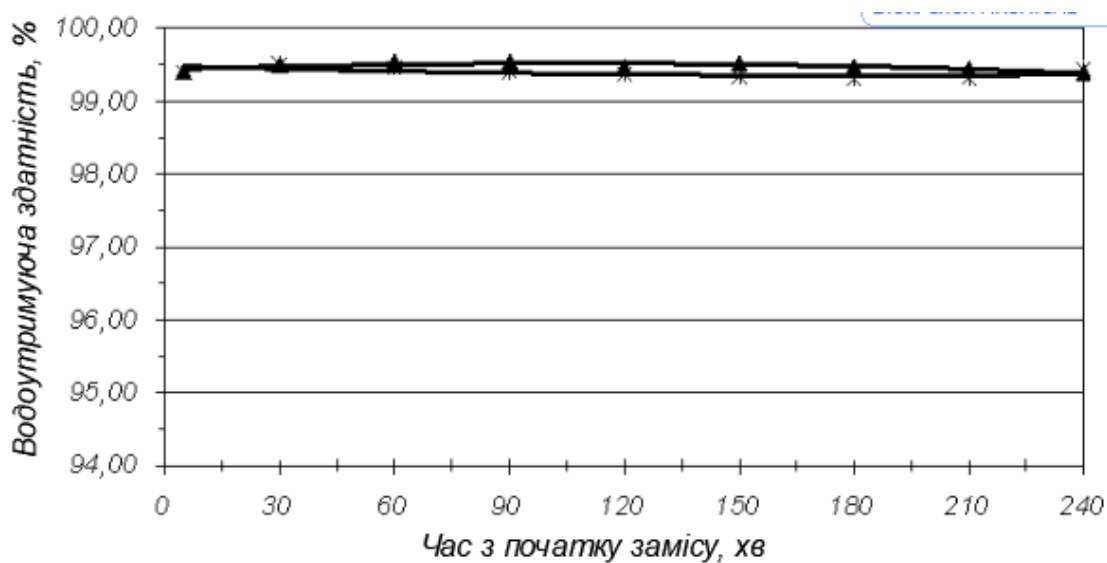


Рисунок 2.23 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; пісок № 1)

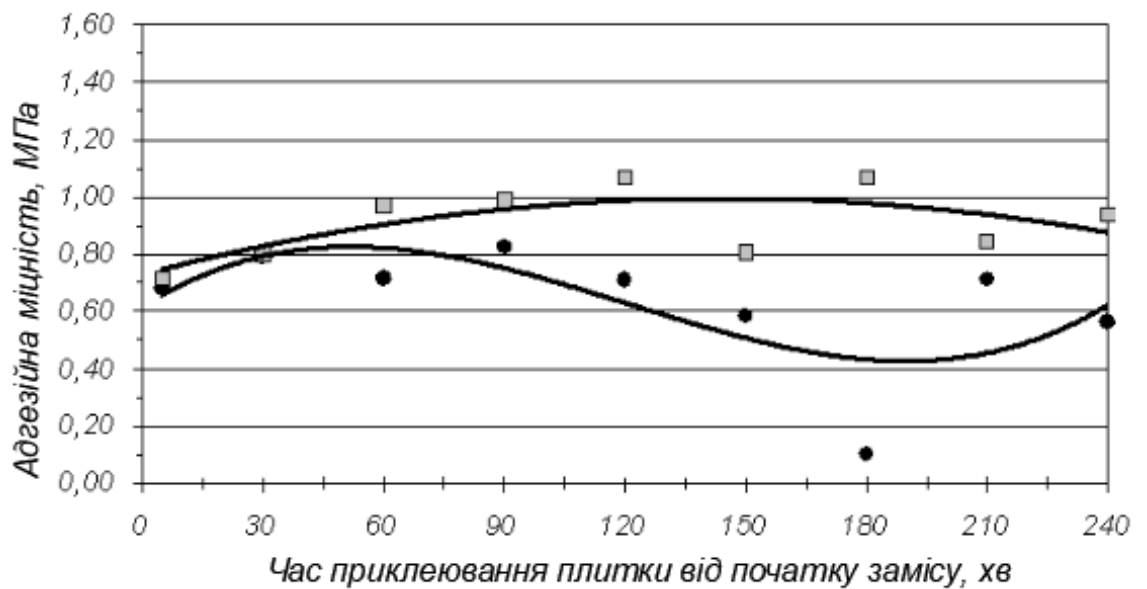


Рисунок 2.24 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб; Ц:П=1:2; пісок № 2)

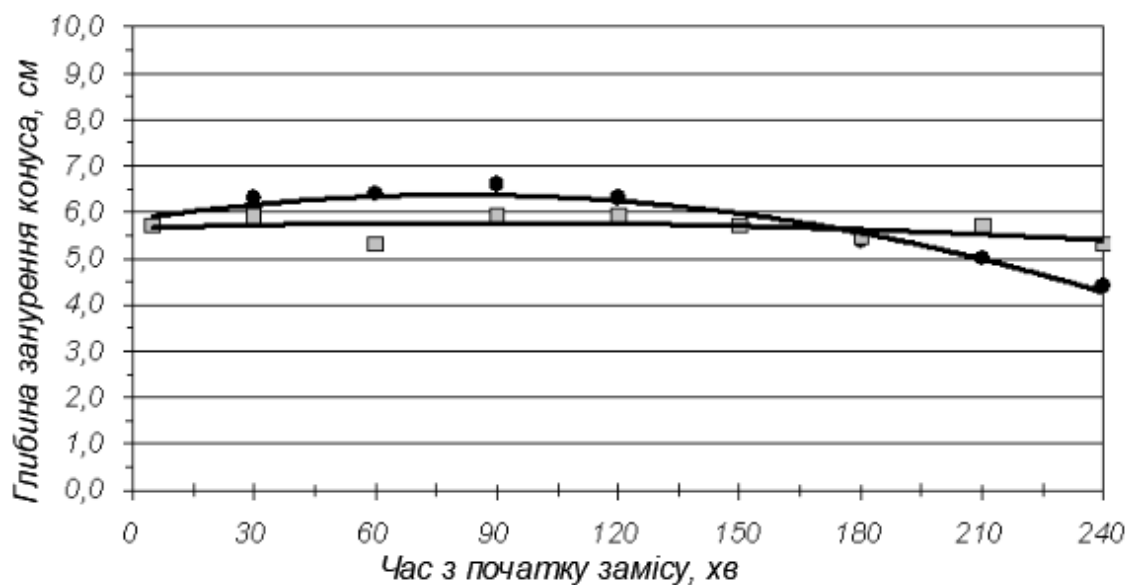


Рисунок 2.25 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; пісок № 2)

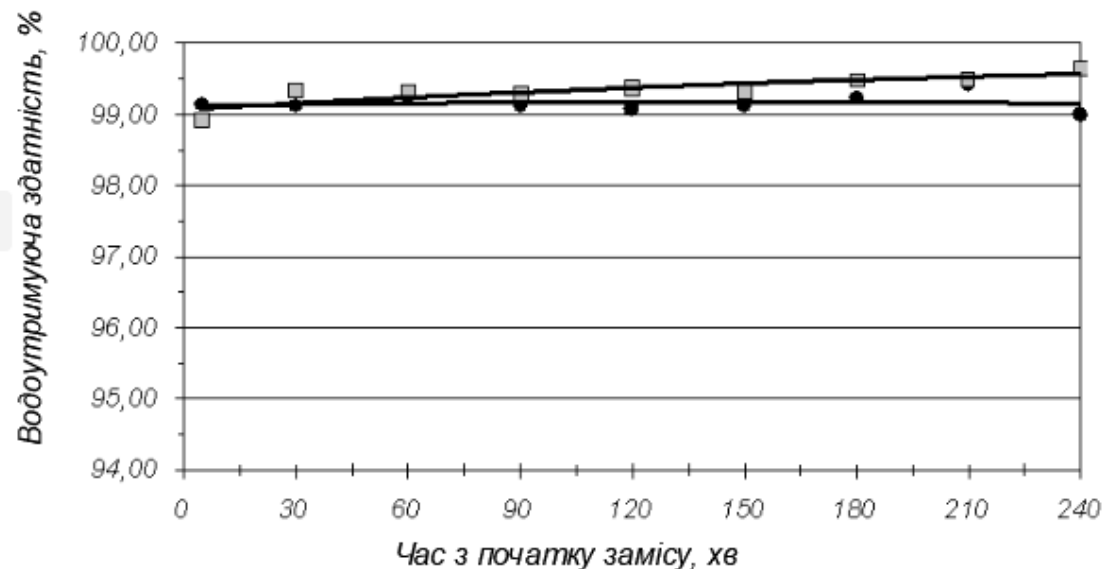


Рисунок 2.26 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу (Ц:П=1:2; пісок № 2)

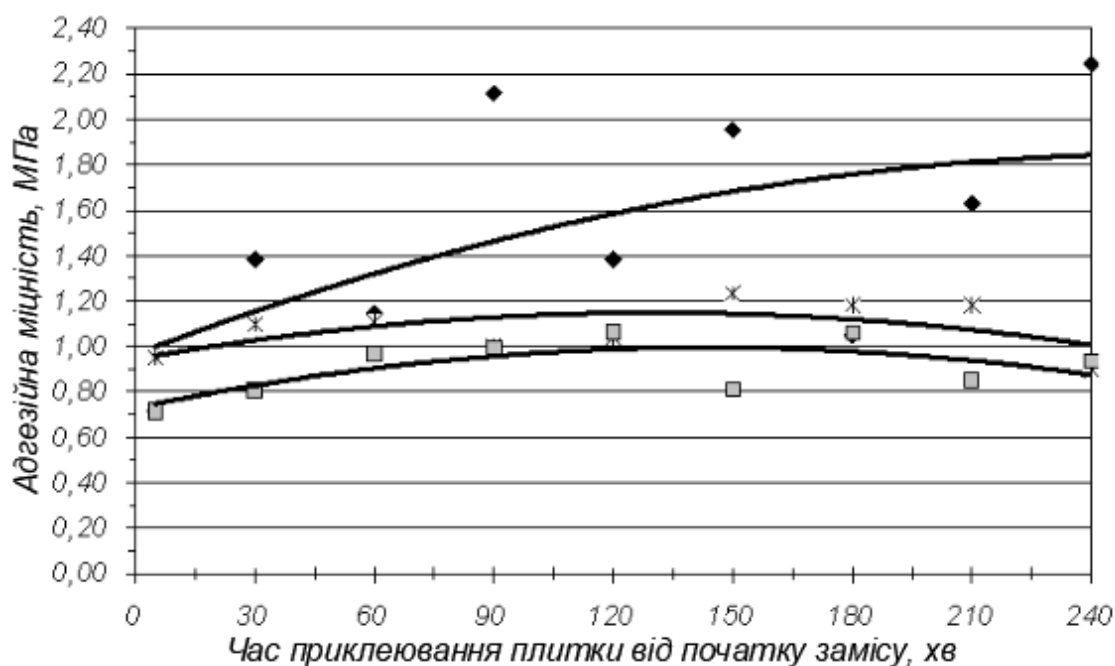


Рисунок 2.27 - Залежність адгезійної міцності від моменту приклеювання плитки (вік 7 діб)

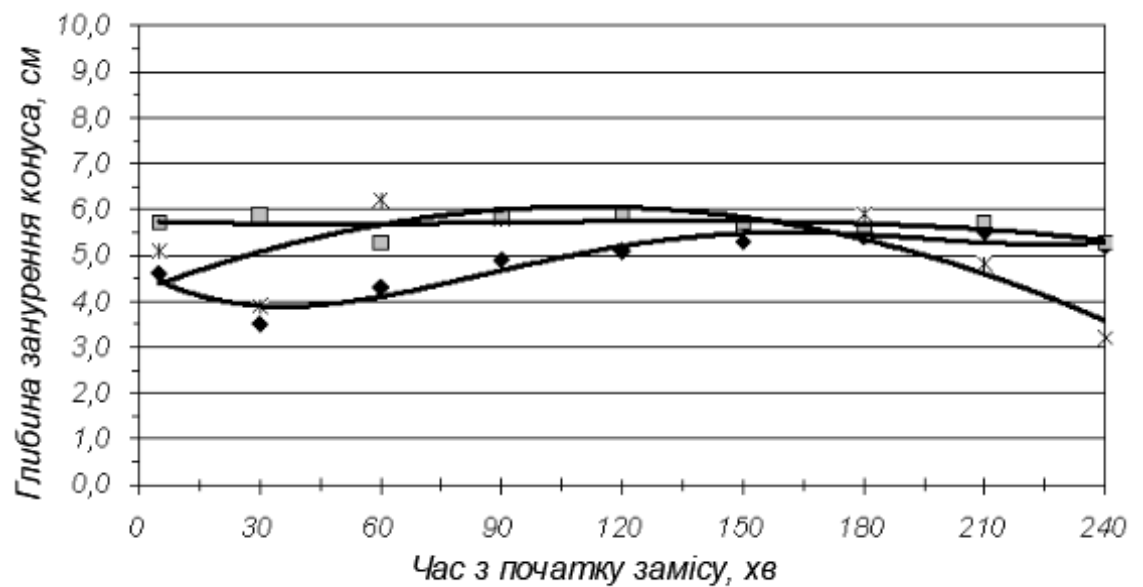


Рисунок 2.28 - Залежність рухливості суміші від часу з початку замісу

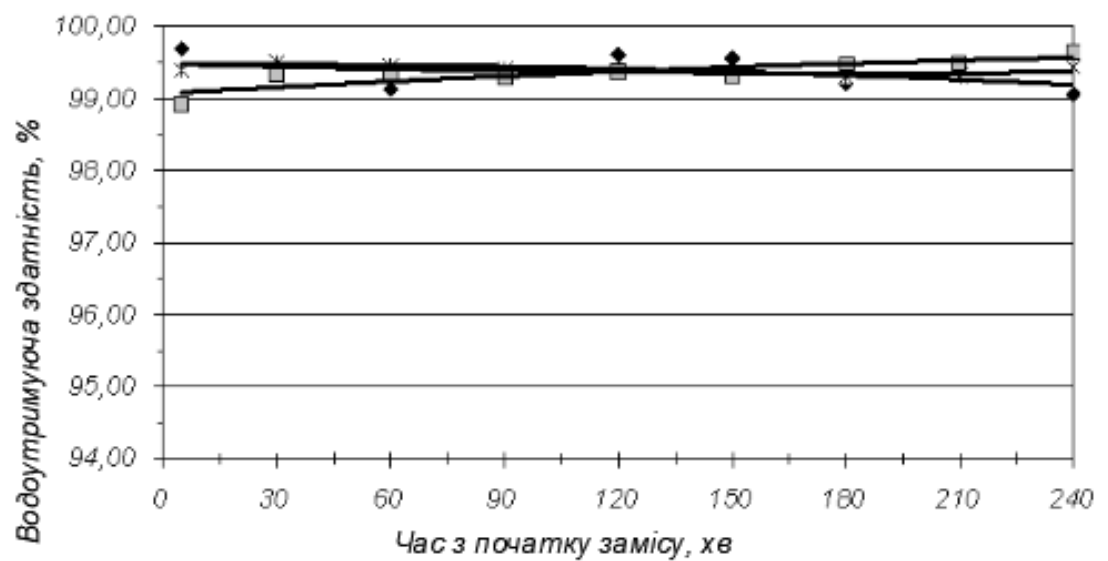


Рисунок 2.29 - Залежність водоутримуючої здатності суміші від часу з початку замісу

Вміст компонентів суміші	Клей для плитки CERESIT	Суміш №1	Суміш № 2
КМЦ, % від маси суміші	—	0,5	0,67
МК4000, % від маси суміші	—	0,5	0,67
Vinnapas RN 5028Z, % від маси суміші	2	—	—
Bermocoll CCA 425, % від маси суміші	0,3	—	—
Гашене вапно, % від маси суміші	2	—	—
Ц:П	1:1,5	1:2	1:2
В/Ц	~0,7	0,72	0,77

Рисунок 2.30 – Склад сумішей

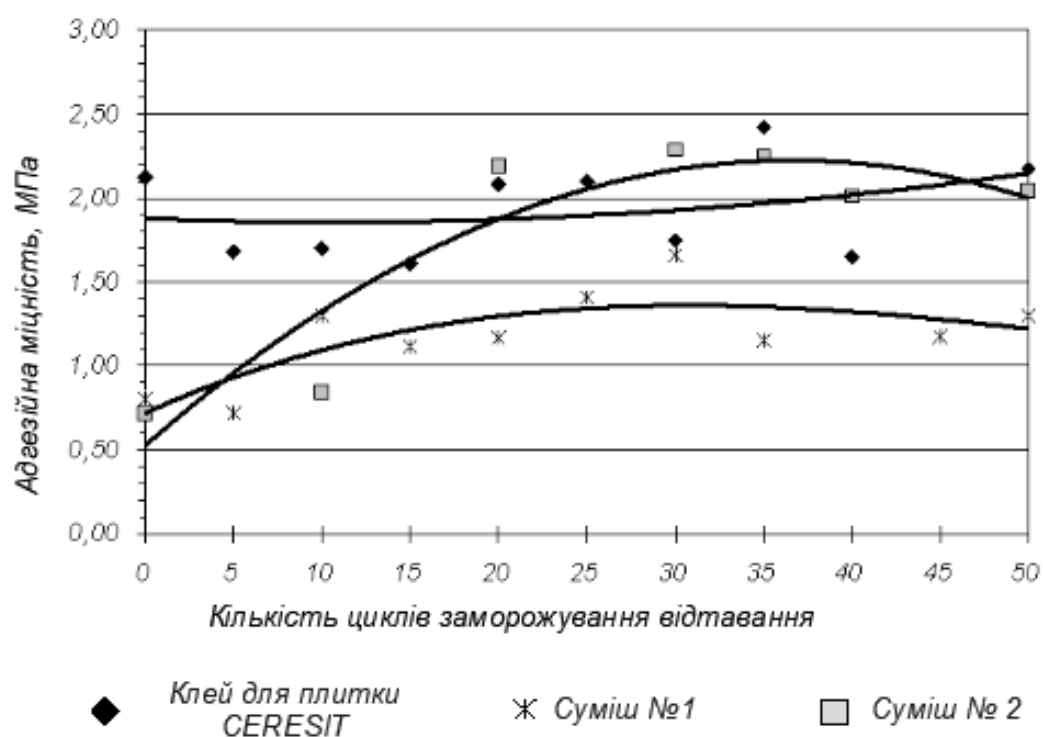


Рисунок 2.31 – Морозостійкість суміші

Морозостійкість сумішей

Таблиця 2.9 - Морозостійкість зразків з суміші № 12 (Ц:П=1:2; пісок № 1; КМЦ=1,5 %, КДС2=1,5 % от маси Ц; В/Ц=0,72)

№ циклу	Адгезійна міцність, МПа	Середня адгезійна міцність, МПа	Характер руйнування, % від площі		
			Адг. по пл	Адг. по осі	Коhezійне
0	0,92	0,81		70	30 по розчину
	0,74			70	30 по розчину
	0,77			40	60 по розчину
5	-	0,72		90	10 по розчину
	0,67				100 по розчину
	0,77				100 по розчину
10	1,53	1,30	5	5	90 по розчину
	1,19			10	90 по розчину
	1,18				100 по розчину
15	1,23	1,11			100 по розчину
	1,01			10	90 по розчину
	1,11				100 по розчину
20	0,92	1,17		20	80 по розчину
	1,28				100 по розчину

	1,31			20	80 по розчину
25	1,27	1,41		10	90 по розчину
	1,23			25	75 по розчину
	1,73				100 по розчину
30	0,95	1,66	10	60	30 по розчину
	2,19			20	80 по розчину
	1,84				100 по розчину
35	0,77	1,15			100 по плитці
	1,15		10	80	10 по розчину
	0,81				100 по плитці
40	1,17	1,17	5	80	15 по розчину
45	0,59	0,59			100 по плитці
50	1,30	1,30			100 по плитці

Таблиця 2.10 – Морозостійкість зразків з суміші № 29

(Ц:П=1:2; пісок № 2; КМЦ=2 %, КДС2=2 % від маси Ц; В/Ц=0,77)

№ циклу	Адгезійна міцність, МПа	Середня адгезійна міцність, МПа	Характер руйнування, % від площі		
			Адг. по пл	Адг. по осі	Когезійне
0	0,88	0,71	10		100 по розчину
	0,61			40	60 по розчину
	0,64			40	50 по розчину
10	0,84	0,84	80		100 по розчину
	0,95			10	90 по розчину
	0,73			30	70 по розчину
20	1,71	2,19	80		20 по розчину
	2,93			100	
	1,92			50	50 по розчину
30	3,02	2,29	10	100	
	1,77			70	30 по розчину
	2,09			40	50 по розчину
35	2,10	2,25	10	100	
	2,42			80	20 по розчину
	2,23			50	20 по розчину
40	2,64	2,01	50	100	
	1,85				50 по розчину
	1,54			70	20 по бетону
50	1,99	2,04		70	30 по розчину

Таблиця 2.11 – Морозостійкість зразків з суміші виробництва ЦЕРЕЗИТ
при витраті води 0,22 кг на 1 кг суміші

№ циклу	Адгезійна міцність, МПа	Середня адгезійна міцність, МПа	Характер руйнування, % від площі		
			Адг. по пл	Адг. по осі	Коhezійне
0	2,08	2,12		100	
	2,44			90	10 по розчину
	1,85			90	10 по розчину
5	1,18	1,68	20	70	10 по розчину
	1,75			50	50 по розчину
	2,11		10	70	20 по розчину
10	1,78	1,70	30	70	30 по розчину
	1,88			100	
	1,44			30	40 по розчину
15	1,62	1,61		100	
	1,44			100	
	1,76			30	70 по розчину
20	1,35	2,08			100 по плитці
	2,10			15	70 по розчину 15 по бетону
	2,07			50	50 по розчину
25	0,45	2,10			100 по плитці
	1,99			60	40 по розчину
	2,21				

30	1,97	1,75		90	10 по розчину
	1,75			10	80 по розчину
	1,52				10 по бетону
35	0,53	2,42		30	20 по розчину
	2,42				80 по плитці
40	0,73	-			100 по плитці
	0,57				100 по плитці
	0,90				100 по плитці
45	0,76	1,65		50	100 по плитці
	1,65				30 по розчину
50	0,84	2,17		100	20 по бетону
	0,99				100 по плитці
	2,17				100 по плитці

ВИСНОВОК:

1. Запропоновано способи визначення, наскільки добре змішане в'яжуче клеїть, а також вимірювання того, наскільки розчин сповзає з вертикальної поверхні.

2. З'ясовано, що додавання дрібних мінеральних добавок до портландцементу сприяє зв'язуванню іонів кальцію. Найактивніше цей процес відбувається при використанні добавки МК 4000.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОДИСПЕРСНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК НА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМ.

3.1. Дослідження реологічних властивостей цементу з тонкодисперсними мінеральними добавками

Реологія цементних сумішей, як і інших подібних матеріалів, залежить від їх складу та структури, які змінюються під час твердіння. Тому важливо оцінювати реологічні властивості сумішей у процесі їх формування.

Реологічні властивості сумішей визначаються трьома основними параметрами: зчепленням (когезією), тертям та в'язкістю. Ці показники залежать від сил, що впливають на систему, зокрема сил тертя, капілярних сил, а також сил, що виникають під час коагуляції та колоїдних взаємодій. Значимість цих сил залежить від розмірів частинок і відстаней між ними. З часом ці сили змінюються, оскільки частинки цементу вступають у реакцію з водою. Тому, щоб підвищити пластичність суміші, потрібно зменшити її зчеплення, в'язкість і тертя. Але якщо ці параметри занадто знизити, може виникнути водовідділення та розшарування суміші. Такі недоліки можна виправити, додавши дрібні мінеральні наповнювачі.

Таким чином, необхідно дослідити, як тип дрібних мінеральних наповнювачів і їх пропорції у складі в'язучого впливають на реологічні та структурно-механічні властивості.

3.1.1. Дослідження впливу мікронаповнювачів на нормальну густоту в'язучої системи.

Нормальна густина цементного розчину показує його реологічні властивості і використовується для визначення оптимального співвідношення вода/цемент (В/Ц). Кількість води, потрібна для досягнення цієї густоти, називається водопотребою. Водопотреба залежить від таких факторів, як склад мінералів, рівень помелу та наявність добавок. Оскільки додавання мінеральних добавок, таких як карбонатні або кремнеземисті компоненти, з

різними розмірами частинок впливає на склад та питому поверхню цементу, у дослідженні було проаналізовано, як ці добавки змінюють водопотребу цементних систем.

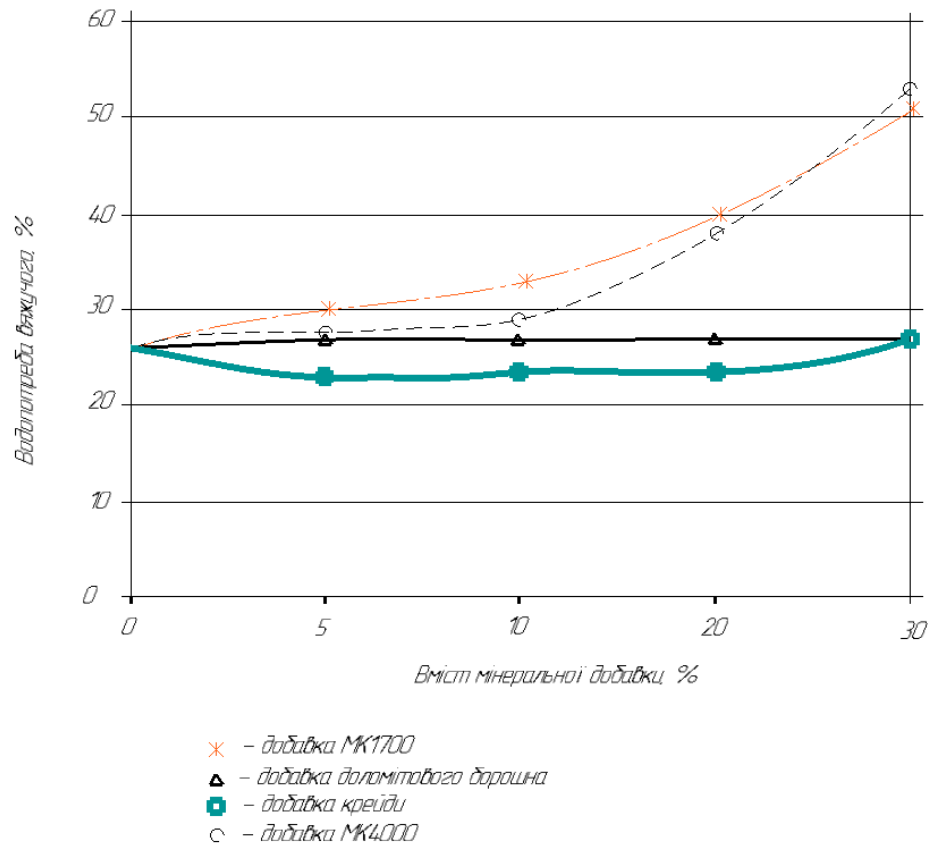


Рис. 3.1. Вплив виду і вмісту мінеральних добавок на водопотребу в'язучого.

Нормальну густоту цементних систем визначали за стандартною методикою. Для досліджень готували сухі суміші на основі цементу ПЦ 500 і мікронаповнювачів — доломітового борошна, крейди та мікрокремнезему. Кількість мікронаповнювачів змінювали від 0 до 30% маси сухої суміші.

Воду додавали дослідним методом, поки розчин не досягав потрібної густоти. Дослідження показали, що дрібні мінеральні добавки помітно впливають на реологічні та механічні властивості цементної суміші. Додавання цих наповнювачів змінює водопотребу суміші (рис. 3.1.), і ця зміна залежить від виду мінерального мікронаповнювача та його розміру частинок.

Наприклад, кремнеземистий мікронаповнювач, через високу пористість та адсорбційні властивості, суттєво збільшує водопотребу системи. Мікрокремнезем, маючи дуже малі частинки та велику площу поверхні, вимагає більше води для отримання густого розчину. При додаванні 5-30% від маси в'язучого водопотреба може збільшитися від 27% до 53%.

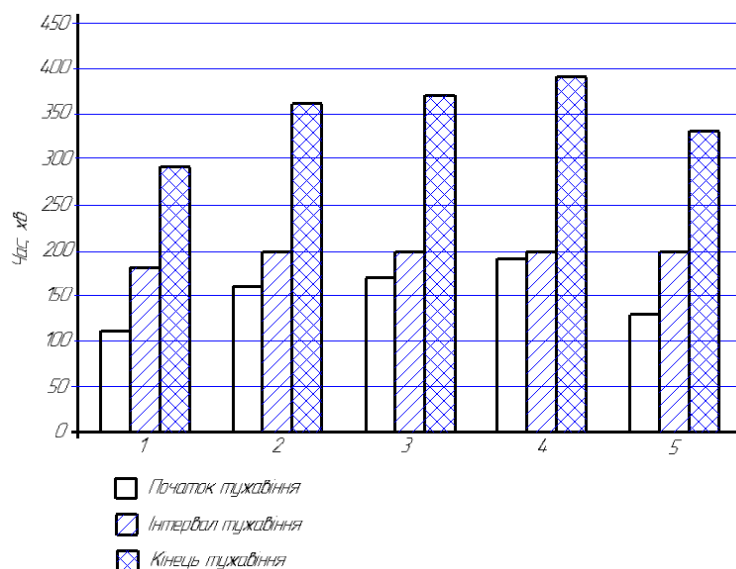
Реакція CaCO_3 з Ca(OH)_2 призводить до утворення $(\text{CaOH})_2\text{CO}_3$, що знижує поверхневий натяг і покращує змочування частинок цементу водою. Внаслідок цього для утворення цементного розчину потрібно менше води.

3.1.2. Дослідження термінів тужавіння в'язучого з тонкодисперсними мінеральними наповнювачами

Здатність в'язучої речовини утворювати з водою пластичну масу є дуже корисною властивістю, яка забезпечує зручність роботи з розчином та дозволяє надати ще м'якій масі рівну, гладку поверхню [27]. Тужавіння розглядається як початкова стадія твердіння, коли пластична маса перетворюється на тверду структуру.

Оскільки працювати з розчином можна тільки в період тужавіння, поки суміш ще не втратила пластичність, а мікронаповнювачі можуть суттєво змінювати реологічні властивості, було необхідно дослідити, як мінеральні добавки впливають на час тужавіння цементних сумішей.

На рисунку 3.2. показано, як змінюються час початку та кінця тужавіння змішаного в'язучого залежно від типу мінерального мікронаповнювача. Вміст мікронаповнювачів у суміші становив 20%, а водоцементне співвідношення відповідало густині тесту нормальної консистенції.



1-цемент 100%; 2-добавка МК1700; 3-добавка МК4000;
4-добавка мел; 5-добавка доломітової муки.

Рис 3.2 - Вплив лужних добавок на терміни тужавіння в'язучого

Дослідження показали, що додавання мінеральних мікронаповнювачів, незалежно від їх типу, призводить до збільшення часу початку та кінця тужавіння. Це пов'язано зі зниженням вмісту клінкерних мінералів, таких як аліт, у складі в'язучої системи. Наприклад, додавання мікрокремнезему продовжує час тужавіння на 45-55%, але інтервал між початком і кінцем тужавіння залишається незмінним при використанні будь-якого типу мікронаповнювача, оскільки досягається певний баланс факторів, що впливають на ці терміни. Додавання крейди найбільше подовжує час тужавіння, на 72%, проте інтервал тужавіння також не змінюється. Найменший вплив на терміни тужавіння має доломітове борошно — лише 18%.

3.1.3. Вплив мікронаповнювачів на водоутримуючу здатність в'язучого

Водоутримуюча здатність в'язучого матеріалу захищає розчин від втрати значної кількості води при укладанні на пористу поверхню, як-от бетон або цегла [12]. Це також допомагає запобігти розшаруванню та осіданню

суміші. Якщо суміш недостатньо утримує воду, вона швидко поглинається пористою основою, через що суміш втрачає легкість у використанні. На рисунку 3.3. показані результати дослідження впливу мікронаповнювачів на водоутримуючу здатність змішаного в'язучого.

Вміст мікронаповнювачів у системі складав від 10 до 30% від маси цементу. Додавання мікрокремнезему та крейди збільшило водоутримуючу здатність на 8-53%. З даних видно, що ступінь дрібності мікронаповнювача помітно впливає на здатність в'язучого утримувати воду.

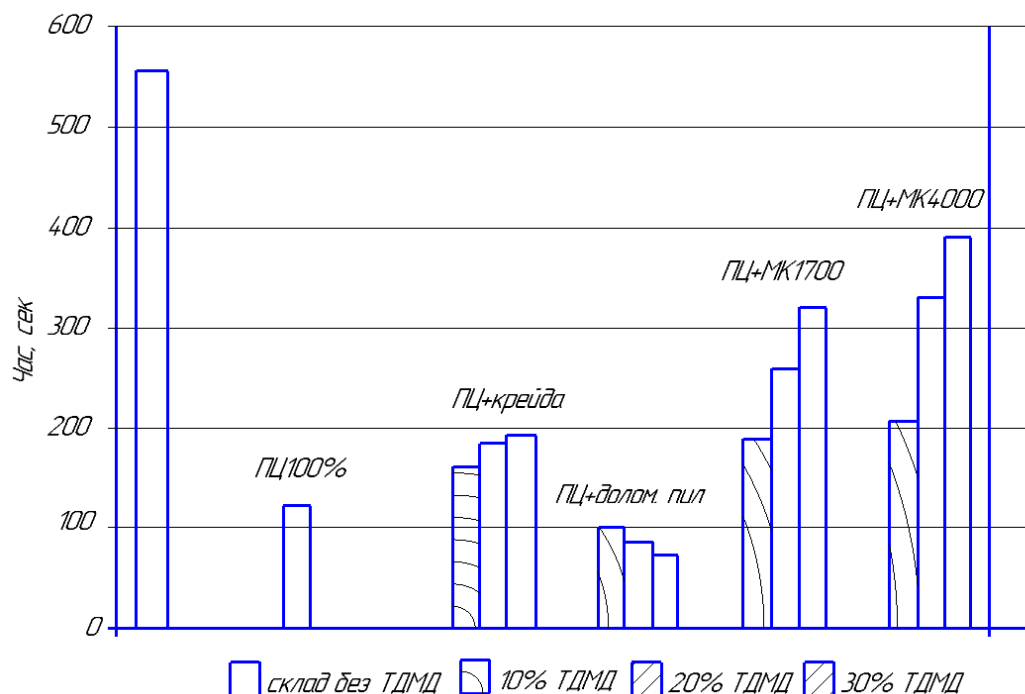


Рис 3.3 - Вплив добавок на водоутримуючу здатність в'язучого

Додавання доломітового борошна знижує водоутримуючу здатність в'язучого на 30%. Це пояснюється тим, що доломітове борошно має питому поверхню, подібну до цементу, але його частинки мають більш щільну структуру та менш гігроскопічні, тобто менше здатні утримувати вологу.

3.2 Дослідження прилипаємості змішаного в'язучого

Для композиційних матеріалів одним із важливих параметрів є адгезія між різними складовими. Здатність змішаного в'язучого забезпечувати міцне зчеплення з заповнювачем і оброблюваною поверхнею є основною для досягнення хорошої адгезії. Для клеючих сумішей, зокрема штукатурних, важлива висока адгезія з поверхнею. Тому при підборі складу змішаних в'язучих потрібно прагнути до підвищення їх когезійних та адгезійних властивостей. Існують різні теорії, що пояснюють адгезію: механічна, адсорбційна, електронна, дифузійна і хімічна [10].

Механічна теорія адгезії передбачає зв'язок між поверхнями через контакти, однак надалі вчені визнали її обмеженою, застосовною тільки для пористих матеріалів. Адсорбційна теорія пояснює адгезію як взаємодію поверхонь через активні центри, тож чим більша шорсткість, тим сильніше адгезія [6]. Інша теорія [10] базується на виникненні подвійного електричного шару між двома фазами. Дифузійна теорія описує адгезію як результат проникнення і дифузії молекул, утворюючи міцний перехідний шар між фазами [100]. Хімічна теорія передбачає утворення ковалентних або координаційних зв'язків між матеріалами.

Таким чином, єдиної теорії адгезії не існує, і жодна з них не може повністю пояснити всі особливості взаємодії між двома поверхнями. Сучасні уявлення розглядають адгезію як результат міжмолекулярної взаємодії між поверхнями різної природи.

Для досліджень готувалися суміші, відповідні тісту нормальної густини. Контрольна суміш складалася з чистого портландцементу без мікронаповнювачів із водоцементним співвідношенням 0,27. Змішані в'язучі отримували шляхом додавання мікронаповнювачів до портландцементу в кількості 10-30%. Обсяг води для кожної суміші підбирався відповідно до їх водоутримуючої здатності.

Випробування проводилися на бетонних пластинах і пластинах з керамічної цегли. Як видно з результатів на рис. 3.4. та 3.5., прилипання

змішаного в'язучого до різних поверхонь залежить від типу і кількості мікронаповнювача, його питомої поверхні та структури основи. Зокрема, пориста структура підкладки сприяє кращому зчепленню в'язучого з основою.

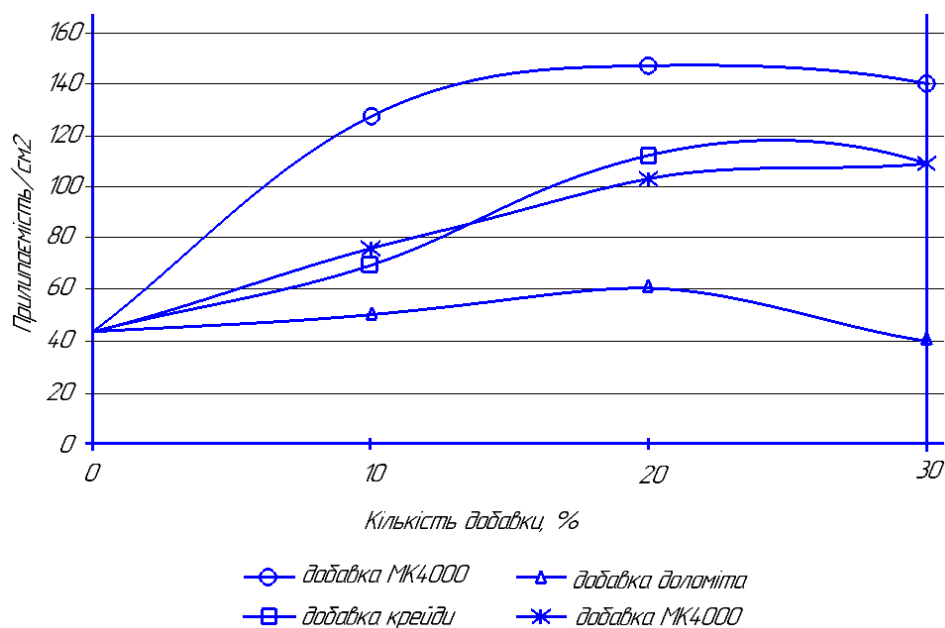


Рис 3.4 - Вплив мікронаповнювачів на прилипаємість в'язучого до бетонної поверхні

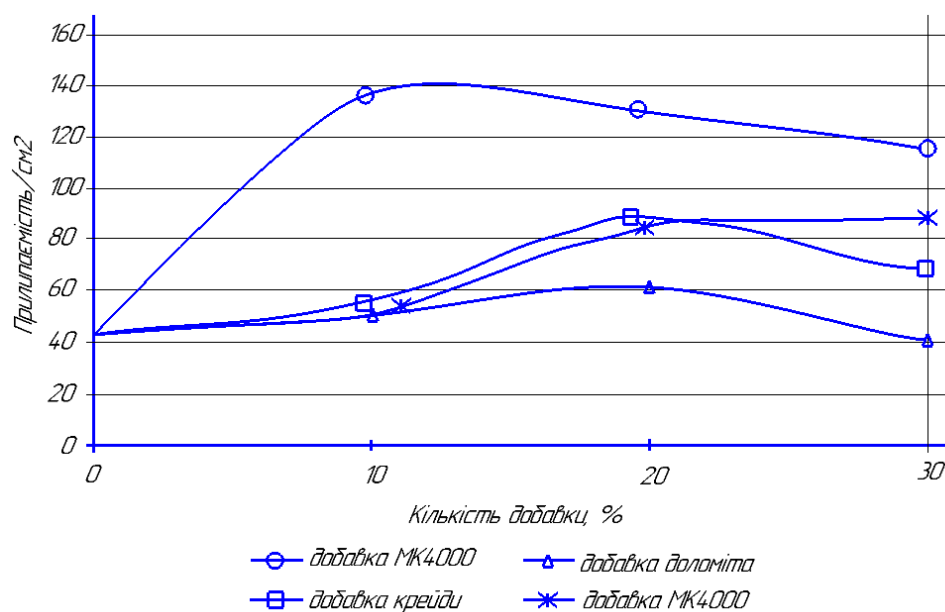


Рис 3.5 - Вплив мікронаповнювачів на прилипаємість в'язучого до пористої поверхні

Отже, дослідження показали, що використання мікронаповнювачів підвищує адгезійні сили в системі "змішане в'язуче-основа", що забезпечує

високу адгезію суміші до оброблюваної поверхні. Найкраще зчеплення змішаного в'язучого досягається при додаванні мікрокремнезему МК4000 та крейди.

Висновки:

1. Виявлено, як змінюються реологічні властивості в'язучих для штукатурних розчинів залежно від їх хімічного складу, рівня дисперсності та вмісту дрібних мінеральних добавок. Пластична міцність із різними добавками дозволяє регулювати міцність протягом усього періоду формування структури, запобігаючи конкуренції між утвореннями з різною формою та розміром частинок.

2. Досліджено, як ступінь дисперсності та кількість дрібних мінеральних добавок впливають на водоутримуючу здатність змішаного в'язучого. Найбільше підвищення цього показника (до 53%) досягається при додаванні МК4000 у порівнянні з чистим портландцементом.

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Техніко – економічні показники для розрахунку економічної ефективності виробництва сумішей.

Визначимо економічну ефективність робіт процесу розробки і виготовлення виробництва сумішей.

Розрахуємо величину витрат на виробництво сумішей. за формулами 2.9 [12].

Витрати на роботи по створенню сумішей , тис.грн:

$$K_{кр} = T_{кр} \cdot l_{год} \cdot (1 + \frac{K_{нар}}{100}) \cdot (1 + \frac{K_{накл}}{100})$$

Витрати на технологічну підготовку виробництва, тис.грн:

$$K_{мнв} = T_{кр} \cdot l_{год} \cdot (1 + \frac{K_{нар}}{100}) \cdot (1 + \frac{K_{накл}}{100}) \cdot K_{то}$$

де $T_{кр}, T_{мнв}$ –трудомісткість відповідно конструкторської та технологічної підготовки виробництва; $T_{кр} = 50н - год, T_{мнв} = 100н - год$

$l_{год}$ –годинна тарифна ставка інженера - розробника та технолога;

$$l_{год} = 22,5грн/год$$

$K_{нар}$ –відсоток нарахувань на зарплатню , 22%;

$K_{накл}$ –відсоток накладних витрат, 350-450%;

$K_{то}$ –коефіцієнт технологічної оснащеності, $K_{то} = 3 - 5$.

Відповідно

$$K_{кр} = 50 \cdot 22,5 \cdot (1 + \frac{22}{100}) \cdot (1 + \frac{300}{100}) = 6200грн$$

$$K_{мнв} = 100 \cdot 22,5 \cdot (1 + \frac{22}{100}) \cdot (1 + \frac{300}{100}) \cdot 4 = 50500гр$$

4.2 Визначення економічного ефекту

4.2.1. Визначення річного економічного ефекту у споживача від використання одиниці продукції.

Витрати на одиницю продукції складають – формула 4.2 [12]:

$$Z_{yp} = \frac{Z_p}{Q_{e.p}}$$

де $Q_{e.p}$ – річна експлуатаційна продуктивність БТ і НТ;

$$Z^{БП} = \frac{1595700}{100} = 15957(гpn/m);$$

$$Z^{НП1} = \frac{1114680}{100} = 11146(гpn/m).$$

$$Z^{НП2} = \frac{1190561}{100} = 11905(гpn/m).$$

Річний економічний ефект у споживача від використання $Q_p = 100$ одиниць продукції 1 замість базової - цезезіту розраховується за формулою 4.3 [4]:

$$E_p = (Z_{yp}^B - Z_{yp}^H) Q_p - E_n * K_{дод} ;$$

$$E_p = (15957 - 11146) * 100 - 0.16 * (6200 + 50500) = 481000(гpn.).$$

Річний економічний ефект у споживача від використання $Q_p = 100$ одиниць продукції 2 замість базової - цезезіту розраховується за формулою 4.3 [4]:

$$E_p = (Z_{yp}^B - Z_{yp}^H) - E_n * K_{дод} ;$$

$$E_p = (15957 - 11905) * 100 - 0.16 * (6200 + 50500) = 396128(гpn.).$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень на розробку нових сумішей складає

$$T_{ок} = \frac{K_{дод}}{E} = \frac{6200+50500}{481000+396128} = 0.06 \text{ року} \ll T_{норм} = 6,67 \text{ року}$$

Умова окупності додаткових капітальних вкладень виконується.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечностей та шкідливостей, що виникають на будівельному майданчику

Будівельні роботи вважаються одними з найнебезпечніших, бо під час їх виконання є багато ризиків для здоров'я. Більшість робіт проводяться просто неба, тому людина може або переохолодитися, або перегрітися, що може спричинити простуду, радикуліт чи навіть обмороження. При високих температурах також можливі сонячні опіки та теплові удари. Під час грози існує ризик удару блискавкою, що може мати серйозні наслідки.

При роботах, як-от зварювання, робітники піддаються дії яскравого світла, протягів і підвищеної кількості пилу, у тому числі шкідливих речовин, таких як азбест чи цемент. Це може призвести до проблем з диханням, отруєнь чи опіків. Чимало робіт є фізично важкими і можуть спричинити втому або навіть травми.

Окремі види робіт, наприклад, фарбувальні та ізоляційні, мають ризик через наявність токсичних та легкозаймистих речовин, таких як розчинники, антисептики та мастики. Це може призвести до отруєнь або опіків у випадку пожежі.

Під час земляних робіт можливе пошкодження інженерних комунікацій – електрокабелів, трубопроводів чи навіть небезпечних хімічних захоронень, що також може спричинити травми або отруєння.

Робота з технікою та машинами супроводжується підвищеним рівнем шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання. Це все може вплинути на здоров'я, спричиняючи тимчасову втрату працездатності та загальне погіршення самопочуття. Усі будівельні роботи, що включають перевезення матеріалів та обслуговування техніки, є травмонебезпечними.

5.2 Заходи по усуненню небезпечностей та шкідливостей, що виникають на будівельному майданчику

Усі будівельно-монтажні роботи мають проводитися відповідно до вимог сучасних ДБН і правил з охорони праці та пожежної безпеки. Зокрема, для питань робочої санітарії треба звертатися до таких документів:

- ДБН "Організація будівельного виробництва";
- ДСТУ "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони".

Також діють міжнародні стандарти системи охорони праці, які визначають правила і вимоги, що забезпечують безпеку, здоров'я і працездатність робітників під час виконання завдань.

Щоб уникнути присутності сторонніх на будівельному майданчику, потрібно встановити огорожу, яка відповідає сучасним стандартам. Якщо огорожа межує з людними місцями, варто зробити суцільний захисний козирок. В зоні роботи монтажного крана заборонено перебування людей, не причетних до робіт.

Траншеї та котловани мають бути огорожені й забезпечені спеціальними спусками для безпечного переміщення людей. Колодязі інженерних мереж також слід закрити люками та обгородити.

Для забезпечення пожежної безпеки треба встановити стенди з необхідним протипожежним інвентарем. Охорона праці працівників повинна забезпечуватись через видачу засобів індивідуального захисту, а також проведення заходів колективного захисту.

5.3 Заходи з техніки безпеки при лицювальних роботах

Під час облицювальних робіт, де використовуються ріжучі інструменти, легкозаймисті розчини та крихкі матеріали, важливо дотримуватися простих правил безпеки, щоб уникнути травм і пошкодження майна. Також завжди варто мати під рукою аптечку з антисептиками, бинтами і маззю від опіків.

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Основні правила безпеки під час приготування розчинів і мастик:

1. Приміщення, де готуються розчини та мастики, повинно мати хорошу вентиляцію.
2. Електрообладнання для приготування розчинів необхідно заземлити. Усі рухомі частини мають бути закриті, а кабелі – закріплені на висоті 2,5-3 м.
3. У разі пожежі електрообладнання слід негайно відключити від мережі та загасити вогонь піском або піною з вогнегасника.
4. При роботі з розчинами на основі цементу необхідно використовувати захисний одяг і брезентові рукавиці.
5. При змішуванні рідкого скла або бітумної мастики обов'язково потрібно надягати окуляри та респіратор.
6. Якщо рідке скло потрапить на шкіру, його потрібно відразу змити водою.
7. У випадку опіку бітумом, місце слід промити теплою водою з милом, потім обробити слабким розчином марганцівки і змастити маззю від опіків.
8. Під час роботи з легкозаймистими мастиками слід дотримуватися правил пожежної безпеки: не палити біля робочого місця, не вмикати електроприлади, облаштувати навіс над ємністю для варіння і мати засоби для гасіння пожежі.
9. Котли для бітуму мають розташовуватися на відстані не менше 50 м від займистих матеріалів.
10. Ємність для бітуму не можна заповнювати більше ніж на три чверті. Кришка повинна бути важкою і щільно прилягати.
11. Температура нагрівання бітумної мастики не повинна перевищувати 220°C. Якщо мастика перегріта, потрібно зменшити вогонь і перемішати її.
12. Сторонні домішки в розплавленому бітумі слід видаляти сіткою або іншим зручним інструментом на довгій ручці.

Правила безпеки під час облицювальних робіт:

1. Плитку краще класти в щільних гумових рукавичках, які захищають руки не тільки від порізів, але й від розчинів та мастик.
2. Якщо вкладається вінілова підлога, потрібно використовувати м'яке взуття.
3. Приміщення, де ведуться роботи, слід періодично провітрювати.
4. Приміщення, в яких використовують мастики типу КН-2 і КН-3, повинні бути обладнані вентиляцією.
5. Укладання вінілових плиток з використанням мастик КН-2 і КН-3 проводиться лише вдень.
6. Працюючи з легкозаймистими клеями, потрібно дотримуватися пожежної безпеки: не палити, не вмикати електроприлади.
7. Банки з клеєм або мастикою відкривають лише перед використанням, після роботи їх треба щільно закрити.
8. Їмності з легкозаймистими складами відкривають лише неметалевими інструментами, щоб уникнути іскріння.
9. Легкозаймисті мастики або синтетичні клеї наносять пластмасовими, гумовими чи дерев'яними інструментами, щоб уникнути іскор.
10. Загусті мастики розігрівають у гарячій воді, але не на електричних плитах або відкритому вогні.
11. Шліфувальна або облицювальна машина повинна бути в горизонтальному положенні під час роботи. Живильні кабелі не повинні перетинатися з іншими проводами під напругою; заземлення обов'язкове.
12. Для облицювання стелі та верхньої частини стін (особливо на висоті понад 2,7 м) використовують будівельні риштування.
13. Після завершення робіт слід прибрати робоче місце: зібрати будівельне сміття, очистити інструменти та скласти їх на місце.

5.4 Протипожежна безпека на будівельному майданчику

Усі дерев'яні конструкції обробляють вогнезахисними сумішами. На даху встановлюють металеву огорожу, а на місці перепадів висоти покрівлі – металеву драбину.

Двері тамбура і зовнішні двері мають відкриватися у напрямку виходу з будівлі, висота дверей повинна бути 2 метри.

Перед початком робіт проводять навчання та інструктаж робітників з питань пожежної безпеки. Найбільш ризиковані роботи (малярні, покрівельні, ізоляційні) виконуються тільки після перевірки робочих місць майстром.

Для безпеки передбачені протипожежні розриви між складами, тимчасовими будівлями та пожежонебезпечними робочими зонами.

Будівельний майданчик необхідно обладнати телефонним зв'язком для швидкого виклику служб у разі надзвичайної ситуації.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На основі проведених досліджень виявлено, що водоутримуюча здатність і рухливість розглянутих сумішей приблизно однакові.

2. Адгезія суміші виробництва CERESIT - 1,55 МПа. Для підібраних нами сумішей від 0,8 до 1,1 МПа.

3. Морозостійкість клеючого прошарку для всіх сумішей становить не менше 50 циклів заморожування-відтавання.

4. Висока ефективність сумішей підтверджується економічним розрахунком. В основному різниця в ціні визначається вартістю використаних модифікуючих добавок.

5. Тонкодисперсні мінеральні добавки (кремнезем, доломітове борошно та крейда) значно покращують фізико-механічні властивості будівельних розчинів, зокрема адгезію, водоутримуючу здатність та морозостійкість. Це робить сухі будівельні суміші більш надійними при експлуатації в умовах низьких температур та високої вологості.

6. Робота підкреслює можливість більш активного використання місцевих ресурсів і відходів промислових виробництв як наповнювачів для сухих будівельних сумішей. Це дозволяє зменшити залежність від імпортних добавок і знизити собівартість продукції, зберігаючи при цьому її високу якість.

CONCLUSIONS ON THE WORK

1. Based on the research, it was found that the water-holding capacity and mobility of the considered mixtures are approximately the same.

2. The adhesion of the mixture produced by CERESIT is 1.55 MPa. For the mixtures we have selected, it is from 0.8 to 1.1 MPa.

3. The frost resistance of the adhesive layer for all mixtures is at least 50 freeze-thaw cycles.

4. The high efficiency of the mixtures is confirmed by economic calculations. The difference in price is mainly determined by the cost of the modifying additives used.

5. Fine mineral additives (silica, dolomite flour and chalk) significantly improve the physical and mechanical properties of mortars, including adhesion, water retention and frost resistance. This makes dry mortars more reliable when used in low temperatures and high humidity.

6. The study emphasises the possibility of more active use of local resources and industrial waste as fillers for dry building mixtures. This allows to reduce dependence on imported additives and reduce the cost of production, while maintaining its high quality.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабаєв О. І. "Сухі будівельні суміші: технологія, застосування та властивості" – Київ: Основа, 2010.
2. Іванов С. Г. "Будівельні матеріали. Властивості та застосування сухих сумішей" – Львів: Світ, 2012.
3. Пащенко В. М. "Інноваційні матеріали та технології для сухих будівельних сумішей" – Харків: ХНАМГ, 2014.
4. Сидоренко Л. В. "Сухі будівельні суміші та їх використання у сучасному будівництві" – Одеса: ОНПУ, 2015.
5. Гончаренко А. С., Петров О. М. "Технологія виробництва та застосування сухих будівельних сумішей" – Київ: Либідь, 2017.
6. Кравченко О. В. "Сучасні сухі будівельні суміші: склад, властивості та застосування" – Харків: Фактор, 2018.
7. Мельник Р. Д., Лавріненко С. П. "Основи технології сухих будівельних сумішей" – Полтава: ПолтНТУ, 2016.
8. Федоренко І. В. "Сучасні матеріали для будівництва: сухі суміші, види та властивості" – Чернівці: Рута, 2019.
9. Дроздов О. П. "Технологічні аспекти виробництва сухих будівельних сумішей" – Київ: Освіта, 2020.
10. Чорний В. І. "Сухі будівельні суміші для внутрішніх і зовнішніх робіт" – Дніпро: ДНУ, 2017.
11. Ткаченко А. В. "Інноваційні будівельні матеріали на основі сухих сумішей" – Львів: Львівська політехніка, 2018.
12. Козловський С. І. "Сухі суміші для оздоблювальних робіт" – Харків: Харківська політехніка, 2015.
13. Хоменко В. П. "Технології приготування сухих будівельних сумішей" – Київ: Будівельна наука, 2019.
14. Поляков О. А. "Сухі будівельні суміші: властивості, застосування та перспективи розвитку" – Одеса: Видавництво ОНУ, 2021.

- 15.Клименко Л. М. "Адгезійні властивості сухих будівельних сумішей" – Запоріжжя: ЗНУ, 2014.
- 16.Шевченко П. О. "Вплив компонентів на властивості сухих будівельних сумішей" – Київ: Науковий світ, 2020.
- 17.Іванченко М. В., Кривошеєв О. Г. "Сухі будівельні суміші для теплоізоляції" – Луцьк: Вежа, 2018.
- 18.Андрієнко В. О. "Сухі будівельні суміші: стандарти та методи контролю якості" – Харків: Фоліо, 2019.
- 19.Жуковська Т. О., Яценко О. В. "Екологічні аспекти використання сухих будівельних сумішей" – Київ: Грамота, 2021.
- 20.Олійник М. П. "Підвищення якості сухих будівельних сумішей" – Тернопіль: Еконіка, 2020.
- 21.Larbi J.A., Bijen J.M. Effect of water-cement ratio, quantity and fineness of sand on the evolution of lime in set portland cement systems //Cem. and Concr. Res.-1990.-V20. - 5.- P .783-794.165
22. Kudjakov A., Henning O. Der einflab von quartz auf die zusammensetzung der flussigen phase und des festen anteils zementsuspensionen // Wiss. z. hochsch. Archit. Bauwes. - 1987. - 5. - P. 270- 272.
23. Kudjakov A., Henning O. Einflab von calcit auf die hydratation von portlandzement // Wiss. z. hochsch. Archit. Bauwes.- 1983. - 1.- P. 75- 77.
- 24.Kudjakov A., Henning O. Einflab von dolomit auf die hydratation von portlandzement // Wiss. z. hochsch. Archit. Bauwes. - 1980. - 4.- P. 187 - 191.
- 26.Backman A. Uber das plastischeVerhalten des Kalkmortel. ZementKalk-Gips.- 1959.- 10.- p. 449- 456

ДОДАТКИ
ДОДАТОК А

					ДМСБС 2319219 ПЗ	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		