МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

_____другий магістерський рівень_____
(рівень вищої освіти)

на тему: Сухі будівельні суміші для захисного покриття стін вологих приміщень

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-пцб-1
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)
_____Гурковський Роман Олексійович_____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____доц., к.т.н., Мішук К.М._____
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Рецензент _____доц., к.т.н.Данкевич Н.О._____
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва

Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
«____» _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Гурковський Роман Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Сухі будівельні суміші для захисного покриття стін вологих приміщень
керівник роботи доц., к.т.н., Мішук К.М.
(прізвище, ім`я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 30 " 09 2024 року № 1486-с

2. Строк подання студентом роботи *грудень 2024р.*

3. Вихідні дані до роботи Сухі будівельні суміші та модифікуючі складові

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Захисні та оздоблювальні покриття цегляних стін у вологих умовах. 2.Характеристики використаних матеріалів, методи і методологія досліджень. 3. Розробка складів і технології гідрофобнофунгіциднихштукатурних сухих будівельних сумішей. 4. Розробка складів і технології адгезивносолеутримаючих штукатурних сухих будівельних сумішей

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов`язкових креслень) 8 листів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	доц., к.т.н., Мішук К.М.		
Розділ 2	доц., к.т.н., Мішук К.М.		
Розділ 3	доц., к.т.н., Мішук К.М.		
Розділ 4	доц., к.т.н., Мішук К.М.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфкаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примі
1.	Захисні та оздоблювальні покриття цегляних стін у вологих умовах		
2.	Характеристики використаних матеріалів, методи і методологія досліджень		
3.	Розробка складів і технології гідрофобнофунгіциднихштукатурних сухих будівельних сумішей		
4.	Розробка складів і технології адгезивносолеутримаючих штукатурних сухих будівельних сумішей		

Студент _____ (підпис) Гурковський Р.О. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту _____ (підпис) Мішук К.М. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ (підпис) Данкевич Н.О. (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гурковський Роман Олексійович. Сухі будівельні суміші для захисного покриття стін вологих приміщень.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024.

Вологі стіни – це серйозна проблема багатьох будівель, яка характерна як для старого фонду, так і новобудов. Але дуже важливо встановити причину зволоження, а вже потім вибирати спосіб усунення намокання. Справа в тому, що самі матеріали, які використовуються при будівництві, мають певну пористість. Капілярна волога потрапляє в пори цегли або бетонної панелі та мігрує по мікропустотам. З часом волога накопичується всередині конструкцій і як наслідок – відбувається промерзання. Багаторазове заморожування в свою чергу призводить до утворення тріщин, розтріскувань, далі до руйнування матеріалу. Тому вирішення цієї проблеми є складною задачею, яка потребує глибокого вивчення, спостереження, проведення досліджень. На теперішній час відомо багато типів гідроізоляції, яка відрізняється складністю влаштування, вартістю, надійністю. При необхідності забезпечення заданої сухості приміщень слід обирати самий економічний та раціональний вид гідроізоляційного захисту від атмосферних та ґрунтових вод.

Ключові слова: експлуатаційні властивості, штукатурна система, модифікуючі добавки, сухі будівельні суміші.

ABSTRACT

Gurkovsky Roman Oleksiyovych. Dry Building Mixtures for Protective Coating of Walls in Damp Rooms. Master's Thesis, Specialty 192 Construction and Civil Engineering. Supervisor: K.M. Mishuk. Yury Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhia National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

Damp walls are a serious problem for many buildings, both old and new. However, it is crucial to determine the cause of moisture before choosing a method to eliminate wetness. The fact is that the materials used in construction have a certain porosity. Capillary moisture penetrates into the pores of brick or concrete panels and migrates through micro-voids. Over time, moisture accumulates inside the structures, and as a result, freezing occurs. Repeated freezing, in turn, leads to the formation of cracks, crevices, and further material destruction. Therefore, solving this problem is a complex task that requires in-depth study, observation, and research. Currently, many types of waterproofing are known, which differ in the complexity of installation, cost, and reliability. If it is necessary to ensure the required dryness of the premises, the most economical and rational type of waterproofing protection against atmospheric and groundwater should be chosen.

Keywords: moisture properties, plaster system, modifying additives, dry building mixtures.

ЗМІСТ

ВСТУП……6

1 ЗАХИСНІ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ЦЕГЛЯНИХ СТІН У ВОЛОГИХ УМОВАХ ……..…….10

1.1 Умови експлуатації покриттів цегляних стін при підвищеній вологості…….10

1.2 Властивості та технічні вимоги штукатурних сумішей……....17

1.3 Фактори, що впливають на експлуатаційні властивості штукатурних сумішей ……...……...20

1.4 Керування якістю розчинних сумішей за допомогою добавок…….....23

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКОРИСТАНИХ МАТЕРІАЛІВ, МЕТОДИ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ …….…….....….31

2.1 Характеристики використаних матеріалів…….…….……31

2.2 Методи досліджень…….…….…….38

2.3 Методологія проведення досліджень……..……39

3 РОЗРОБКА СКЛАДІВ І ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОФОБНОФУНГІЦИДНИХ ШТУКАТУРНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ……...……..43

3.1 Розробка гідрофобно-фунгіцидних добавок……43

3.2 Розробка сухої будівельної суміші для оздоблювального шару штукатурної системи……..……...54

3.3 Дослідження впливу комплексної добавки на швидкість гідратації та фазовий склад цементного каменю…….56

3.4 Основні властивості та технологія виробництва сухих будівельних сумішей оздоблювального шару……..59

4 РОЗРОБКА СКЛАДІВ І ТЕХНОЛОГІЇ АДГЕЗИВНОСОЛЕУТРИМАЮЧИХ ШТУКАТУРНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ…….61

4.1 Попередні дослідження……..……...62

4.2 Розробка сухої будівельної суміші для нижнього захисного шару штукатурної системи…….69

4.3 Дослідження впливу чорних сланців на швидкість гідратації та фазовий склад цементного каменю……..72

4.4 Дослідження ефективності покриттів……..……74

4.5 Дослідження структури штукатурної системи……..……..79

ВИСНОВКИ……..……...81

Список використаних джерел…….……83

ВСТУП

Актуальність роботи. На сучасному етапі науково-технічного розвитку будівельного комплексу підвищуються вимоги до стінових цегляних конструкцій будівель. Велика увага приділяється якості покриттів під час експлуатації цегляних стін в умовах замочування, градієнта вологості повітря зовні та всередині приміщень, порушення гідроізоляції фундаменту, що сприяє утворенню висолів на поверхні, біологічної корозії та відшарування оздоблювальних матеріалів.

Ефективним способом боротьби з цими явищами є комплексний захист цегляних стін багатошаровими штукатурними покриттями (системами) поліфункціональних сухих будівельних сумішей (СРС).

Використовуючи ССС з мінеральними та органічними модифікуючими добавками та інноваційні технології їх виготовлення можна ефективно керувати пористістю та процесами структуроутворення, а також масопереносом у покриттях цегляних стін, підвищуючи їх експлуатаційні показники. З метою зниження транспортних витрат, а також імпортозаміщення використовуваних модифікуючих добавок необхідно розміщувати виробництво ССС ближче до споживача, використовуючи місцеві сировинні ресурси, у тому числі побічні продукти та промислові відходи, що володіють високим ступенем технологічної готовності як вихідні компоненти.

Знижується вартість ССС, підвищується довговічність покриттів, забезпечується утилізації відходів та охорона навколишнього середовища.

Для управління структурою та властивостями розчинів із ССС у покриттях стін цегляних будівель, що експлуатуються у вологих приміщеннях, рекомендується введення модифікуючих добавок різного функціонального дії, що забезпечують пластифікацію, гідрофобізацію, повітрозтягнення, прискорення структуроутворення та біозахист.

Розробка науково обґрунтованих складів та технологій виготовлення штукатурних сухих будівельних сумішей покращеної якості з ефективними добавками на основі промислових відходів для комплексного захисту стін від різних видів зовнішнього впливу (хімічної та біологічної корозії) є актуальною.

Основним методом гідрофобізації вважається введення у матеріал речовин, що являють собою сполуки дифільного характеру, що мають гідрофільну «головку» та гідрофобний «хвіст». Вплив комплексних органомінеральних добавок на основі кубового залишку виробництва сульфатного скипидару (далі – полімерний залишок, ПЗ) на гідрофобні показники та структуроутворення цементних матеріалів не досліджено.

Біостійкість будівельних матеріалів підвищують введенням у суміш добавок, що перешкоджають розвитку мікроорганізмів. Терпенові сполуки, що знаходяться в полімерному залишку, мають фунгіцидні властивостями, що дозволяє спрогнозувати можливість виготовлення на нього основі функціональних добавок, що підвищують біостійкість та покращують властивості цементних сумішей та покриттів на їх основі.

Основними джерелами солей на поверхнях стін є цегла керамічний, будівельні розчини, ґрунтові води, атмосферні опади.

Ефективним прийомам запобігання утворенню висолів на цегляній стіні є комплексний захист покриттям із штукатурних розчинів з регульованої пористістю, що створюється мінеральними та повітрозтягуючими добавками.

Зниження висолів, біокорозії, деструкції на цегляних поверхнях стін пропонується забезпечувати нанесенням штукатурних розчинів із сухих будівельних сумішей, в яких структура пір формується добавками пористих мінеральних речовин та поверхнево-активних речовин (ПАР).

Способи комплексного захисту цегляної стіни у вологих умовах експлуатації шляхом створення покриття, що складається з двох спеціалізованих шарів, що виконують різні функції, недостатньо вивчені. Відсутні універсальні методики дослідження та оцінки ефективності

двошарового покриття цегляної стіни із ССС за критеріями солезатримуючої здатності та експлуатаційних характеристик покриттів.

Мета роботи: дослідження науково обґрунтованих складів та технології виготовлення сухих будівельних сумішей з покращеними експлуатаційними характеристиками для створення комплексних захисних покриттів стін у приміщеннях із підвищеною вологістю.

Досягнення поставленої мети вирішуються такі **завдання**:

- проаналізувати існуючі гідроізолюючі матеріали;

- дослідити склад та технологію виготовлення адгезивносолеутримуючої штукатурної сухої будівельної суміші;

- дослідити склад та технологію виготовлення гідрофобно-фунгіцидної штукатурної сухої будівельної суміші;

- дослідити структуру та властивості захисних покриттів на основі розроблених сумішей.

Об'єкт дослідження - сухі будівельні суміші штукатурні цементні та багатошарові захисні покриття цегляних стін.

Предмет дослідження – структуроутворення та властивості штукатурних сухих будівельних сумішей з різними модифікуючими добавками, розчинів та покриттів з них на цегляній стіні.

Наукова новизна. Визначено та обґрунтовано технологічні прийоми управління структурою та властивостями багатошарової штукатурної системи на основі модифікованих важких розчинів поліфункціонального призначення за критеріями структуроутворення, солезатримуючої здатності, адгезійної міцності, фунгіцидності, гідрофобності.

Теоретична значимість: отримано нові знання щодо формування структури цементних багатофункціональних розчинів із сухих будівельних сумішей з комбінованими активними, пористими та гідрофобно-фунгіцидними добавками.

Практична значимість:

- отримано комплексну органомінеральну добавку на основі

полімерного залишку та золи-віднесення, що дозволяє знизити коефіцієнт водонасичення цементно-піщаного розчину з 0,89 до 0,78 та збільшити водонепроникність з марки W2 до марки W8 та технологія її виготовлення.

Методи дослідження засновані на результатах та теоретичних постулатах робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. Робота проведено з використанням чинних національних стандартів, методів математичного планування експерименту з комп'ютерною обробкою результатів, рентгенофазового аналізу та нестандартних методів досліджень, застосування яких зумовлено специфікою роботи.

Структура і об'єм магістерської роботи. Робота складається із введення, чотирьох розділів, висновків, загальних висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Основною темою текст викладено на 84 сторінках, з них 20 малюнків, 17 таблиць, та містить списки літератури зі 18 найменування праць вітчизняних та зарубіжних авторів.

1 ЗАХИСНІ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ ПОКРИТТЯ ЦЕГЛЯНИХ СТІН У ВОЛОГИХ УМОВАХ

1.1 Умови експлуатації покриттів цегляних стін при підвищеній вологості

При експлуатації стінових конструкцій із цегли в умовах контакту з вологою виникають:

- висоли на поверхнях;
- біокорозія;
- відшарування оздоблювальних покриттів;
- утворення тріщин;
- морозне руйнування та інші дефекти.

Основними причинами зволоження цегляної стіни є:

- замочування атмосферними опадами, що відбувається при косому дощі та танення снігу, що скупчився на не захищених від зволоження ділянках огороджувальних конструкцій, а також внаслідок протікання, неякісного пристрої покрівлі, дефектів та пошкоджень відливів та інших причин. Сюди ж можна віднести замочування водою, що бризкає на стіни при дефектах системи зовнішнього водовідведення або неорганізованому водовідведення;

- зволоження цокольної зони через проникнення в кладку ґрунтової води («ґрунтова волога»), дефектів гідроізоляції, підвищення рівня культурного шару, пошкодження вимощення та облицювання цоколя;

- проникнення у стіну водяної пари з приміщення. Зволоження відбувається за рахунок конденсації вологи всередині кладки, що може бути спричинене наявністю паронепроникної перешкоди або теплопровідного, наприклад, металевого включення у зовнішніх стінах. Конденсат всередині та на поверхні стін може утворюватися і внаслідок різкого потепління повітря за

високої вологості, наприклад, навесні;

- сорбційна волога, тобто. волога, що знаходиться в стіні внаслідок гігроскопічність її матеріалів. Гігроскопічність різною мірою мають усі будівельні матеріали. Вміст хлористих солей (хлористий магній, хлористий кальцій, кухонна сіль та ін.) у матеріалах огородження (штукатурному та кладковому розчинах, цеглі) збільшує гігроскопічність, що часто є єдиною причиною появи в них вологи. Підвищеною гігроскопічність має також магнезіальний фіброліт, виготовлений з підвищеним дозуванням хлористого магнію. Хоча використання хлористих солей при кладці стін житлових та громадських будівель заборонено, на практиці їх іноді застосовують;

- вода, що потрапила в конструкції під час їх зведення, при зволоженні цегли при будівництві внаслідок неналежного зберігання матеріалів на будмайданчику, відсутності захисних конструкцій та інше («будівельна волога»).

Можливі інші причини зволоження стіни, наприклад, замочування при гасінні пожежі [2].

Основними заходами запобігання зволоженню стін є: оптимізація форми та розташування конструкції, гідроізоляція, пароізоляція, водовідведення, правильне зберігання, транспортування та застосування будівельних матеріалів.

Для запобігання зволоженню стіни зсередини приміщення рекомендується захищати поверхні кам’яних та армокам’яних конструкцій лакофарбовими матеріалами безпосередньо по цегляній кладці або по штукатурці.

Однак часто повний комплекс необхідних захисних заходів не передбачається, бувають порушення технологій та невідповідність якості матеріалів вимогам, що пред'являються, та інші обставини, що призводять до неминуче зволоження стін.

У цегляній кладці при контакті з вологою вода мігрує по сполученим порам під дією сил поверхневого натягу, градієнтів температури, парціального

та атмосферного тиску. У процесі міграції розчиняються солі всередині кладки, а також може бути привнесення солі, якщо вода потрапляє у стіну із ґрунтових вод. Після випаровування води сольового розчину з поверхні стіни, на ній залишаються білі розлучення кристалізованої солі.

Якщо поверхня покрита плиткою, лаком або іншим водонепроникним матеріалом, то тиск кристалізації може викликати руйнування оздоблювального покриття. В роботі [5] наводяться середні значення тиску, спричиненого кристалізацією солей для розчинів, МПа: $MgSO_4$ - 0,36; Na_2SO_4 - 0,44; NaCl - 0,27; Na_2CO_3 - 0,21; насиченого розчину $CaSO_4$ - 0,09.

Джерелами солей у цегляній стіні є:

- керамічна цегла, яка містить водорозчинні солі, кількість та склад яких залежать від складу сировини та режимів її обробки.

Найбільш поширеними солями в цеглі є сульфати. У процесі випалу при виробництві цегли або керамічної плитки топковий сірчистий газ може взаємодіяти з компонентами шихти із утворенням сульфатів.

Нові будинки вже в процесі будівництва покриваються білими розводами висолів, істотну частину яких становить сульфат натрію, що кристалізується в вигляді десятиводного кристалогідрату. При температурі 32°С ця сіль дегідратується, втрачаючи 10 молекул води, і регідратується при зниженні температури. Тиск, що виникає у процесах кристалізації – рекристалізації, гідратації – дегідратації становить десятки МПа та сприяє деструкції матеріалу спочатку на мікро-, а потім в умовах заморожування-розморожування на макрорівні [4];

- будівельні розчини. Джерелами солі в них можуть бути: в’яжучі речовини (цемент, гіпс, вапно), заповнювачі (пісок, шлак), вода замішування, протиморозні добавки, прискорювачі схоплювання та твердіння;

- ґрунтові води. Вони характеризуються змістом катіонів $K+$, $Na+$, NH_4+, Ca_2+, Mg_2+, пов’язана та вільна CO_2, аніони $HS-$, NO_3-, NO_2-, $Cl-$, SO_4^{2-}, SiO_3^{2-} та R_2O_3 ($Fe_2O + Al_2O_3$) [64];

- розчини кислот та лугів, що потрапили на стіну в процесі експлуатації,

наприклад, на хімічних виробництвах.

Зменшити вміст солей в керамічному цеглі можна шляхом вилежування та виморожування глинистої сировини, випалу у відновлювальній середовищі та підбору температурних режимів, що забезпечують перехід розчинних компонентів у нерозчинні сполуки. Для будівельних розчинів можна підібрати добавки, що зв’язують розчинні солі в процесі схоплювання та твердіння.

Попадання сольових розчинів із ґрунтових вод, як правило, виключається пристроєм гідроізоляції між цегляною стіною та пористою основою.

Проблема підсмоктування ґрунтової або ґрунтової вологи характерна для старих будівель, у яких нижню частину стіни занесено культурним шаром.

Поширеним способом запобігання зовнішньому зволоженню стіни та утворення висолів на її поверхні є застосування просочок і полімерних ґрунтовок. На ринку великий асортимент ґрунтових просочень на основі акрилових емульсій, силікону, епоксидних смол, а також їх комбінацій.

Перевагою просочення є збереження зовнішнього вигляду цегли. Якщо поверхня стіни підлягає облицювання плиткою, мозаїкою або іншим подібним матеріалом, то для запобігання його відшарування внаслідок висолоутворення достатньо використання ґрунту глибокого проникнення на основі акрилової емульсії. Можливі також варіанти наплавлення або наклеювання полімерного гідроізолюючого покриття або обмазувальна гідроізоляція.

Загальним недоліком способів захисту із застосуванням полімерних покриттів та просочок є низька екологічність, а також паронепроникність більшості їх видів. При їх використанні у разі надто високого рівня вологості в приміщенні; неправильному або невідповідний обсяг приміщення провітрюванні, або його відсутність; недостатнє обігрів; низькому рівні теплоізоляції, наявності містків теплопередачі; неправильного розташування предметів інтер'єру тощо створюються сприятливі умови для поселення на поверхні стіни мікроорганізмів і, насамперед, цвілі. У разі доступу до світла також можуть проростати водорості та мохи. При використанні

паропроникних полімерних просочок для захисту зовнішньої поверхні будівлі від освіти виникає потреба дорогих фасадних робіт. Просочення мають також обмеженим терміном придатності.

Традиційне рішення, що забезпечує паропроникність та захист оздоблювальних покриттів від висолоутворення – застосування сануючих штукатурок. Старі стіни, оштукатурені гашеним вапном, стояли століттями до розвитку промислового виробництва. У сучасній атмосфері технократична цивілізація міститься відносно багато вуглекислого і сірчистих газів, які роз'їдають поверхневу плівку карбонату кальцію.

Це призводить до вимивання вапна та прискореного руйнування вапняного штукатурного розчину. Тому сучасні будівельні технології базуються на застосуванні цементних штукатурних покриттів.

Недоліком сануючих штукатурок є висока вартість, обумовлена застосуванням пористих наповнювачів, які забезпечують пористість затверділого розчину щонайменше 35 %. Крім того, цементні штукатурні розчини мають набагато меншу паропроникність, ніж вапняні та цегляна кладка. Ця обставина призводить до затримки конденсату із теплих приміщень на штукатурній поверхні. Штукатурний шар намокає, втрачаючи механічну та адгезійну міцність, і створюються умови для заселення мікроорганізмів Появі плісняви сприяють такі параметри довкілля: температура близько + 20 °С; висока вологість (вище 70…95 %); нерівномірність опалення по периметру приміщення та неправильно працююча або непрацююча система вентиляції.

Мікробіологічна корозія може йти різними шляхами:

- безпосереднім впливом продуктів метаболізму мікроорганізмів на будівельні конструкції;

- утворенням органічних продуктів, які можуть діяти як деполяризатори чи каталізатори корозійних реакцій;

- корозійні реакції стають окремою частиною метаболічного цикл бактерій.

Основний спосіб запобігання проростання плісняви – організація вентиляції, що не дозволяє волозі та спорам цвілі затримуватися в одному місці. Проте влаштувати постійну ефективну вентиляцію всіх поверхонь приміщення часто неможливо: повітря застоюється в кутах приміщень; стіни можуть постійно заливатись водою; в ході ремонтів та реконструкцій приміщень проводять заміну дерев'яних дверей та вікон на пластикові, що погіршує повітрообмін; можливе регулярне випадання конденсату та інші причини, що роблять стандартну вентиляцію недостатньою у аналізованому аспекті.

У таких випадках проти плісняви застосовують просочення з біоцидними або гідрофобними властивостями. Їх загальним недоліком просочення є короткий термін служби (кілька років).

Керамічна плитка має великий термін служби та водонепроникну поверхню. На гладкій глазурованій настінній плитці розвитку мікробів зазвичай немає. Вразливим місцем плиткового облицювання є міжплиткові шви: в них може проростати пліснява, через них розчинені солі можуть проходити протилежну поверхню стіни. Цього можна уникнути, застосовуючи затирання на основі епоксидних смол, але таке рішення є високо праце- та матеріаломістким.

Застосування проникаючої гідроізоляції для бетону типу «Пенетрон» та подібних є найбільш досконалим рішенням з погляду забезпечення водонепроникності стіни та захисту від біологічної корозії. Однак дані рішення згідно з технологічним регламентом [11] не гарантують збереження адгезії нижнього штукатурного шару зі стіною у разі кристалізації солей у контактному шарі, що зумовлює вимоги щодо набивці сітки кладки і мінімальній товщині штукатурного шару 4 см.

Ще один вид корозії, що супроводжує зволоження цегляних стін – це їх морозне руйнування. Вода, що замерзає в порах і капілярах, збільшується в об'ємі, викликаючи значну напругу в конструкції. При природному зволоженні в умовах експлуатації вода у великих порах та капілярах

піднімається на меншу висоту, ніж у дрібних. Крім того, з великих пір вона відсмоктується в суміжні дрібні, тому що сила капілярного відсмоктування у них велика.

У великих порах і порожнинах вода замерзає при температурі нижче 0 °С, оскільки ній розчинені речовини, що знижують температуру замерзання. У капілярах діаметром 10…5 см і менше вода замерзає за температури нижче –25 °С. При Замерзання води вільні великі пори служать резервним обсягом для компенсації її розширення у дрібних порах та капілярах.

На довговічність конструкцій, крім згаданих факторів, впливає також поперемінне зволоження та висихання матеріалу навіть за відсутності негативних температур. При висиханні волога з конструкції випаровується, спочатку з великих, а потім з дрібніших пор капілярів. В абсолютно сухому повітрі вільна капілярна та адсорбційно-пов’язана вода протягом деякого часу може повністю випаруватися з конструкції. При цьому на матеріал стіни перестають діяти розклинюючі сили і, як наслідок, виникають значні напруження усадки. Зі збільшенням відносної вологості навколишнього повітряного середовища матеріал знову зволожується, тріщини розкриваються. Швидкість руйнування кам’яних конструкцій під дією напруг усадки та розширення залежить від інтенсивності зволоження та висихання [11].

Як випливає з вищезазначеного, під час експлуатації цегляної стіни в умовах контакту з вологою, кладка може руйнуватися під дією сил різної природи, причому ці сили взаємопов’язані та взаємозумовлені. Тому завдання захисту цегляних стінок від корозії необхідно вирішувати комплексно. Автор вважає оптимальним використовувати для захисту стін двошарову штукатурну систему на основі портландцементу, що містить добавки, що надають їй здатність затримувати солі, зберігати адгезію, перешкоджати проникненню всередину кладки рідкої води та пригнічувати розвиток мікроорганізмів.

1.2 Властивості та технічні вимоги штукатурних сумішей

Відповідно до чинного ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови, основними показниками якості штукатурних сумішей у сухому стані є:

- вологість (трохи більше 0,3 % за масою);

- найбільша крупність зерен заповнювача (не більше 2,5 мм для сумішей, наносяться механізованим способом, і не більше 5,0 мм - для сумішей, що наносяться ручним способом.);

- вміст зерен найбільшої крупності (залишок на ситі, відповідному розміру зерен найбільшої крупності заповнювача бути трохи більше 1,0 %.).

Основними показниками якості свіжоприготовлених штукатурних сумішей є:

- рухливість (має відповідати марці Пк3);

- водоутримуюча здатність (не менше 95 %);

- зберігання початкової рухливості (не менше часу вироблення суміші);

- розшаровування (не більше 10 %);

- стійкість до утворення тріщин (тріщини на поверхні, що твердіє складу не допускаються).

Основними показниками якості затверділого розчину є:

- деформації усадки (не більше 1 мм/м) або розширення (не більше 0,5 мм/м);

- стійкість до ударних впливів (згідно з прийнятими нормами будівельного проектування (залежно від механічних впливів);

- міцність на стиск у віці 28 діб. Залежно від міцності на стиск встановлюють класи затверділих штукатурних розчинів у проектному віці, наведені у таблиці 1.1.;

Таблиця 1.1 Класи міцності при стисканні штукатурних розчинів

Клас міцності при стисканні	КП I	КП II	КП III	КП IV
Межа міцності на стиск, МПа	0,4…2,5	2,5…5,0	5,0…7,5	Більше 7,5

А також: середня густина; міцність зчеплення з основою (адгезія) віці 28 діб; капілярне водопоглинання; теплопровідність; паропроникність; морозостійкість та морозостійкість контактної зони (крім сумішей для внутрішніх робіт). Вимоги до штукатурних розчинів різних видів та варіантів застосування наведено в таблиці 1.2.

Крім того, залежно від вимог, що висуваються, можуть нормуватись та інші властивості штукатурних сумішей. Для штукатурної системи, що захищає цегляну стіну від утворення висолів на поверхні, проростання плісняви та зволоження слід контролювати відповідні властивості.

Так, гідрофобні властивості штукатурного розчину можуть бути оцінені за наступними показниками:

- капілярне водопоглинання;
- кут змочування;
- водонепроникність.

Біологічну стійкість оцінюють показниками подавлення зростання відповідних умов експлуатації груп мікроорганізмів (бактерій, грибів, вірусів, водоростей і т.д.). В даний час існує понад 200 різних методик оцінки біологічної стійкості матеріалів. Традиційним методом оцінки грибостійкості будівельних розчинів в Україні є ДСТУ Б В.2.5-29:2006 у порівнянні фунгіцидних властивостей різних матеріалів по відношенню до однієї культури мікроміцетів, оскільки дозволяє давати кількісну оцінку фунгіцидності.

Таблиця 1.2 Вимоги до властивостей затверділих штукатурних розчинів

Найменування показника	Вид штукатурного розчину				
	Важкий штукатурний розчин	Легкий штукатурний розчин	Одношаровий штукатурний розчин для зовнішніх робіт	Декоративний штукатурний розчин	Тепло-ізоляційний штукатурний розчин
Середня щільність в сухому стані, кг/м^3	Більше 1300	Менше ніж 1300	Встановлює виробник		Менше 500
Клас міцності при стисканні	Від КП I до КП IV	Від КП I до КП III	Від КП I до КП IV	Від КП I до КП IV	Від КП I до КП II
Міцність зчеплення з основою, МПа	Не менше 0,3				Не менше 0,2
Марка по морозостійкості контактної зони	Не нижче F 25 для сумішей для зовнішніх робіт				Встановлює виробник
Марка по морозостійкості	Не нижче F 25 для сумішей для зовнішніх робіт		Не нижче F 25	Не нижче F 50	Те ж саме
Капілярне водопоглинання, кг/(м^2 ·хв^{0,5})	0…0,4	0…0,4	0,2…0,4	0…0,4	Менше ніж 0,4
Коефіцієнт паропроникності, мг/(м·ч·Па)	Встановлює виробник	Не менш 0,1	Встановлює виробник	Встановлює виробник	Менш 0,07
Теплопровідність, Вт/(м·К)	Не нормується	Менше ніж 0,2	Залежно від щільності		Менше 0,1
Стійкість до появи тріщин	Не допускається (товщина зразка 20 мм)		Не допускається (товщина зразка 10 мм)		Не допуска-ється (товщина зразка 20 мм)

Існуючі методики оцінки стійкості матеріалів до появи висолів (DIN 52111, [10]) не враховують взаємодію різнорідних матеріалів у зонах їх контакту в багатошарових системах, який є оштукатурена стіна. Тому дослідники проводять натурні чи модельні випробування відповідно до орієнтовних умов експлуатації та свого розуміння релевантності одержуваних при випробуванні даних. Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-126:2011, захисними сумішами, що санують, називали «суміші, призначені для попередження висолоутворення на поверхні конструкцій». Однак, на теперішній час сануючими називають «суміші, що мають пористість понад 35 %, призначені для ремонту стінових огороджувальних конструкцій та фундаментів із

зовнішньої та внутрішньої сторін, та їх захисту від атмосферних впливів та розчинених солей ґрунтових вод». Тому властивість сумішей попереджати висолоутворення на поверхні конструкцій називається в справжньої роботи солезатримуючої здатністю, а відповідні суміші –солозатримуючими (або солеутримуючими).

Розглянемо фактори, що впливають на досяжність необхідних властивостей захисних штукатурних покриттів.

1.3 Фактори, що впливають на експлуатаційні властивості штукатурних сумішей

Капілярне водопоглинання залежить від структури пор штукатурного розчину, а саме кількості відкритих капілярних пір, їх зв'язності один з другом та ефективного діаметра. Основний параметр, що визначає кількість капілярних пір – водоцементне відношення. Можна збільшити водопоглинання розчину, ввівши в нього високопористий наповнювач з відкритими порами, та зменшити за допомогою мікронаповнювачів, гідрофобізуючих речовин та добавок, що змінюють порову структуру.

Здатність штукатурної системи не допускати утворення висолів залежить від її порової структури. Чим більша кількість сполучених пір, тим більша кількість солі здатний накопичувати в собі штукатурний шар, тим самим, не допускаючи їхнього виходу на поверхню. На цьому ґрунтується механізм роботи традиційних сануючих штукатурок, які мають у своєму складі пористий наповнювач, що забезпечує пористість затверділого розчину 35 %. Можна запобігти висолоутворенню на штукатурній поверхні введенням до її складу гідрофобізаторів, що не дозволяють солоній воді проникнути до неї. Однак у такому разі солі можуть кристалізуватися на межі контакту штукатурного розчину зі стіною, та тиск кристалізації викликає руйнування

штукатурного шару.

Адгезія штукатурного шару з цеглою визначається наступними факторами: склеювальною здатністю розчину і повнотою контакту розчину з цеглою в момент нанесення та при подальшому твердінні.

Клеюча здатність розчину залежить від адгезійних та когезійних властивостей розчину, а останні визначаються складом розчину, мінералогічним складом в'яжучого, водовідносним ставленням, щільністю розчину, ступенем шорсткості поверхні цегли, віком розчину при кладці, температурними та вологими умовами.

Адгезія класифікується на специфічну та механічну; перша виходить за рахунок хімічного зв'язку, друга - за рахунок проникнення розчину всередину пір і шорсткості цегли. Механічна адгезія може бути суттєвою для зчеплення тільки у разі застосування каменів із шорсткою поверхнею.

Забруднення поверхні стіни призводить до скорочення площі зіткнення її з штукатурним шаром і тому знижує міцність зчеплення. Повнота контакту штукатурного шару може змінюватись у процесі твердіння і значною мірою визначається величиною усадки розчину.

Ступінь руйнівної дії мікроорганізмів визначається багатьма чинниками. Особливістю біокорозії є те, що ступінь агресивності середовищ у разі може проявлятися як безперервно, а й стрибкоподібно.

Біокорозія найбільш інтенсивно йде при підвищеній вологості, щодо високих температур, великої кількості пилу та забруднень органічної природи. Основним фактором, що сприяє розвитку мікроорганізмів на матеріалах є вода. Причому волога може вноситися за рахунок самих мікробних клітин, що містять її 80 % і більше.

За сприятливих для розвитку мікроорганізмів умов руйнівні процеси починаються з перенесення їх на поверхню матеріалу, адсорбції, утворення та зростання мікроколоній за рахунок розростання гіфів та спор, супроводжується виділенням продуктів метаболізму та корозійним впливом. Найбільш активними корозійними агентами із бактерій є тіонові та

нітрифікуючі, що створюють кислі агресивні середовища, а також сульфаторедукуючі, що утворюють корозійно-активні метаболіти (NH_3, H_2S, CO_2, органічні кислоти). Для міцеліальних грибів характерними метаболітами є органічні кислоти, окислювально-відновні та гідролітичні ферменти [44].

Паропроникність виникає при різному змісті та пружності пари по обидва боки поверхні, що залежить від температури водяної пари. Значення коефіцієнта паропроникності тим вище, що більше у матеріалі сполучених пір.

Морозостійкість розчину залежить головним чином від структури матеріалу: чим вище відносний обсяг пір, доступних для проникнення води, тим нижча морозостійкість. Морозостійкість контактної зони визначається характером структури пір у місці з'єднання матеріалів; якщо між штукатурним шаром і стіною є порожнини, в яких може накопичуватися вода, то за відсутності шляху для розширення в межах повітряного простору лід, що утворюється, зумовлюватиме зниження адгезії. Відповідно, якщо кристалічна структура матеріалів взаємопроникає один в одного на більшій частини площі контакту, то морозостійкість контактної зони буде не нижче морозостійкості найнестійкішого матеріалу.

Тріщиноутворення може відбуватися в результаті усадкових деформацій. Воно може бути викликане за чотирма видами усадки цементного тесту: седиментацією, первинною, вторинною та тривалою усадкою.

На седиментацію впливають тривалість; розмір шару; сповільнене схоплювання, викликане низькою температурою та добавкою сповільнювачів; нестійкість суспензії цементу у зв'язку з відсутністю в ньому дуже дрібної фракції; надмірною кількістю води; присутністю добавок. Первинна усадка залежить від тривалості схоплювання, інтенсивності випаровування вологи, інтенсивність зниження вологості в результаті гідратації. Вторинна усадка залежить від вмісту в гідратах алюмінатів, лугів гіпсу, тонкощі помелу цементу. Тривала усадка відбувається тим інтенсивніше, чим швидше відбувається випаровування вологи. Міцність розчину залежить від марки цементу, водоцементного відношення, якості заповнювачів та добавок, що

змінюють процеси твердіння.

Щільність штукатурного розчину залежить від середньої густини заповнювачів, кількості води замішування та структури пір. Теплопровідність зворотно пропорційна щільності, а також зв'язності порожнин у матеріалі один з другом.

Таким чином, більшість експлуатаційних властивостей штукатурних розчинів обумовлені структурою пір. Управління порової структурою дозволяє досягти необхідних властивостей матеріалу. У технології цементних систем основним способом управління структурою доби є раціональний підбір складу суміші, що включає різні добавки [13]. Розглянемо добавки, застосовувані підвищення стійкості цементних систем до корозійним процесів, захисту від яких присвячена дана робота, та механізми їх дії.

1.4 Керування якістю розчинних сумішей за допомогою добавок

З закону спорідненості структур [8] відомо, що за наявності у сполучених матеріалах однорідних речовин, міцність їх зчеплення один з одним збільшується. Експериментально встановлено, що добавка до цементу [5], або розчинну суміш [16] кераміки до двох разів збільшує адгезію будівельних розчинів з такою добавкою до цегли.

Для надання штукатурному розчину гігроскопічності та здатності сорбувати солі застосовують різні модифікатори та пористі наповнювачі: цеоліти, силікагелі, активоване вугілля [7], керамічну крихту та інші дисперсні добавки [15-17].

При міграції вологи через такі матеріали всередині штукатурного розчину відбувається затримка її просування, що дозволяє здійснювати випаровування води та кристалізацію солей усередині штукатурного шару, не допускаючи утворення висолів на поверхні. Аналогічний ефект можуть давати

повітровтягуючі добавки, створюючи мікрорезервуари випаровування води та кристалізації солі. Вони запобігають розширенню розчинів і компенсують внутрішні напруги при лужній або сульфатній корозії [28], знижують капілярний підсмоктування, зменшуючи ймовірність проникнення хімічно агресивних середовищ [2], а також забезпечують нормовану водоутримуючу здатність свіжоприготовлених розчинів із цементних ССС [7].

В умовно відкритих нано порах гідрофільних матеріалів розчинність солей у воді значно перевищує розчинність у вільному обсязі. Завдяки цьому в них відбувається затримка солей, що мігрують по капілярах за рахунок сил поверхневого натягу [14, 18].

На основі місцевих сировинних матеріалів – сирого сульфатного мила, золиунос та мікрокремнезему, були отримані ефективні повітровтягуючі мікрогранульовані добавки, придатні для сухих будівельних сумішей [18].

Щоб зробити штукатурний розчин водовідштовхуючим, використовують гідрофобізуючі добавки та покриття, що змінюють змочуваність поверхні. Ступінь змочуваності водою залежить від хімічної природи твердої поверхні, її структури, наявності гідрофобізуючих речовин та інших факторів.

Перші гідрофобізатори з’явилися у будівництві у першій половині XX століття у зв’язку з розвитком гідротехнічного будівництва [13]. Здебільшого це були кремнійорганічні рідини на основі полігідросилоксану, етилсиликонату натрію, метилсиликонату натрію.

Деякі вчені застосовували гідрофобізатори на основі нафтенових та олеїнових кислот [9,5]. Дані склади мають певні негативні якості: низькі ефективність та пожежна безпека, а для рідин на основі полігідросилоксану - необхідність використання органічних розчинників або приготування емульсій з обмеженим терміном дії [12]. Нині вони практично зникли з ринку будівельних матеріалів.

Тому, виходячи з економічних міркувань та для збереження властивостей цементного каменю, який він купує у разі застосування

кремнійорганічних сполук або природних гідрофобізаторів типу олеїнової кислоти, для виготовлення добавок гідрофобізуючих сталі використовувати продукти та відходи нафтохімічного синтезу; олійно-жировий та целюлозно-паперової галузі промисловості. Найбільшим поширенням користуються такі гідрофобізатори цього типу, як окислений петролатум, кубові залишки синтетичних жирних кислот (КЗСЖК), бітумні дисперсії, соапстоки рослинних олій та ін.

Згадані технічні речовини відрізняються одна від одної походженням і складом, але для них характерна наявність молекул з різко вираженою асиметрично-полярною будовою. Такі молекули є собою сполуки дифільного характеру, що мають гідрофільну «головку» (одну або кілька полярних груп типу -OH, -COOH, $-SO_3H$, $-OSO_3H$, -COOM, $-NH_2$ і т. д.) і гідрофобний «хвіст» (як правило, аліфатичну ланцюг, що іноді включає в неї ароматичну групу).

Гідрофобізуючі добавки змінюють зручність укладання сумішей, збільшують їх зв’язність, нерозшаровуваність, що має особливе значення при транспортуванні та зберіганні сумішей у літній час.

Як додаткові компоненти до гідрофобізуючих добавок найбільш поширені солі неорганічних кислот: нітрит натрію, нітритнітрат-хлорид кальцію (ННХК), сульфати та карбонати лужних металів, тіосульфат натрію та ін. Крім того, гідрофобно-пластифікуючі добавки досить ефективні у разі застосування їх у комплексі з такими відомими і добре зарекомендували себе в технології бетону добавками, як суперпластифікатори (С-3, СП 10-03 та інші) та модифіковані технічні лігносульфонати (ЛСТМ-2, НІЛ-20 та інші).

Ряд авторів рекомендують поєднувати гідрофобізатори з суперпластифікаторами, оскільки гідрофобізатор у такому поєднанні буде впливати на процеси масопереносу та льодоутворення в процесі багаторічної експлуатації бетону, що значно збільшить його морозо- та корозієстійкість та покращить ряд властивостей, наприклад, адгезійну міцність при торкретуванні [11].

Спосіб приготування та застосування гідрофобізуючої добавки вибирають з урахуванням її складу, виду одержуваного продукту (рідкий, порошкоподібний, гранульований та ін.) та техніко-економічних показників (собівартість, терміни зберігання, транспортування тощо). Слід зазначити, що ефективні гідрофобізатори, одержувані на сучасних нафтохімічних комбінатах та нафтопереробних заводах, як правило, у звичайних умовах водонерозчинні. Для введення гідрофобізаторів у бетонні або розчинні суміші їх переводять у водорозчинні продукти шляхом:

- осадження гідрофобізатора на мінеральному порошку, одержуваному при розмелі, наприклад, вапняку спільно з кубовими залишками синтетичних жирних кислот (КЗСЖК);

- омилення водонерозчинних продуктів;

- сульфування;

- емульгування;

- агломерування в гранули, брикети, таблетки, гранульовані порошки.

Практика показала ефективність та перспективність приготування гідрофобізуючих добавок із застосуванням способів емульгування або агломерування інгредієнтів добавки до різних продуктів.

В даний час широко застосовують технологію приготування гідрофобізуючих добавок у вигляді водорозчинних (прямих) емульсій типу «Олія у воді».

Якість гідрофобізуючих добавок, основою яких є прямі емульсії, залежить від природи, виду, способу отримання гідрофобізатора та гідрофілізатора на підприємствах-постачальниках, а також від складу, способу диспергування, режиму процесу отримання емульсії (тривалість, температура).

Вченими даної галузі доведено, що якість емульсій та їх ефективність в цементних системах залежить від гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ) органічних інгредієнтів добавки, граничності та ненасиченості жирних кислот (гідрофобізатори). Відомо, що більше ненасичені речовини гідрофобізуючої

дії сильніше пластифікують цементну систему порівняно із граничними.

Однак слід зазначити, що ГЛБ, як показала практика, використовувати повною мірою при виготовленні емульсій неможливо. Це пов'язано насамперед з тим, що інгредієнти, що входять до складу будівельних емульсій (добавок) зазвичай застосовуються не як хімічно чисті продукти, а як поліхімічні речовини. У зв'язку з цим ГЛБ необхідно враховувати раніше всього при отриманні прямих, стабільних емульсій гідрофобізуючої дії з метою суттєвого ослаблення у суміші «вода+гідрофобізатор+гідрофілізатор» гідрофобних емульгаторів та забезпечувати переважну дію гідрофільних [10].

Відомий спосіб отримання органомінеральних добавок (ОМД) у сухі будівельні суміші (СБС) шляхом осадження на тонкодисперсному мінеральному компоненті органічного модифікатора з наступним висушуванням.

Спосіб приготування ОМД передбачає замішування водними розчинами (або емульсіями) ПАР попередньо розмеленого мінерального компонента (або матеріалу в тонкодисперсному стані) та подальше висушування отриманої суспензії. Сушіння здійснюється до залишкової вологості матеріалу 1...1,5%. Отримана порошкоподібна добавка легко формується та піддається брикетуванню. У такому вигляді ОМД легко складується, транспортується, дозується та вводиться в суміш.

Таким чином, реалізується основний принцип фізико-хімічної механіки - поверхнева активація мінерального наповнювача, сприяє підвищенню його поверхневої енергії. Присутність ПАР запобігає агрегації високодисперсних частинок наповнювача та стабілізує його властивості, а сам він стає носієм ПАР. За аналогією з в'язкими низької водопотреби, органомінеральні добавки стають більш активними елементами у процесі структуроутворення, порівняно з добавками, що вводяться в суміш окремо [8].

Відомий відхід – кубовий залишок виробництва сульфатного скипидару (полімерний залишок), який складається переважно з терпенових з'єднань [12]. Це перспективний компонент для гідрофобізації складів захисного

покриття цегляних стін.

Біоцидність - властивість матеріалу запобігати поселенню та розмноженню на поверхні та в його структурі біоорганізмів (бактерій, грибів, водоростей, молюсків, слизів, черв'яків тощо).

Біологічно активні середовища можуть негативно впливати практично на всі будівельні матеріали, в тому числі і на матеріали на цементному в'яжучому. Особливо швидко вони руйнуються на підприємствах хімічної, харчової та інших виробництв, особливістю яких є наявність багатого живильного середовища для мікроорганізмів.

Оскільки різновидів біоцидних добавок існує велика кількість, існує ймовірність придатності окремих промислових відходів до використання в такій новій якості.

У корозійних процесах можуть брати участь мікроорганізми, що відносяться до широкого кола груп та видів. Це можуть бути бактерії, які утворюють неорганічні кислоти, що окислюють метан, залізобактерії, а також гриби та водорості. У більшості випадків вони сприяють створенню агресивних середовищ, у яких прискорюються корозійні процеси.

Пористість та мікрозональне заселення бактеріями поверхні цементного каменю призводить до зміни pH та руйнування поверхневого шару карбонату кальцію. Особливо агресивними вважаються аеробні тіонові бактерії, що екзотермічно окислюють відновлені форми сірки при доступі вільного кисню. Біоопір цементних композитів обмежений їх природою, оскільки капілярно-пористі матеріали схильні до активного адсорбування атмосферної вологи, а потім появу на них мікроорганізмів [33].

Для підвищення стійкості проти біохімічної корозії до складу суміші на стадії її приготування вводять спеціальні добавки: бактерицидні – від бактерій, фунгіцидні – від грибів, альгіцидні – від водоростей і так далі.

Як хімічні засоби захисту бетону можуть застосовуватися:

- неорганічні сполуки - оксиди та солі бору, міді, хрому, цинку, миш'яку та інші;

- органічні сполуки - феноли та хлорфеноли, похідні карбонових, оксикарбонових, карбамінових та тіокарбамінових кислот та інші;

- елементоорганічні та комплексні сполуки олова, міді, свинцю, миш'яку, кремнію, ртуті та інші.

По агрегатному стану біоциди бувають твердими (порошки), рідкими та газоподібними (фуміганти, леткі фунгіциди та інші); за ознаками розчинності - водорозчинними, малорозчинними і розчинними в органічні розчинники. Найбільш поширені біоцидні добавки: катапін-бактерицид, оловоорганічний біоцид, латексний біоцид АБП-40, пентахлорфенолят натрію, катамін, катчпін [23], досліджуються сполуки гуанідину [15] та інших речовин.

Традиційно як біоцидні добавки для штукатурок застосовували 2-оксидифеніл та фтористий кальцій [7]. Сучасні біоцидні добавки вибирають залежно від виду бетону або будівельного розчину, видів мікроорганізмів патогенної дії, які можуть оселитися всередині або на поверхні конструкцій. Біоциди повинні мати високу активність, не надавати негативного впливу на довкілля та не погіршувати технологічні та фізико-механічні властивості затверділих сумішей.

Слід згадати про біоцидні властивості терпенів. Терпени — клас вуглеводнів - продуктів біосинтезу загальної формули $(C_5H_8)n$, з вуглецевим скелетом, що формально є похідним ізопрену $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$.

У великих кількостях терпені містяться в рослинах сімейства хвойні, багатьох ефірних олій. Терпени - основний компонент смол і бальзамів, так скипидар отримують з живиці. Назва «Терпени» походить від латів. Oleum Terebinthinae - скипидар.

Можна виразно говорити про фізіологічні та біоценотичні функціях терпенових вуглеводнів та їх похідних у житті рослин. Емісія терпенів виступає як найважливіший фактор їх життєстійкості - обмеження проникнення хвороботворних мікроорганізмів у тканини, постійно ушкоджені комахами та іншими тваринами. Іншими словами, вона є еволюційно виробленим механізмом неспецифічного імунітету рослин. Більшість терпенів

володіє потужним фунгіцидним і бактерицидною (або бактеріостатичним) дією. Найбільш інтенсивна емісія терпенів спостерігається у перший момент після пошкодження, тобто відбувається стерилізація уражених ділянок рослинних тканин [14].

Відомо про дослідження фунгіцидної активності монотерпенів, виявлено активні біоциди лісохімічних продуктів та досліджено їх вплив на метаболічну активність мікроскопічних грибів. Було здійснено скринінг 17 сполук, а саме: камфену, міристинової кислоти, камфари, абієтинової кислоти, метилового ефіру ліноленової кислоти, сумарного екстракту ялини, сумарних ліпідів ОП-11 модрини, кисневмісних дитерпенів, камфену оптично активного, сесквітерпенових кисневмісних сполук, дипентену, п-цимолу, скипидару сульфатного, борнілацетату, Δ3-карена, α-терпінеолу, α-пінена, Δ3-карена + дипентену щодо виявлення фунгіцидних властивостей. Як тесткультури грибів використовувалися наступні 14 видів мікроміцетів, є активними біодеструкторами різних промислових матеріалів, як природного, так і синтетичного походження: Asprgillusniger, Aspergillusoryzae, Aspergillusterreus, Alternariaalternata, Fusariummoniliforme, Peniciliummartensii, Penicilliumchrysogenum, Penicilliumfuniculosum, Penicilliumcyclopium, Penicilliumochro-chloron, Penicilliumbrevi-compactum, Trichodermaviridae, Chaetomiumglobosum, Paecilomycesvariotii.

Авторами [10] встановлено, що найбільшим фунгіцидним ефектом на використовувані тест-культури мали α-терпінеол і сульфатний скипидар.

Показано, що α-терпінеол надавав фунгіцидну (інгібуючу) дію на зростання всіх 14 видів грибів, тоді як сульфатний скипидар - на A. niger, P. chrysogenum, A. oryzae. Більшою мірою інгібування спостерігалося при спільній дії NaF та сульфатного скипидару.

Цікавим матеріалом для розробки СБС є чорні сланці. Цей матеріал мало вивчений, має велику сорбційну ємність і каталітичною активністю, що дозволяє прискорити процес затвердіння карбамідоформальдегідних смол і знизити в них вміст вільного формальдегіду з 0,15 до 0,054% [21], може

містити фуллереноподібні включення [12], є відомості, що він має пластифікуючий ефект при введення у цементні матеріали [18].

Вивчивши практику в галузі захисту від корозії цегляних стін вологих умовах відзначимо, що найбільш застосовуваними матеріалами є штукатурки, для виготовлення яких можуть бути використані: пористі наповнювачі з відкритою пористістю; сорбенти; гідрофобізатори; прискорювачі твердіння; пластифікатори; інертні тонкодисперсні речовини; повітрозтягуючі та біоцидні добавки.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИКОРИСТАНИХ МАТЕРІАЛІВ, МЕТОДИ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристики використаних матеріалів

Для виготовлення та дослідження сухих будівельних сумішей та технології їх виготовлення використані вказані нижче матеріали.

Як в’яжучий для приготування сухих будівельних сумішей застосовано портландцемент. Мінералогічний склад та властивості цементу представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні властивості цементу

Нормальна густота, %	Терміни схоплювання		Марка	Мінералогічний склад, %			
	початок	кінець		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
25	1 год. 50 хв.	4 год. 10 хв.	ПЦ-500-Д0-Н (ЦЕМ І 42.5Н)	57...61	12...16	8...9	11...14

В якості заповнювача використаний кварцовий пісок фракції 0,16...1,25 мм, отриманий фракціонуванням (ДСТУ Б В.2.7-32-95).

Перед використанням пісок висушений до постійної маси за температури 100...115 °С. Насипна густина піску 1530 кг/м^3, істина – 2,67 г/см^3, модуль крупності 1,61.

Під час проведення лабораторних досліджень використано водопровідну вода, яка відповідає вимогам ДСТУ ISO 3696:2003.

При розробці комплексних органомінеральних добавок як мінералізатора використані відпрацьовані чорні сланці (ЧС) усередненого складу із 15 проб, взятих на відвалах. Це унікальний матеріал, який є ефективним сорбентом органіки [17], що дозволяє вільно перемішувати його з водонерозчинним кубовим полімерним залишком виробництва сульфатного скипидару (полімерним залишком, ПЗ). Висока сорбційна ємність НС [3] дозволяє припускати їх високу пористість на нанорівні. Тому НС також були апробовані в якості добавки та наповнювача в СБС для нижнього штукатурного шару.

В результаті досліджень [12] встановлені морфогенетичні різновиди нерозчинної вуглецевої речовини в руді та НС: точково-каплеподібне, сотоподібне, монокристали графіту та кристали графіту кулястої форми. Відомо, що графіт є гарним підшипником ковзання та стабілізатором полімерів.

Встановлено [18], що НС при введенні в будівельний розчин кількості до 5 % маси цементу має пластифікуючий ефект.

Усереднений хімічний склад [9] НС наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Середній хімічний склад чорних сланців

Вміст, %													
SiO2	TiO2	A12O3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	CO_2	$C_{орг}$	П.Б.П.
59,06	0,95	16,55	2,75	4,61	1,83	3,15	0,09	2,57	1,45	0,21	2,57	1,26	7,98

Рентгенофазовий аналіз (рисунок 2.1) [12] свідчить про те, що НС складаються переважно з кристалічного кварцу, в незначному кількості присутні плагіоклази та гідрослюди.

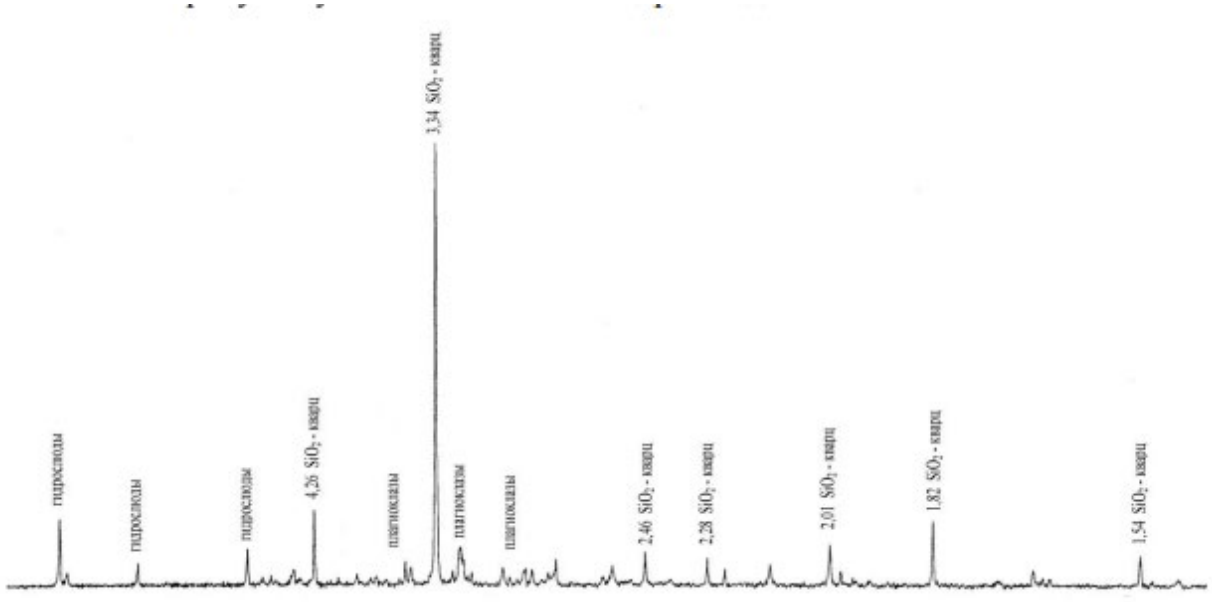


Рисунок 2.1 – Дифрактограма чорних сланців

Результати розсіву усередненої проби партії сланців на цементних ситах наведено у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Гранулометричний склад чорних сланців

Діаметр отвору, мм	2	1	0,4	0,2	0,09	0,045	П
Повний залишок, %	0,5	1,3	8,5	70,7	96,4	97,7	100

Вологість – 0,5 %. Гігроскопічність серед водяної пари – 35 %. Насипна густина 1230 кг/м^3, дійсна – 2650 кг/м^3. НС мало вивчені як модифікатори цементних систем, а їх сорбційні і пластифікуючі властивості обґрунтовують застосування як компонент об’єкту досліджень.

Перелік органічних та мінеральних речовин, використаних для приготування органомінеральних комплексних добавок та виготовлення будівельних сумішей, наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Перелік використаних у роботі добавок

№ з/п	Найменування добавки	Позначення	Нормативний документ	Ціль використання
1.	Сире сульфатне мило	ССМ	ТУ 13-0281078-28-118-88	емульгатор, повітрозтягуючий агент
2.	Мікрокремнезем	МК	ТУ 1788-165-05785247-01	мінеральний компонент комплексних добавок
3.	Зола-винесення ТЕС	ЗВ	ДСТУ EN 450-1:2019	мінеральний компонент комплексних добавок
4.	Рідке натрієве скло із силікатглиби	РС	ГОСТ 13078-81	стабілізація емульсії ПЗ
5.	Суперпластифікатор С-3	С-3	ТУ 6-36-0204229-625	збільшення рухливості суміші, зниження капілярної пористості
6.	Форміат кальцію	ФК	ТУ 574500 002 46400963-2013	Прискорення структуроутворення цементного каменю

Теоретичними дослідженнями науково обґрунтовано вибір як основи комплексної органомінеральної добавки гідрофобно-біоцидної дії полімерний залишок. Відомо використання полімерного залишку виробництва скипидару як гідрофобізатора цементних бетонів [6]. Полімерний залишок став єдиним органічним відходом сульфатно-целюлозного виробництва, який не можна утилізувати у топкових котлах. Ця речовина не перемішується з водою та поширеними мінеральними порошками (перевірено на цементі, кварцовому піску, цегляному пилу, мікрокремнеземі, золі-віднесення, будівельному гіпсі, цеолітах Бадармінського родовища). Це свідчить про зміщення гідрофільно-ліпофільного балансу у бік ліпофільності і дозволяє припускати гідрофобізуючий ефект при його введенні у суміші.

За складом [7] ПЗ являє собою суміш висококиплячих терпенів і терпеноїдів, що визначає можливість його використання як біоциду.

Зовнішній вигляд та властивості: темно-коричнева рідина із запахом скипидару, з водою не поєднується, щільність при 20°С – 900…950 кг/м^3,

в’язкість по ВЗ 4...11,5 сек, температура кипіння - 165 °С.

Груповий склад: феноли – 0,70 %, нейтральні речовини – 97,10 %, кислоти – 0,22 %, втрати щодо – 1,98 %.

Елементний склад: вуглець (С) – 83,4 %, водень (Н) – 10,1 %, кисень (О) - 6,5 %.

За даними виробника, властивості ПЗ стабільні і не залежать навіть від вихідної породи деревини.

Вирішено розробити комплексну органомінеральну добавку гідрофобізатор для оздоблювального штукатурного шару на основі ПЗ та дисперсного порошку. Скипидар і терпен є ефективними фунгіцидами. Тому добавки та суміші з добавками на основі ПЗ вирішено дослідити на фунгіцидність.

В якості дисперсних мінеральних носіїв діючих поверхнево активних добавок використані зола-винос (ЗВ) ТЕЦ-6 (ТІІТС) та пил газоочищення феросплавного виробництва (Мікрокремнезем - МК). Вони апробовані як мінералізаторів ПЗ.

В роботі використана ЗВ від спалювання бурого вугілля. Її усереднений хімічний склад [14] представлено таблиці 2.5.

За даними електронно-мікроскопічного аналізу [14], ЗВ складається зі сферичних частинок діаметром від часток до кількох мкм.

Таблиця 2.5 - Хімічний склад золи-віднесення (мас. %)

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	SO_3
40…55	6…14	4…10	20…35	3…6	0,3…1,5	0,2…0,5	0,9…50

Присутні великі добре огранованні кристали, високодисперсні маса, що утворює цілі поля і складається з лусочок-пластинок. Зустрічаються голчасті утвори. Переважний розмір часток – до 10 мкм.

Використаний МК в основному складається із SiO_2, який знаходиться у активній аморфній формі. Кристалічна фаза присутня в незначній кількості і представлена кристалічним кремнієм та карборундом. За даними електронно-мікроскопічного аналізу [14] представлений агрегатами з дуже дрібних

лусочок-пластинок і сферичних частинок діаметром від 0,01 до 0,7 мкм. Рідко між агрегатами проглядаються нитки. Мікрокремнезем не токсичний, пожежо- та вибухобезпечний, належить до 4 класу небезпеки за ДСТУ EN 13631-7:2005 допустимою концентрацією сухої речовини у повітрі 1 мг/м^3 [14].

МК є [15] високодисперсним матеріалом (Sud ~ 100000 м^2/ кг) з низькою насипною щільністю (150-300 кг/м^3)). У зв'язку з цим МК з погляду відбору, складування, транспортування та дозування складний матеріал. При дозуванні МК «стоїть» у повітрі або виноситься пилоосаджувальним обладнанням. Тому МК у будівельні суміші вводять, як правило, перемішаним з водою замішування.

Для забезпечення перемішування ПЗ з ЗУ і МК готували емульсію, складі як емульгатор використовували сире сульфатне мило (ССМ). Також ССМ використано як повітрозтягуючий компонент. ССМ - горюча мазеподібна рідина, питома вага якої складає 920…950 кг/м^3, не токсична, має неприємний запах, температура самозаймання - 483 ^{o}C; займання – 316 ^{o}C; спалаху – 264 ^{o}C.

В процесі одержання целюлози смолисті речовини деревини активно переходять у сульфатний луг і концентрується у сирому сульфатному милі.

Сульфатне мило містить натрієві солі жирних і смоляних кислот і, так звані, не омилювані речовини.

Для стабілізації емульсії використано рідке скло (ЖС). РС – це студнеподібна рідина, яка може бути або прозорою, або мати відтінок від жовтуватого до світло-коричневого кольору. Характеристики використаного РС: Силікатний модуль 2,6…3,2; Щільність 1360…1450 кг/м^3; масова частка Na_2O – 8,7…13,3 %; масова частка двоокису кремнію – 24,1…35,0 %.

Зупинка винесення солей на поверхню стіни може здійснюватися при нарощуванні відносного обсягу умовно відкритих пір матеріалу, а також при дробленні капілярів залученим повітрям. Залучене повітря створює мікрорезервуари кристалізації солі всередині штукатурного розчину, що не випускають висоли на поверхню стіни.

Використана повітрозтягувальна добавка (ВВД), виготовлена на основі ССМ і ЗВ за відомим [10] способом «сухої мінералізації» піни.

Співвідношення компонентів добавці склало ЗВ: ССМ = 100: 1.

Як базова поверхня при дослідженні штукатурних покриттів використана рядова цегла повнотіла одинарна за ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Розміри: 250х120х65. Межа міцності: 15…20 МПа. Морозостійкість: 35 циклів. Середня щільність 1880 кг/м^3.

Для покращення адгезії та регулювання порової структури нижнього штукатурного шару використана цегляна крихта, виготовлена шляхом дроблення цегли. Фракція 16…25 мм. Насипна густина 1240 кг/см^3.

Діаграма відносного обсягу пір цегли, отримана методом ртутної порометрії, наведено рисунку 2.2.

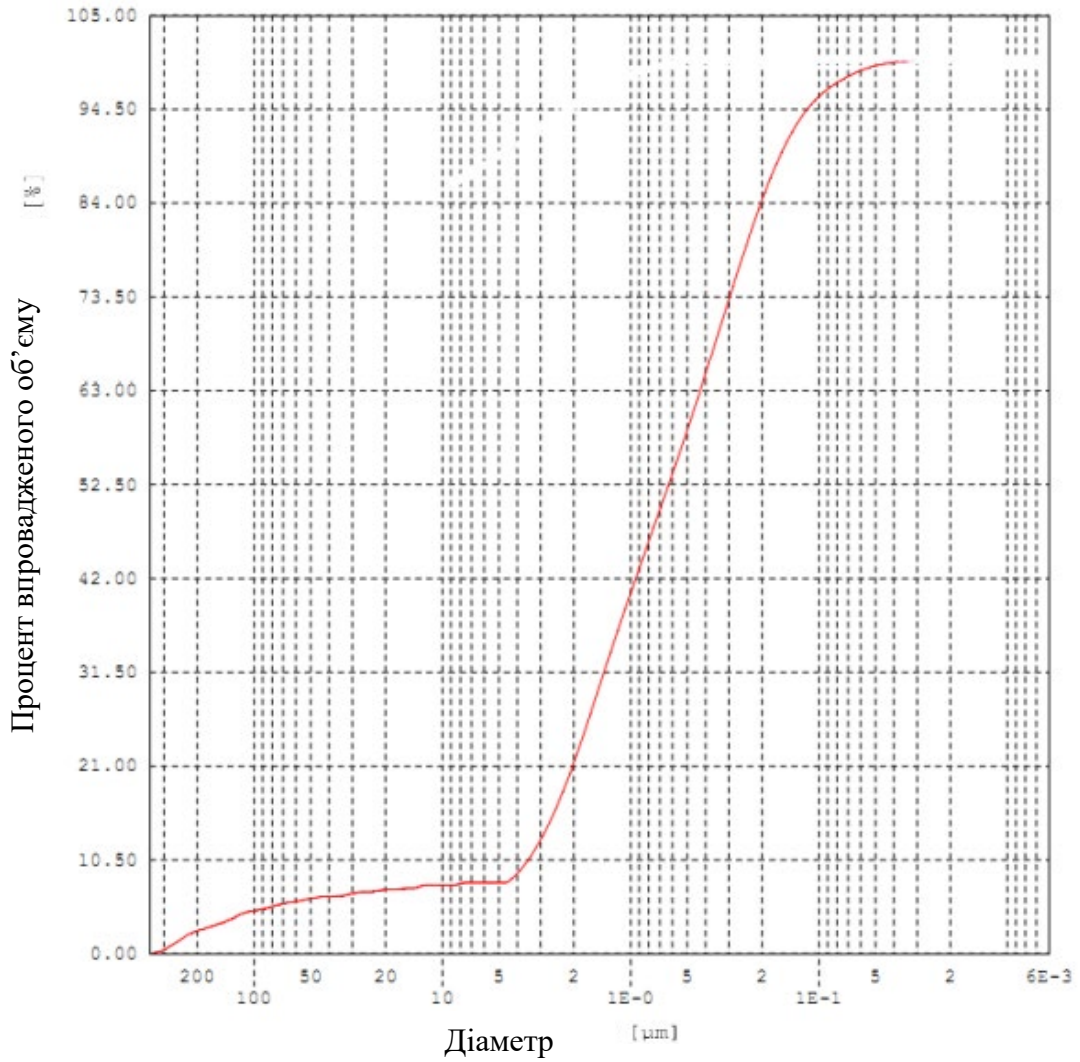


Рисунок 2.2 – Відносний об'єм пор цегли розміром до 0,3 мм

2.2. Методи досліджень

При визначенні властивостей досліджуваних матеріалів максимально дотримувалися відповідних існуючих норм та стандартів. Список нормативних документів, за якими проводили дослідження, представлений у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Стандартні методи досліджень

Властивість	Нормативний документ
Нормальна густина цементного тіста	ДСТУ Б EN 196-3:2007
Діаметр розпливу на струшуючому столику	ДСТУ Б EN 196-3:2007
Рухливість розчинової суміші	ДСТУ-Н Б В.2.6-202:2015
Розшарування розчинної суміші	ДСТУ Б В.2.7-23
Щільність розчинної суміші та розчину	ДСТУ Б В.2.7-23-95
Водоутримуюча здатність	ДБН А.3.1-7-96
Водопоглинання при капілярному підсмоктуванні	ДСТУ Б EN 196-3:2007
Визначення стійкості до утворення усадочних тріщин	ДСТУ Б В.2.6-21:2008
Визначення паропроникності розчину	ДСТУ EN ISO 12572:202x
Водопоглинання розчину	ДСТУ Б В.2.7-170:2008
Промивка, сушіння кварцового піску	ДСТУ Б В.2.7-131:2007. СТУ Б В.2.7-131:2007
Міцність розчину на вигин та стиск	ДСТУ EN 1015-11:2022
Прогнозування активності цементу	ДСТУ EN 196-1:2007
Морозостійкість розчину	ДСТУ Б В.2.7-239:2010
Водонепроникність розчину	ДСТУ Б В.2.7-170:2008
Сила запаху	МУ 2.1.674-97
Фунгіцидність розчину	ДСТУ EN 14348:2014
Рентгенофазовий аналіз	«Методи дослідження речовинного складу природних об'єктів» [29]
Розподіл пір за розмірами	Інструкція до приладу Quantachrome Poremaster 33
Термогравіметрично-диференційно термічний аналіз	Інструкція до приладу NETZSCH STA 449 F3 Jupiter

2.3 Методологія проведення досліджень

Під час проведення досліджень використано системний підхід створення інноваційних технологій, що включає сукупність всіх процесів від аналізу проблеми та формування вимог до матеріалу до його реалізації на будівельний ринок.

Розглянемо фізичну модель цегляної стіни із теплоізольованим вентильованим фасадом, що працює у вологих умовах, що містить в собі розчинні солі.

Згрупуємо основні можливі шляхи влучення рідини з приміщення у стіну згідно з її агрегатним станом:

- з водяної пари;

- прямим замочуванням.

Замочування поверхні стіни створює сприятливі умови для біологічної корозії. Конденсація пари при досягненні точки роси всередині або на поверхні стіни також зволожує стіну. Випаровування з поверхні стіни води, що несе зсередини розчинені солі, призводить до їхньої кристалізації на поверхні. Покажемо умовними знаками на схемі конденсації пари, видиму кристалізацію солей та проростання мікробів (рисунок 2.3).

Автор пропонує концепцію захисту цегляної стіни за допомогою двошарового штукатурного покриття на основі системи цементно-піщаних штукатурних сухих сумішей: нижньої адгезивно-солезатримуючої та оздоблювальної гідрофобно-фунгіцидний. При цьому оздоблювальний шар запобігає вбиранню стіною вологи та проростання плісняви. Нижній шар забезпечує надійне зчеплення з основою та затримує мігруючі солі, які можуть

потрапляти в стіну при дефектах та порушенні суцільності оздоблювального покриття.

Модель стіни з нанесеною штукатурною системою пропонованої конфігурації представлена рисунку 2.4.

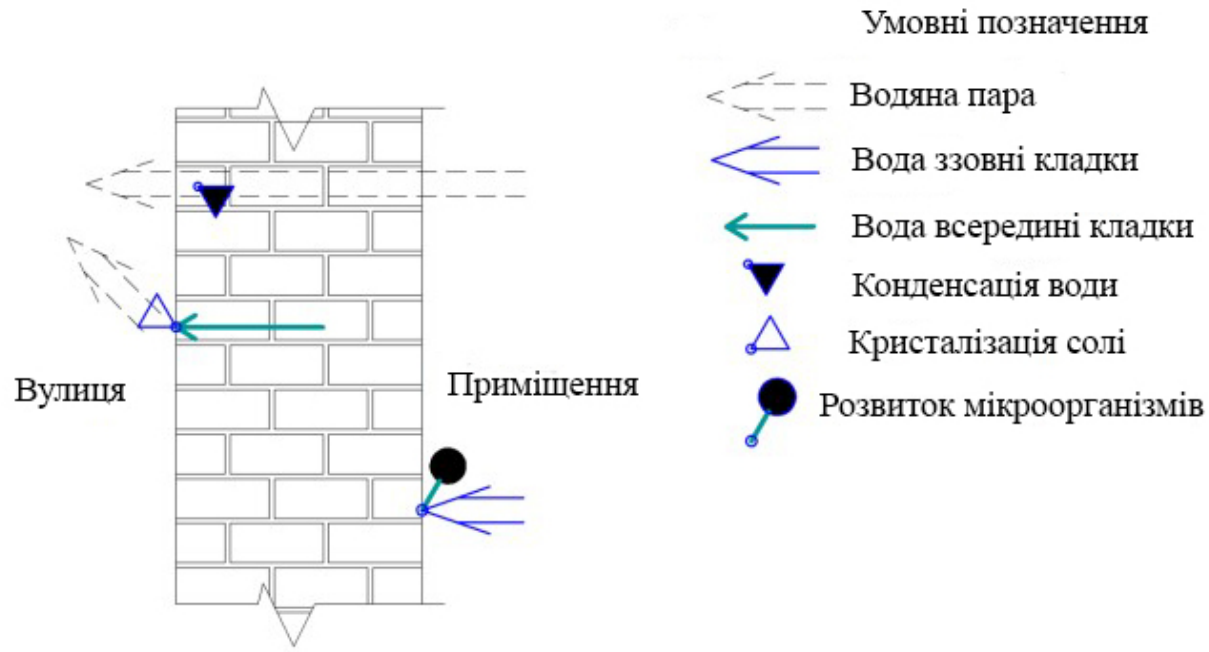


Рисунок 2.3 – Схема зволоження та супутніх дефектів цегляної стіни

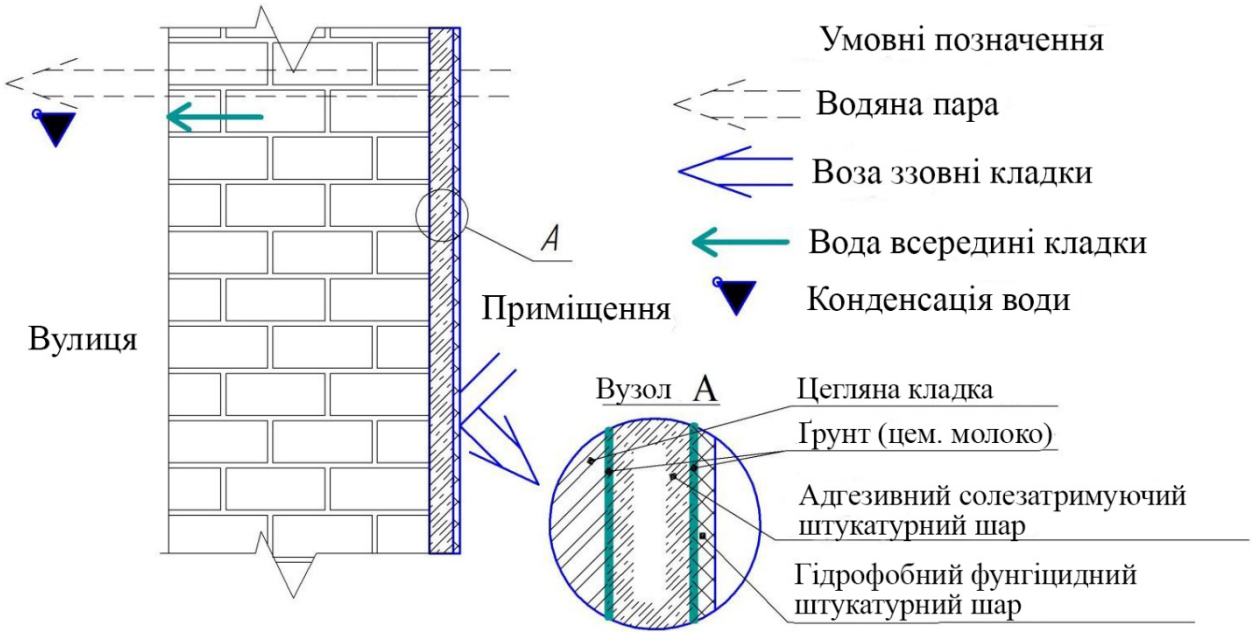


Рисунок 2.4 – Схема захисту цегляної стіни пропонованої штукатурної системою

Необхідні властивості штукатурної системи забезпечують добавки.

Гідрофобність та фунгіцидність оздоблювального шару – добавка на основі полімерного залишку виробництва скипидару. Відомо, що ПЗ складається переважно з терпенових сполук, а терпени мають полярну

будовою та, як показано в розділі 1.4, різні види терпенов ефективно пригнічують розвиток цвілевих грибів.

Адгезія нижнього шару - добавкою цегляної крихти та ґрунтуванням стіни цементним молоком. Це зумовлює спорідненість матеріалів і взаємопроникнення їхньої структури одна в одну. Також ґрунтування між штукатурними шарами покращить їхнє зчеплення між собою.

Крім того, добавка цегляної крихти забезпечує безперешкодне проходження вологи через контактну поверхню штукатурного шару з цеглою у місцях зіткнення цегли та цегляної крихти, знижує різницю температурних та вологих деформацій цегли та оздоблювального покриття.

Завдяки цьому запобігається відшарування штукатурного шару в результаті кристалізації солей на межі контакту та вологих деформацій Затримка солей, що проходять через штукатурний шар, забезпечується:

- залученим та защемленим повітрям за рахунок формування пордемпферів кристалізації та зниження в них напору води, що мігрує через капіляри. Сольові відкладення на стінках пір залученого повітря з часом зменшують їх ефективний діаметр, перекриваючи рух рідини;

- нано-порами, утвореними введенням до складу матеріалу чорних сланців. За рахунок у рази більшої розчинної здатності води в порах нанорозмірів порівняно з об'ємною, їх включення до матеріалу забезпечують сорбцію солей із мігруючої води.

Також чорні сланці, що складаються переважно з диспергованого польового шпату, гіпотетично зв'язуватимуть розчинний $Ca(OH)_2$ в нерозчинні гідросилікати кальцію, підвищуючи стійкість цементного каменю до корозії вилуговування і, як наслідок, знижуючи ризик утворення висолів.

Схема досягнення необхідних якостей захисних покриттів введенням у них склад відповідних матеріалів наведено рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Схема досягнення необхідних якостей захисних покриттів введенням до їх складу відповідних матеріалів

При вимогі підвищеної декоративності, наприклад, запланованої облицювання поверхні стіни керамічною плиткою, від використання оздоблювального гідрофобно-фунгіцидного штукатурного шару можна відмовитися, та використовувати фунгіцидні просочення міжплиткових швів (при цементній затірці), або епоксидні затірки. Тобто оброблюваний шар штукатурної системи є приватним варіантом захисту стіни від проникнення вологи та біокорозії.

Створення системи включає етапи:

- розробки складів та технології гідрофобно-фунгіцидних штукатурних сухих будівельних сумішей;
- розробки складів та технології адгезивно-солеутримуючих штукатурних сухих будівельних сумішей;
- дослідження захисних покриттів на основі розроблених сумішей та визначення їхньої ефективності.

3 РОЗРОБКА СКЛАДІВ І ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОФОБНОФУНГІЦИДНИХ ШТУКАТУРНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

3.1 Розробка гідрофобно-фунгіцидних добавок

Під час розробки складів сухих будівельних сумішей необхідно спочатку дослідити можливість отримання комплексних органомінеральних добавок на основі полімерного залишку та дисперсних мінеральних порошків. Ці добавки повинні забезпечити гідрофобність та фунгіцидність оздоблювального шару штукатурної системи.

Полімерний залишок - нерозчинна у воді речовина. Для отримання порошкоподібної добавки на його основі спочатку виготовляється емульсія типу «масло у воді» (див. розділ 1.4), а потім емульсія перемішується з тонкодисперсною речовиною. Отриману суспензію висушує, і, при необхідності, подрібнюють.

Для приготування робочої емульсії використані емульгатори різних співвідношеннях з водою та стабілізатори. Емульсії отримані в лабораторному змішувачі з частотою обертання робочого органу до 2700 об/хв. У як стабілізатори були випробувані: луг NaOH, харчова сода, рідке скло (ЖС), пральний порошок, КЖТО (кислоти жирні талові омилені) та сире сульфатне мило (ССМ). В результаті експериментальних досліджень найкраща стабільність встановлена в емульсії складу ПО:ССМ:ЖС:Вода в пропорціях 1:0,1:0,05:3,5, що перемішується протягом півтори хвилини. Період напіврозпаду цієї емульсії 6±0,5 годин. Зовнішній вигляд робочої емульсії представлений малюнку 3.1.

З використанням розробленої емульсії приготовані суспензії. Для цього до емульсії додані тонкодисперсні речовини, перемішані до гомогенного стану. Готові суспензії висушені в сушильній шафі при температурі 85…95 ºС.

Після сушіння виготовлена маса на основі ЗП при мінімальному механічному впливі розсипалася на мікрогранули. Агломерована маса на основі МК подрібнювалася до порошкоподібного стану.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд робочої емульсії

Склади суспензій з дисперсними компонентами наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Склади суспензій

№ з/п	Компоненти суспензії	Кількість, частини
1	ЕПО: Зола	1:1
2	ЕПО: Мікрокремнезем	1:0,43

В результаті експериментальних досліджень отримано два види добавки для сухих будівельних сумішей: комплексна добавка на основі золи КД (рисунок 3.2) та комплексна добавка на основі мікрокремнезему КД(МК) (Рисунок 3.3).



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд добавки КД



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд добавки КД(МК)

Оцінка гідрофобізуючого ефекту добавок здійснювалася за зменшення показників водопоглинання та коефіцієнта водонасичення затверділих зразків. З літературних даних відомо, що гідрофобізуючі добавки часто уповільнюють набір міцності розчинів і бетонів у ранні терміни твердіння. Для штукатурного розчину важливий набір міцності, тому як критерій вибору добавки для

розробки СБС використано також показник міцності у віці 7 діб нормального твердіння.

Для визначення ефекту дії добавок були підготовлені різні склади сумішей з однаковим В/Ц=0,46. Сухі добавки вводили у кількості еквівалентному 5 % ЕПО (за кількістю гідрофобізуючого ПЗ) від маси цементу. При додаванні ЕПО кількість води замішування зменшували з урахуванням вмісту води в емульсії.

Результати випробувань свіжозамішаних і затверділих розчинів віком 7 діб нормального твердіння представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати досліджень розчинів з різними добавками

Добавка	Фактичний склад, кг (на 1 м^3)						Діаметр розпливу, мм	Щільність розчинної суміші, кг/м^3	Щільність затверділого розчину, кг/м^3	Водопоглинання, %	Водонасичення, %	Коефіцієнт водонасичення	$R_{згину}$, МПа	$R_{стиску}$, МПа
	В	Ц	П	ЕПО	КД (МК)	КД								
Контроль	225	489	1466	0	0	0	110	2180	2065	5,6	6,7	0,84	5,4	20,3
ЕПО	181	428	1284	21	0	0	105	1930	1865	10	12,9	0,78	1,85	4,1
КД (МК)	184	400	1199	0	13	0	100	1795	1780	13,5	18,6	0,73	1,41	1,1
КД	182	395	1184	0	0	24	100	1785	1755	13,52	16,9	0,8	1,65	3,5

З діаграм, представлених на рисунках 3.4...3.6 видно, що розчини з комплексними добавками мають меншу зручноукладальність.



Рисунок 3.4 – Залежність розпливу суміші на струшуючий столик від виду добавки

Після формування зразків та їх твердіння встановлено, що щільність затверділих розчинів також зменшується. Більш жорсткі суміші містять защемлене повітря, деякі компоненти емульгованого ПЗ сприяють повітровтягненню [17]. Зниження щільності і, як наслідок, зниження фактичної витрати цементу може бути причиною зниження показників міцності розчину (рисунок 3.7.).



Рисунок 3.5 – Залежність щільності суміші від виду добавки, що вводиться

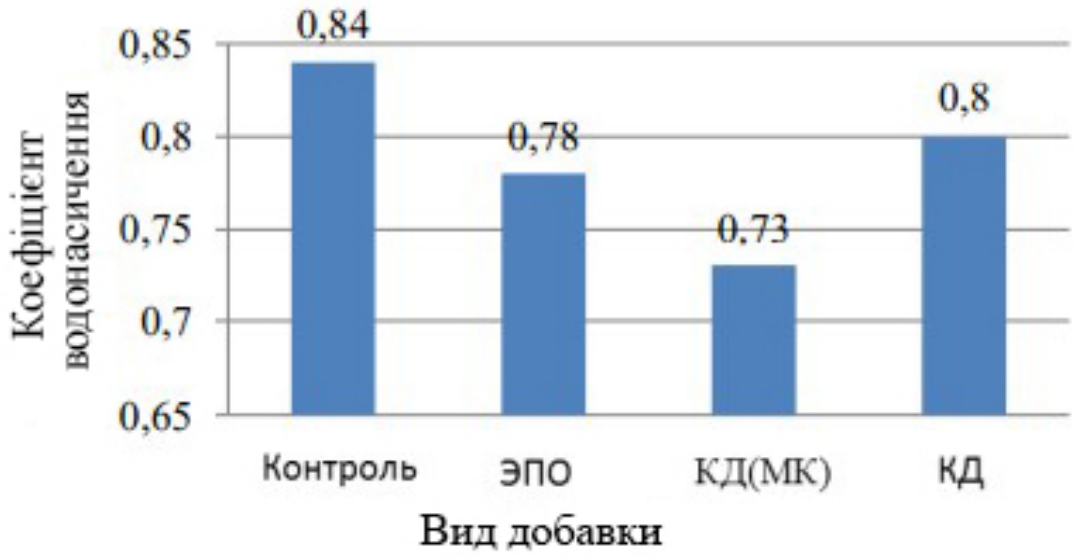


Рисунок 3.6 – Залежність коефіцієнта водонасичення від виду добавки (після 7 діб твердіння).

На діаграмі (рисунок 3.6) зміна коефіцієнта водонасичення зразків підтверджує, що змінився характер пористості в розчинах з добавками на основі ПЗ. За меншої фактичної щільності (рисунок 3.5) затверділі зразки характеризуються значним зниженням коефіцієнта водонасичення. У [115] зазначено, що це може відбуватися як за рахунок зміни частки «умовно-закритих пір», так і за рахунок гідрофобізації внутрішнього простору пір.

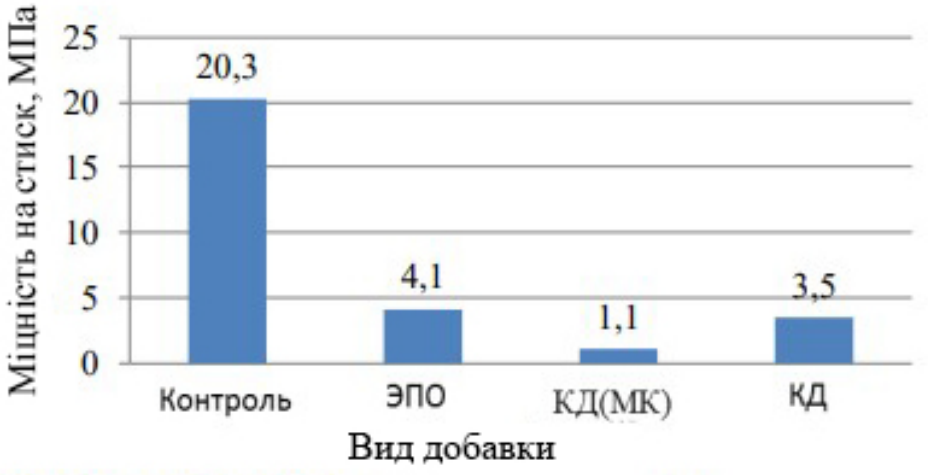


Рисунок 3.7 – Залежність міцності на стиск від виду добавки (після 7 діб твердіння

З метою забезпечення необхідної зручності укладання суміші до складу введено суперпластифікатор С-3. За постійні фактори прийняті В/Ц = 0,46 діаметр розпливу розчинної суміші при струшуванні.

Зміст суперпластифікатора варіювався таким чином, щоб при однакових В/Ц досягти рівної зручності укладання суміші (Таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати досліджень розчинів із варіюванням вмісту суперпластифікатора

Основа добавки	Склад в частках						d, мм	ρ
	Ц	П	ПО, (%)	С-3, %	КД(МК)	КД		
Контр	1	3	0	0,5	0	0	148	2105
ЗУ	1	3	0,05(5)	0,75	0	0,417	117	2080
ЗУ	1	3	0,05(5)	1	0	0,417	124	2105
ЗУ	1	3	0,05(5)	1,25	0	0,417	146	2100
МК	1	3	0,05(5)	0,75	0,263	0	110	1893
МК	1	3	0,05(5)	1	0,263	0	115	2130
МК	1	3	0,05(5)	1,25	0,263	0	118	2150
МК	1	3	0,05(5)	1,5	0,263	0	120	2165
МК	1	3	0,05(5)	2	0,263	0	126	2180
МК	1	3	0,05(5)	2,5	0,263	0	132	2210
МК	1	3	0,05(5)	3	0,263	0	127	2195
МК	1	3	0,05(5)	3,5	0,263	0	124	2160

За контрольний було прийнято склад розчинної суміші, відповідний марки по рухливості Пк3 з діаметром розпливу 148 мм, отриманий введенням суміш суперпластифікатора в кількості 0,5 % від маси цементу.

З діаграм, представлених на рисунках 3.8, 3.9 видно, що склад добавкою на основі золи досягає заданої рухливості при введенні 1,25% суперпластифікатора С-3, а склад з добавкою на основі мікрокремнезему не

досягнув цього значення (максимальний розплив d=132 мм при введенні 2,5 % суперпластифікатора С-3). Це пояснюється великою питомою поверхнею мікрокремнезему.

Більш зручно укладається в присутності суперпластифікатора є суміш, до складу якої входить КД. Таким чином, для подальших досліджень як комплексну органомінеральну добавку обрана КД.

Ефективність КД оцінювалася за результатами досліджень з критеріям: діаметр розпливу суміші, щільність суміші та розчину, водопоглинання та водонасичення, міцність при стисканні та згинанні.

Порівняно оцінені фізико-механічні характеристики різних складів: контрольного без добавок, складу з добавкою ЕПО, з КД та складу з чистою ЗУ (Таблиця 3.4).

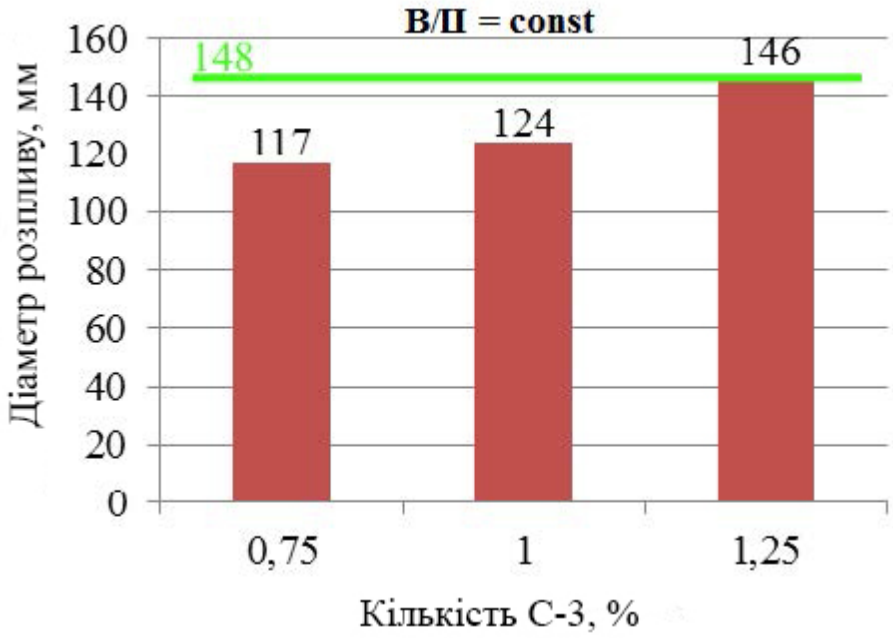


Рисунок 3.8 – Залежність діаметра розпливу суміші з КД кількості суперпластифікатора

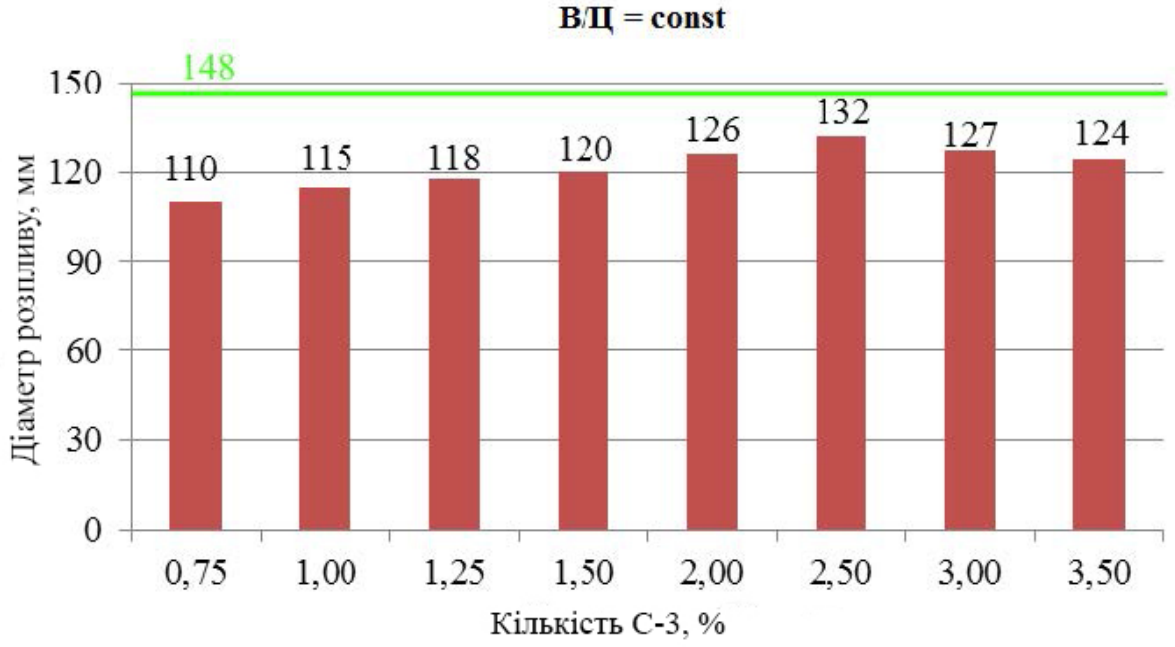


Рисунок 3.9 – Залежність діаметра розпливу суміші з КД(МК) від кількості, що вводиться суперпластифікатора

Таблиця 3.4 - Ефективність дії комплексної добавки у розчинах

Добавка	Фактичний склад, кг (на 1 м^3)							Діаметр розпливу, мм	Щільність розчинної суміші, кг/м^3	Щільність затверділого розчину, кг/м^3	Водопоглинання, %	Водонасичення, %	Коефіцієнт водонасичення	$R_{згин}$, МПа	$R_{стиску}$, МПа
	В	Ц	П	С-3	ЕПО	КД	ЗУ								
Контроль	225	490	1468	2,45	0	0	0	148	2185	2140	5,23	5,88	0,89	5,20	33,3
ЕПО	205	485	1455	2,43	24	0	0	148	2190	2158	4,30	5,44	0,79	4,32	31,2
КД (МК)	226	491	1472	7,37	0	16	0	148	2212	2075	2,92	3,74	0,78	4,80	30,4
КД	226	491	1474	6,32	0	0	13	148	2210	2068	4,15	4,83	0,86	4,96	32,5

Умовами експериментальних досліджень прийнято однакові водоцементне відношення (В/Ц=0,46) та рухливість, що відповідають розпливу 148 мм у присутності суперпластифікатора. Затверділі розчини випробувані в віці 28 діб. Встановлено, що при введенні в суміш ЕПО знижується коефіцієнт водонасичення розчину з 0,89 до 0,79. При введенні КД гідрофобізуючий ефект зберігається.

Видно, що у розчинах з додаванням емульсії знижується коефіцієнт водонасичення на 10,2 %, і з комплексної добавкою - на 10,1 %. Отже, як емульсія, так і комплексна добавка, виготовлена для гідрофобізації штукатурки із сухої будівельної суміші, мають порівняльний гідрофобізуючий ефект. З введенням емульгованого полімерного залишку та комплексної добавки водопоглинання зразків розчину зменшується, причому із введенням зольної добавки воно зменшується більшою мірою (на 44,2 % по відношенню до контрольного складу).

Комплексна добавка зберігає гідрофобний ефект емульгованого полімерного залишку, а за показником зниження водопоглинання розчину вона є ефективнішою.

При дослідженні міцності на стиснення зразків віком 28 діб нормального твердіння отримані порівняльні міцності показники в інтервалі 33,3 – 30,4МПа.

Таким чином, добавку КД можна використовувати для регулювання водопоглинання та пористості розчинів.

За результатами аналізу літературних даних встановлено можливість прояви фунгіцидних властивостей полімерного залишку. Були підготовлені два види органомінеральних добавок на основі чорних сланців:

- добавка НС+ПЗ була виготовлена шляхом перемішування НС з ПЗ до насичення та висушена на повітрі. Співвідношення НС:ПО становило 1:6,66;

- добавка КД(НС) виготовлена аналогічно додатку КД: шляхом перемішування ЕПО з НС у співвідношенні 1:1 з подальшим висушуванням сушильній шафі. Після висушування суспензії отримані міцні злиплі

агломерати, які для дослідження подрібнювали у ступці до фракції вихідних НС. Ймовірно, агрегування добавки викликане тим, що НС вступають у реакцію із компонентами ЕПО.

Оцінка фунгіцидності добавок проведена за третім методом ГОСТ 9.049-91 (моделює роботу матеріалу в умовах, що не виключають як органічне, і мінеральне забруднення поверхні). Визначення фунгіцидності проводили по відношенню до культури Aspergillus niger – дана культура є однією з найпоширеніших у приміщеннях [3, 45].

Зразки виготовлені у вигляді квадратних пластин розміром 40 х 40 мм і завтовшки 3 мм. Формування зразків здійснювалося на армуючий шар склополотна, поверх якого була укладена нейлонова фасадна штукатурна сітка з коміркою 5 мм. Визначення ефективності добавок виробляли на плитковому клеї Profit «Стандарт» виробництва Сибірського оздоблювального заводу матеріалів LIVNA. Добавки вводилися із заміщенням маси сухої суміші. Водотверде відношення для всіх складів склало 0,25. Виготовлено по п'ять зразків кожного складу. Твердіння зразків перед початком випробувань - нормальних умов протягом місяця. Визначення грибостійкості виробляли через 20 днів після інокулювання матеріалу.

За результатами досліджень плитковий клей «Profit Стандарт» є негрибостійким. Заміна 1 % маси клею на КД надає суміші сильну фунгіцидність – навколо зразків спостерігається 7-міліметрова зона придушення зростання грибів, що свідчить про міграцію фунгіциду у середу.

Зразки суміші з добавкою 1 % КД(НС) мають сильний розкид параметрів грибостійкість: від 0 до 4 балів. Можна припустити, що це викликано сильною сорбцією полімерного залишку чорними сланцями, що перешкоджає міграції ПЗ у середу розвитку гриба.

Зразки з добавкою 10% КД(НС) є фунгіцидними, але мають менший розмір зони пригнічення росту гриба ніж зразки з добавкою КД.

Зразки з 1 % ПЗ+НС є грибостійкими, міграції фунгіцидного речовини їх у середу немає.

Найменший фунгіцидний ефект добавки КД(НС) пояснюється тим, що чорні сланці (на відміну від інших речовин) вільно змочуються полімерним залишком, що характеризує підвищене зчеплення їх молекул один з одним.

Відповідно, перехід полімерного залишку з КД(НС) в живильне середовище є утрудненим проти добавкою КД. Тому КД має більш високі показники фунгіцидності, однак, можна припустити, що добавка на основі НС може пролонгувати фунгіцидні властивості матеріалу в часу.

Емульгований полімерний залишок, запропонований для гідрофобизації цементних бетонів [96], не було прийнято у виробництво через різкого неприємного запаху. У процесі приготування порошкоподібної добавки з ЕПО встановлено, що порошкоподібний продукт має меншу силу запаху.

Проведено оцінку сили запаху добавок на основі ПЗ.

Добавки КД та КД(НС) мають середній бал 2, що дозволяє використовувати їх у будівництві в якості окремих продуктів. Добавки ЕПО та КД+НС мають середній бал вище двох – використовувати у будівництві не можна. Сильний запах добавки КД+НС пояснюється високим вмістом ПЗ у добавці - 87 %.

Для порівняння: КД міститься всього 20 % полімерного залишку.

За результатами виконаних досліджень для приготування сухих будівельних сумішей для оздоблювального шару штукатурної системи рекомендовано добавку КД.

3.2 Розробка сухої будівельної суміші для оздоблювального шару штукатурної системи

Для оцінки фунгіцидних властивостей розробленої суміші проведено порівняльна оцінка грибостійкості по відношенню до культури A.Niger, розробленої СБС з бездодатковим розчином та розчином, просоченим

проникаючою сумішшю «Пенетрон». Для дослідження підготовлені будівельні розчини Ц: П = 1:3 В/Ц = 0,63. Склади розчинів:

1) Контрольний склад.

2) Розроблена СБС, що включає від % маси цементу : КД - 2,5; С-3 – 0,75; ФК – 2.

3) Склад, через два дні після формування просочений «Пенетроном» два шари за інструкцією.

Зразки після 28 діб нормального твердіння два тижні витримані у повітряно-сухих умовах, потім випробувані на фунгіцидність. Визначення грибостійкість виробляли через 14 днів після інокуляції зразків.

Результати досліджень наведено у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати визначення фунгіцидності цементно-піщаних розчинів

№ складу	№ зразка	Бал інтенсивності розвитку грибів (+ зона придушення зростання)	Максимальні бали з 3+ зразків	Оцінка грибостійкості матеріалу
1	1	3	4	Негрибостійкий
	2	4		
	3	4		
	4	4		
	5	3		
2	1	0+1 мм	0	Грибостійкий
	2	0		
	3	0		
	4	0+1 мм		
	5	0		
3	1	0+2 мм	0+3 мм	Фунгіцидний
	2	0+5 мм		
	3	0+3 мм		
	4	0+3 мм		
	5	0+4 мм		

За результатами досліджень цементний розчин без модифікаторів є негрибостійким. Розчин з добавкою КД є грибостійким, проте зразки виявляють слабку фунгіцидність. Знижена фунгіцидність розчинів у порівнянні з плитковим клеєм (див. п. 3.1) пояснюється більш низьким масовим вмістом КД у СБС (0,63 % щодо 1 % у плитковому клеї). Просочення будівельного розчину «Пенетроном» істотно підвищує фунгіцидність.

Таким чином, введення добавок КД спільно з С-3 і ФК оптимізованих кількостях дозволяє отримати грибостійку штукатурну суміш із зниженим коефіцієнтом водонасичення, що досягає високої міцності у ранні терміни твердіння.

Результати досліджень біоцидності добавок опубліковані у роботах автора [13].

3.3 Дослідження впливу комплексної добавки на швидкість гідратації та фазовий склад цементного каменю

Як встановлено в результаті планованого експерименту, оптимальною витратою КД для ССЗ оздоблювального шару є 2,5 % маси цементу.

Досліджено вплив КД та НС на кінетику твердіння будівельного розчину 1:3 з В/Ц = 0,5 і рівною рухливістю, що відповідає розпливу 145±3 мм на столику Скрамтаєва, досягнутому введенням суперпластифікатора З-3. Склади розчинів:

1) контрольний з добавкою С-3 0,5 % маси цементу;

2) КД: з добавкою КД 2,5%; З-3 1,25% маси цементу;

3) КД+ФК: із добавкою КД 2,5 % маси цементу; З-3 1,25 % маси цементу; ФК 2% маси цементу.

На рисунку 3.20 представлені графіки кінетики набору міцності даних складів за нормального твердіння.

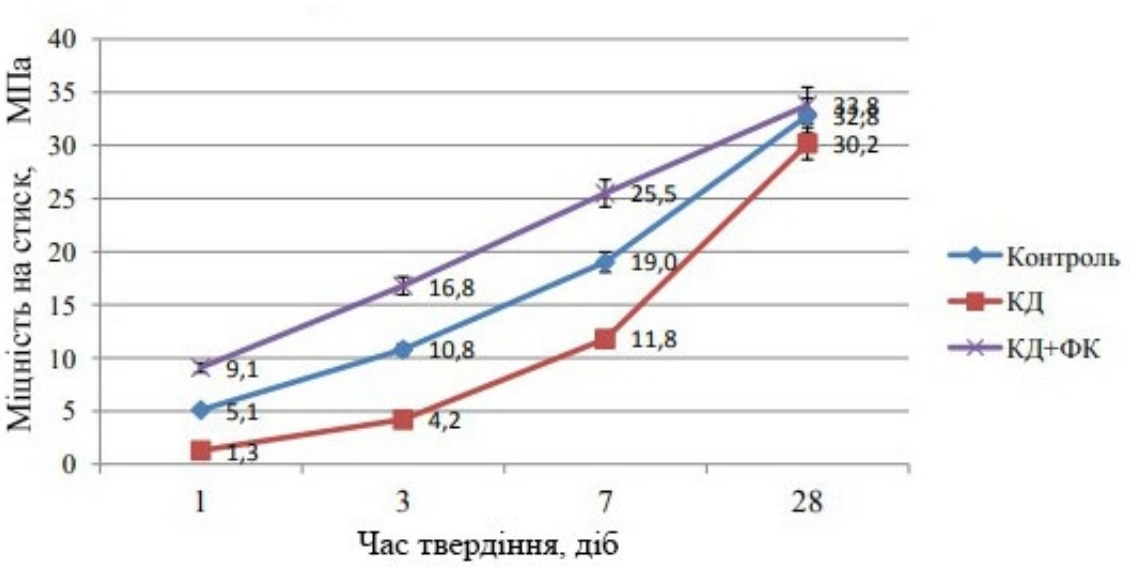


Рисунок 3.10 – Кінетика набору міцності будівельних розчинів

Міцність розчину з добавкою КД у першу добу твердіння в 4 рази нижче, ніж у розчину без добавки. При наближенні до віку нормального твердіння різниця показників міцності розчинів зменшується, та у віці 28 діб складає 8,6%. Добавка 2 % ФК компенсує уповільнення гідратації добавкою КД за рахунок швидкого формування центрів кристалізації та дозволяє отримувати високоміцні штукатурні розчини в ранні терміни твердіння.

Дослідження складів на водонепроникність показало, що введення в склад суміші КД збільшує водонепроникність із марки W2 до W8.

Фізико-хімічні дослідження впливу КД на фазовий склад цементного каменю проведено на зразках, виготовлених з цементного тіста з В/Ц = 0,3:

1) контрольний;

2) КД - з добавкою КД 2,5 % маси цементу;

Рентгенофазовий аналіз проведено з використанням дифрактометра «ДРОН-3М» (матеріал катода – мідь, напруга 35 кВ, струм 25 мА, швидкість зйомки 4 гр/хв, час збирання сигналу 1 сек, інтенсивність випромінювання 2000).

Істотної зміни фазового складу при твердінні цементного каменю з 2,5% КД не відбувається.

Інтенсивність відображення основних піків портландиту цементного каменю добавкою КД приблизно на 9 % нижче, ніж у цементного каменю без добавок що можна порівняти з різницею міцності затверділих будівельних розчинів.

З метою порівняння гігроскопічності зразків при ДТА попередньо висушені при 105±5 °С навішування цементного каменю помістили в ексікатор над водою на 48 годин. Диференціально-термічний аналіз, виконаний на приладі NETZSCH STA 449 F3 Jupiter (температура зйомки від 50 до 1000 °С, швидкість нагрівання 10 К/хв, повітряна атмосфера) також підтверджує уповільнення виходу $Ca(OH)_2$ при гідратації цементу з добавкою КД: площа піку на інтервалі 430…460 °С, що свідчить про дегідратацію портландиту, біля каменю з добавкою КД становить 82,22 Дж/г проти 98,31 Дж/г у каменю без добавок. Примітно, що випаровування хімічно не пов'язаної води у цементного каменю закінчується при температурі 140,6 °С та поглинанні тепла 84,5 Дж/г, тоді як із цементного каменю з добавкою КД вода повністю випаровується вже при температурі 111,1 °С поглинанні 26,28 Дж/г. Це свідчить про зниження гігроскопічності цементного каменю при додаванні КД.

Для дослідження впливу добавок на динаміку фазового складу зйомки з тими ж параметрами були повторені через три місяці зберігання зразків у герметично закритих пакетах при температурі 16…20 °С та вологості повітря 65…70 %. Якісний склад піків на дифрактограмах свідчать, що з часом не відбувається суттєвих змін.

Термограми контрольного ЦК та ЦК з добавкою КД показують зіставні значення питомої енергії дегідратації $Ca(OH)_2$ (82,62 та 79,14 Дж/г), що свідчить про вирівнювання ступенів гідратації цементу з часом.

3.4 Основні властивості та технологія виробництва сухих будівельних сумішей оздоблювального шару

Склад сухої будівельної суміші для оздоблювального шару штукатурної системи представлено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Склад сухої будівельної суміші для штукатурного оздоблення шару

Компоненти	Кількість, мас. частини	Витрата на 1 т, кг
Портландцемент	1	247
Пісок	3	740
Комплексна добавка (КД) на основі ПЗ та ЗУ	0,025	6,2
Суперпластифікатор С-3	0,0075	1,8
Прискорювач твердіння форміат кальцію	0,02	5

Основні властивості розробленої суміші наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Основні властивості суміші для оздоблювального штукатурного шару

Властивості СБС	Значення
Середня щільність у сухому стані, кг/м^3	1517…1548
Вологість СБС, %	0
Найбільша крупність зерен наповнювача, мм	1,25
Вміст зерен найбільшої крупності, %	0
Властивості розчинової суміші	
Рухливість суміші, см	8,5…9,5
Водоутримуюча здатність, %	96
Збереженість початкової рухливості суміші, не менш, хв	60
Розшарування, %	1
Властивості затверділого розчину	
Клас міцності при стисканні	КП IV
Адгезія, МПа	0,3
Марка з водонепроникності	W8
Марка за морозостійкістю (за прискореним/другим методом)	F1300/F2150
Капілярне водопоглинання, кг/(м^2·мін^{0,5})	0,1
Стійкість до утворення тріщин (товщина зразка 20 мм)	Тріщини не з’являються
Грибостійкість по відношенню до культури A.Niger	грибостійок
Коефіцієнт паропроникності, мг/(м•год•Па)	0,039
Середня густина, кг/м^3	2201…2233

З результатів визначення властивостей розроблених сумішей випливає, що СБС задовольняють вимогам ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Висока морозостійкість розчинів дозволяє використовувати їх для зовнішніх робіт.

Організувати виробництво розробленої суміші для оздоблювального шару можливо на будь-якому типовому заводі СБС, додатково обладнаному вузлом приготування КД. Установка з її виробництва складається з набору накопичувачів та дозаторів, з'єднаних трубопроводами із змішувачем емульсії. ССМ, ЖС, вода та ПЗ подаються трубопроводами і дозуються в змішувач емульсії. Після перемішування емульсія перекачується в змішувач суспензії, де перемішується із золою, що подається з дозатора, з'єднаного з силосом золи аерожолобом. Суспензія висушується у вібросушарці та готова комплексна добавка складується у бункері.

Виробництво СБС можливе за наступною технологічною схемою. Пісок складується на відкритому складі, звідки бульдозером стикається на вібросито, що відсіює фракцію більше 1,25 мм. Відсів транспортується скребковим транспортером на інший склад, а фракція менша 1,25 мм норією подається в накопичувальний бункер піску для виробництва розроблених СБС. З бункера віброконвеєр подає пісок у сушильну камеру. Висушений пісок зберігається у проміжному бункері, завантажується норією у ваговий дозатор і зсипається у змішувач.

Цемент пневмотранспортом переноситься із силосів у змішувач.

Хімічні добавки ФК і С-3 з силосів надходять у вагові дозатори та подаються до змішувача. Комплексна органомінеральна добавка (КД) власного виробництва з накопичувального бункера аерозелобом подається в змішувач через проміжний бункер та ваговий дозатор.

Після перемішування готова суміш зберігається в проміжному бункері, звідки шнековий дозатор фасує їх у мішки. Піддони з мішками автонавантажувачем відвозяться на СГП.

4 РОЗРОБКА СКЛАДІВ І ТЕХНОЛОГІЇ АДГЕЗИВНОСОЛЕУТРИМАЮЧИХ ШТУКАТУРНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Для розробки складу СБС нижнього шару штукатурної системи попередньо досліджено дію добавок цегляної крихти та способу ґрунтування на адгезію, та чорних сланців на основні властивості будівельного розчину, у тому числі опору утворення висолів на поверхні покриття. Як базова використана суміш складу Ц:П = 1:3 з В/Ц = 0,63.

Висока витрата цементу обумовлена рекомендацією СП 23-101-2004 «Проектування теплового захисту будівель»: для забезпечення кращих експлуатаційних характеристик у багатошарових конструкціях будівель із теплою сторони слід розташовувати шари більшої теплопровідності та з більшим опором паропроникнення, ніж зовнішні шари.

Оскільки розроблений гідрофобний склад має таке саме співвідношення Ц:П, то заниження витрати цементу в нижньому штукатурному шарі може призвести до його зменшення паропроникності щодо оздоблювального. Крім того, оскільки нижній штукатурний шар призначений для фільтрації та демпфування солей, то бажано надати йому велику міцність для опору тиску кристалізації і велику пористість для ефективної затримки солей.

Для технологічної зручності приготування та зниження ймовірності помилки штукатура, водоцементне відношення у всіх розчинів призначено як у складу для оздоблювального шару: 0,63.

4.1 Попередні дослідження

Проведено первинні експерименти щодо визначення впливу чорних сланців на властивості будівельних розчинів. Для визначення впливу добавки чорних сланців на вологість властивості будівельного розчину виготовлені зразки-куби з розміром ребер 7 см – без добавки та із заміщенням піску чорними сланцями в кількості 100, 50, 30 і 10 % від маси цементу – витрати прийняті визначення ефективності використання НС як добавка і як наповнювач. Результати досліджень наведено у таблиці 4.1.

Коефіцієнт водонасичення при введенні 10…50 % НС коливається в межах 0,03 щодо контрольного 0,85. При витраті НС 100 % коефіцієнт водонасичення знижується до 0,72, що свідчить про збільшення частки умовно замкнутих пір.

Таблиця 4.1 – Вплив добавки чорних сланців на водопоглинання розчину

Склад	Водопоглинання, %	Коефіцієнт водонасичення
Контроль	9,31	0,85
100 % НС	10,40	0,72
50 % НС	6,95	0,87
30 % НС	8,56	0,85
10 % НС	9,99	0,82

У дослідженні використана кухонна сіль, оскільки вона має найменшими розмірами іонів із водорозчинних солей. Якщо штукатурний шар буде ефективно відфільтровувати іони натрію та хлору, то й великі іони будуть затримані у штукатурному шарі.

Відомо, що витрата хлористих солей як протиморозні добавки складає 2…7 % від маси цементу. Розчин кладки зазвичай містить одну частина

цементу та чотири частини піску. Відповідно, при об'ємній частці розчину кладки в кладці 0,23…0,25 відносний вміст солі прискорювача, при витратах для хлористих солей, у кладці становить близько 0,1…0,32 % маси суміші.

Відповідно до «Правил та норм технічної експлуатації житлового фонду», нормальною вологістю цегляних стін є 4 %, що при вмісті в стіні солей 0,1…0,32 % від маси відповідає концентрації сольового розчину 2,5…8 %. У дослідженнях прийнято усереднену за цим розрахунком концентрацію розчину NaCl – 5 %.

Слід зазначити, що застосування хлористих солей під час зведення цегляних стін житлових та громадських будівель заборонено СП 82-101-98, та застосування кухонної солі у роботі обумовлено виключно її показовістю з метою оцінки фільтраційної здатності штукатурного шару.

Для попередньої оцінки впливу на опір освіти висолів будівельних розчинів були зроблені зразки з різним вмістом НС, які додані у кількості від 10 до 100 % маси цементу для дослідження його впливу на властивості розчину і як добавки, і як наповнювача.

Після затвердіння зразки висушені до постійної маси при температурі 105±5 °С і зважені з точністю до 0,05 г. Після остигання до кімнатної температури зразки вертикально поміщали в судини з розчином NaCl таким чином, щоб розчин знаходився на рівні 3…5 см довжини зразка, потім судини із зразками були герметично закриті.

Після витримування протягом трьох діб за температури 18…24 °С судини були відкриті, і зразки зважені для контролю маси ввібраного розчину, після чого вміщені назад. На цей раз судини залишені відкритими для забезпечення випаровування води за відносної вологості повітря 60 %.

Склади досліджених будівельних розчинів наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Склади будівельних розчинів визначення впливу НС на опір висолоутворенню

Склад	Щільність розчинної суміші, кг/м^3	Питома витрата компонентів, кг/м^3 цемент пісок вода НС			
		цемент	пісок	вода	ЧС
К	2083	449,9	1349,7	283,4	0,0
1	2092	451,8	903,7	284,7	451,8*
2	2120	457,9	1144,7	288,5	228,9*
3	2128	459,6	1240,9	289,5	137,9*
4	2135	461,1	1337,3	290,5	46,1*

*Примітка - 100; 50; 30; 10 % від маси цементу

Після закінчення 21 доби встановлено наявність та вивчений характер висолів на зразках, а також зроблені фотографії (рисунок 4.1). Результати досліджень висолоутворення наведено в таблиці 4.3.

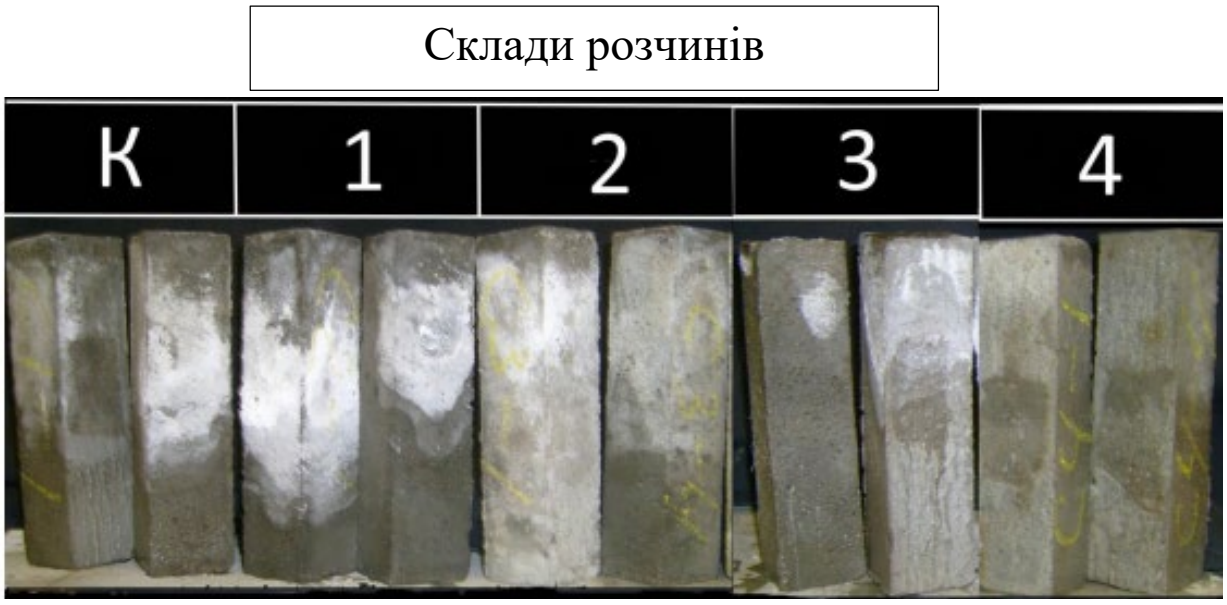


Рисунок 4.1 – Характерний зовнішній вигляд зразків після сорбції сольового розчину

Таблиця 4.3 - Вплив добавки чорних сланців на властивості будівельного розчину при контакті з водним розчином кухонної солі

Склад	Щільність будівельного розчину, г/см^3	Кількість впитаного розчину солі, мас. %	Кількість сухої солі в зразку, мас. %	Міцність на вигин, МПа	Міцність при стиску, МПа
К	2,003	9,0	1,1	8,7	64,1
1	2,018	9,7	1,5	8,8	64
2	2,050	9,1	0,9	7,6	70
3	2,066	10,2	2,0	7,8	76,5
4	2,090	13,1	3,8	8,4	82,6

Діаграми середніх значень кількості увібраного зразками розчину солі в залежності від вмісту чорних сланців представлені на рисунках 4.2…4.4.

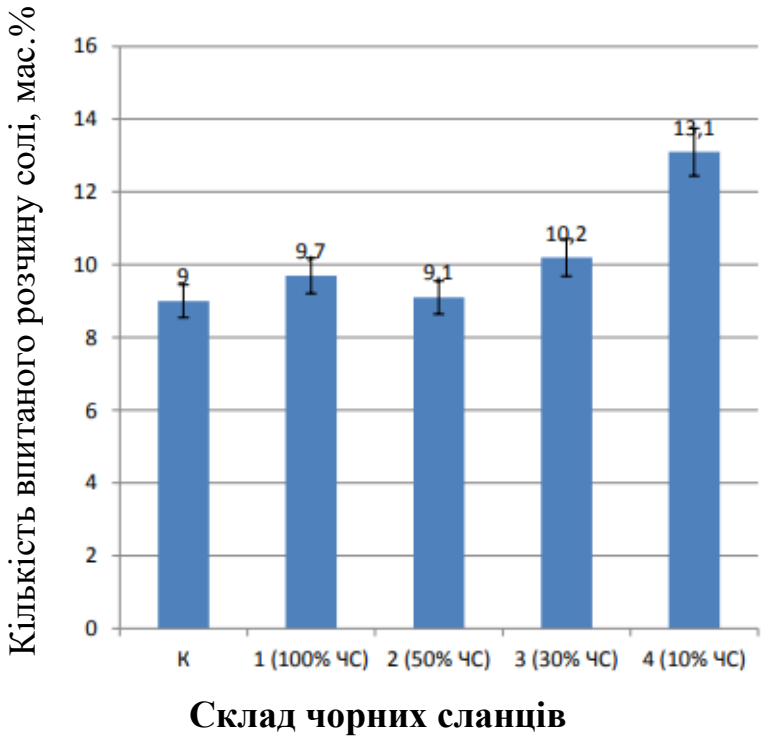


Рисунок 4.2 – Вплив добавки чорного сланцю на поглинання зразками сольових розчинів

Як випливає з малюнка 4.2 значення сорбції сольових розчинів з різним змістом чорних сланців суттєво не відрізняються, винятком складу із добавкою 10 % НС - вище на 3…4 %. Склад 4 (малюнок 4.3) має найбільший показник кількості сухої солі у зразку – 3,8 % від маси затверділого розчину. На поверхні всіх зразків є висоли, за винятком складу із вмістом НС 10 % (склад 4).

У досліджуваних зразків з добавкою 10 % чорних сланців міцність при стиску вище на 29 %, порівняно з контрольними. При збільшенні витрати НС до 30 % приріст міцності розчину знижується до 19%, а при вмісті НС 100 % міцність при стисканні зразків майже не відрізняється від контрольного складу без НС.

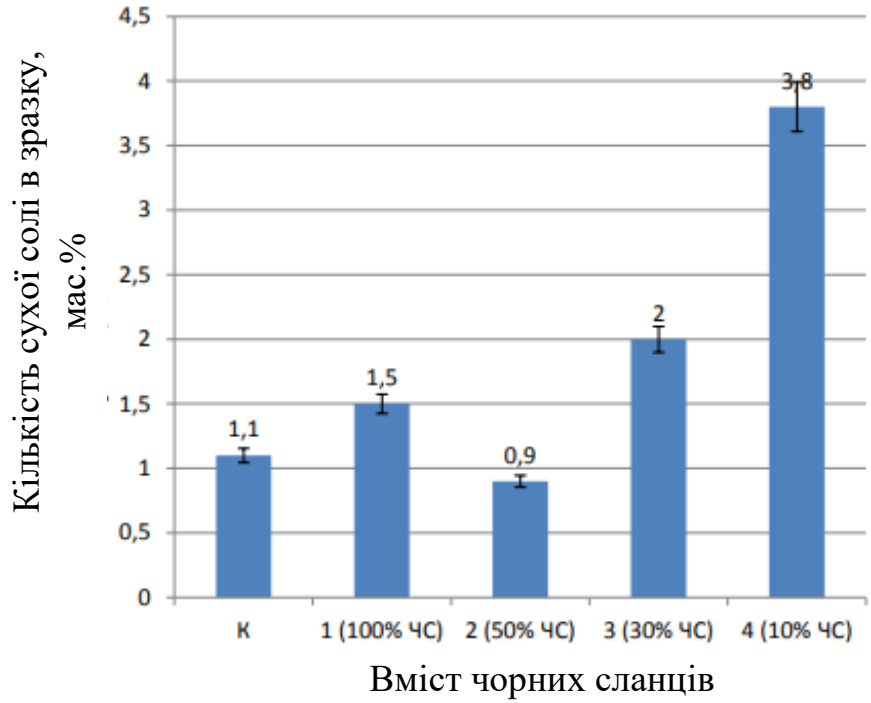


Рисунок 4.3 – Масова сорбція солі будівельними розчинами

Зниження міцності зі збільшенням витрат НС пояснюється прискорювальною дією на гідратацію НС – за підвищених витрат вона протікає занадто швидко, і структура новоутворень стає меншою зв'язковий, а структура пір – більш проникною. Докладніше вплив НС на кінетику структуроутворення та міцність вивчено та викладено у п.4.3.

Оскільки склад із добавкою 10 % НС сорбує найбільшу кількість

сольового розчину, то не можна стверджувати, що підвищення стійкості до утворення висолів обумовлено лише ущільненням структури затверділого розчину.

Таким чином, НС доцільно вводити в штукатурну суміш для збільшення її солезатримуючої здібності. Оптимум витрати НС – 10 % від маси цементу.

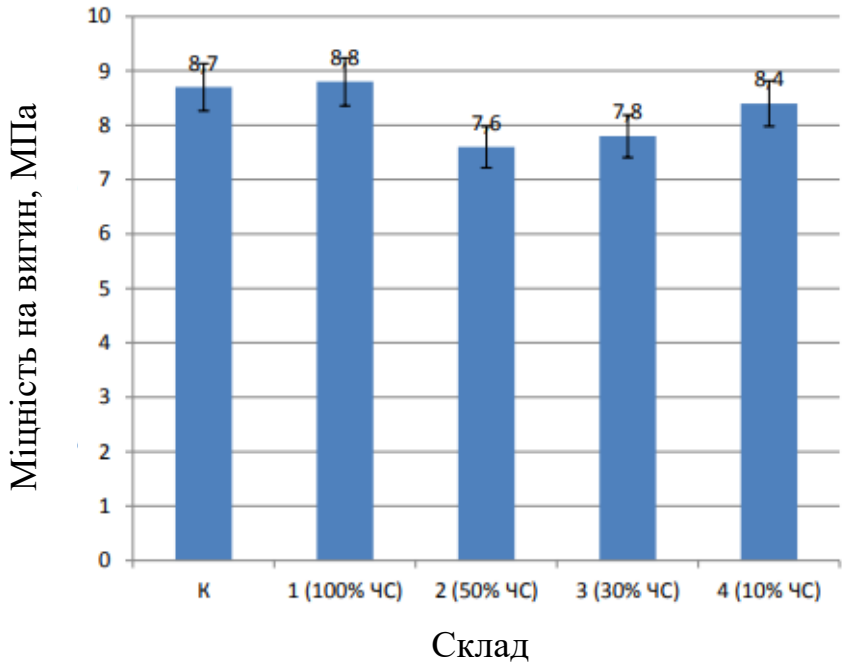


Рисунок 4.4 – Міцність на згин після сорбції солі

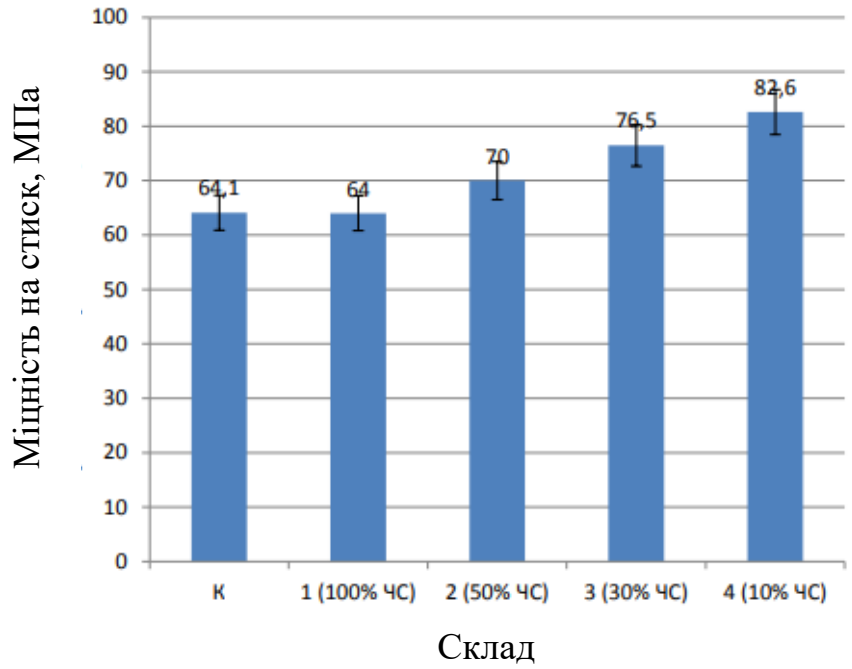


Рисунок 4.5 – Міцність на стиск після сорбції солі

Для оцінки впливу на адгезію та стійкість до утворення висолівтдобавки цегляної крихти (К) та способу ґрунтування поверхні (водою або цементним молоком) приготовані цементно-піщані розчини з рухливістю, що відповідає марці Пк3. Цегляна крихта введена в кількості 5 %, 10 % та 20 % від маси цементу із заміною відповідного об'єму піску. Розчин нанесений на попередньо ґрунтовану цеглу.

Ґрунтування цегли зроблено двома способами: вимочуванням у воді протягом 3…5 хвилин; нанесенням пензликом цементної суспензії до припинення його негайного поглинання. Цементна суспензія приготовлена у пропорції з водою 1:4. Оцінку адгезії проведено згідно з ГОСТ 31356-2007 з поправкою на матеріал основи, який нанесений розчин. Оцінка також зроблена для зразків цегли з нанесеним розчином після нормального твердіння, підданих висушуванню протягом доби за температури 105±5 °С. Після висушування цегла поміщений в 5 % розчин NaCl таким чином, щоб занурення становило 1,5…2 см і витримано протягом доби. Потім зразки висушені протягом доби за температури 60…65 °С. Виступили на поверхню розчину солі видалені наждачним папером та виміряна адгезія.

При введенні цегляної крихти у розчин у кількості 5 % адгезійна міцність не збільшується. Однак, після сорбції солі та висушування контрольний зразок, ґрунтований водою, повністю втрачає адгезію, а при ґрунтуванні цементним молоком адгезія знижується на 0,3 МПа та відрив відбувається по межі контакту з цеглою. При введенні К у кількості 10…20 % адгезійна міцність збільшується з 0,4 до 0,5 МПа та зберігається після сорбції солі та висушування.

Збереження адгезії після сорбції сольового розчину свідчить про покращеному масопереносі вологи між цеглою та штукатурним шаром завдяки контакту цегли з включеннями цегляної крихти у суміші. В результаті солі перестають концентруватися на межі штукатурного контакту шару з цеглою, зменшується різниця вологих та температурних деформацій, що

обумовлює збільшену довговічність оздоблювального покриття під впливом мігруючих розчинів солей.

Підвищення витрати К з 10 % до 20 % не призводить до суттєвого збільшення адгезії. При ґрунтуванні цегли цементним молоком адгезійна міцність розчину з добавкою До всіх складів перевищує адгезійну міцність розчину контрольного складу при поглинанні сольового розчину.

Таким чином, ґрунтування цегли цементною суспензією підвищує адгезійну міцність розчину до цегляної основи, а добавка цегляної крихти - її збереження при міграції та висиханні водяного сольового розчину.

Введення до складу штукатурної суміші цегляної крихти понад 10 % від маси цементу збільшення адгезії недоцільно.

4.2 Розробка сухої будівельної суміші для нижнього захисного шару штукатурної системи

На основі отриманих даних про ефективність добавок їх витрати оптимізовані за здатністю у складі розчинів затримувати мігруючі з цегли солі та зберігати адгезію при висушуванні.

Оцінку розчинів проводили за такою методикою, що моделює роботу цегляної стіни під час міграції в ній солоної води. З рядової цегли перпендикулярно ліжку випиляно зразки квадратного перерізу зі стороною 6 (±0,3) см, висушені до постійної маси при температурі 105±5 °С та зважені.

Перед нанесенням будівельного розчину на цегляні зразки вони витримувалися у воді 10...20 хвилин. На зразки нанесений штукатурний розчин шаром 1,5...2 см і далі вони витримувалися в камері, що забезпечує вологість 100 % та температуру 20+2 °С.

Після твердіння зразки висушені за температури 60±5 °С до постійної маси, зважені та поміщені в 5 % розчин хлориду натрію таким чином, щоб

штукатурний шар був зверху зразка, а рівень сольового розчину – близько 2 см.

Зразки витримані в герметичній тарі протягом доби, сольовий розчин доливався в міру підсмоктування до рівня 2 см. Потім зразки на деку поміщені в попередньо розігріту до температури 65 °С сушильну шафу з відстанню від поверхні зразків до верху камери 4…6 см. Зразки сушилися в такому режимі протягом доби, після чого були розпиляны поперек. Оцінка ефективності штукатурного розчину проведена за характером розподілу кристалів солі на зрізі зразка. В ідеалі за мінімальних витрат добавок сіль збирається в штукатурному шарі і не виходить на його поверхню, кристали солі не концентруються на межі розділу штукатурного шару та цегли і не викликають відшаровування розчину. Для обчислення кількості сорбованої штукатурним покриттям вологи mрш(уд) використана стандартна формула вологості, що враховує експериментально встановлену кількість розчину солі, що поглинається цегляною основою ($m_к$·0,14):

$$m_{рш(уд)} = \frac{(m_{общ} - m_{к+ш} - m_к \bullet 0{,}14) \bullet 100\%}{(m_{к+ш} - m_к)}, \quad (4.1)$$

де $m_{рш(уд)}$ - кількість сорбованої штукатурним покриттям вологи, %;

$m_{заг}$ - маса цегли з шаром розчину після вбирання солоної води, г;

$m_{ц+ш}$ – маса сухої цегли з нанесеним шаром розчину, г;

$m_ц$ - маса сухої цегли, г;

0,14 - експериментально визначений коефіцієнт збільшення маси сухої цеглини після вбирання сольового розчину (у використаній партії цегли розкид його значення не перевищує 0,002 % маси сухої цегли).

Якість адгезії оцінено за фактом відшарування розчину від цегли після висушування.

Вміст повітротягучої добавки (ПТД) при проведенні досліджень варіювалася від 0 до 2 % маси цементу з кроком 1 %. Дана витрата призначена на підставі того, що рекомендована витрата ССМ для повітрозтягнення становить 0,01...0,02 від маси цементу. Використана добавка містить 0,99 %

ССМ, і при використаній технології виготовлення забезпечує еквівалентне повітрозтягнення [10]. В/Ц всіх складів розчину - 0,63.

Добавка К введена в розчин у кількості від 0 до 10 % від маси цементу з кроком 5 %, а НС - 5, 10 та 15 %. Матриця експерименту складена за схемою 3^{3-1}.

Введення добавок НС та К проведено із заміщенням відповідного об'єму піску. Введення ВВС – понад масу цементу.

Екстраполіровані поверхні залежності кількості вгодованого штукатурним шаром розчину солі та діаметру розпливу на струшуючий столику від витрат добавок, побудовані за допомогою програмного комплексу STATISTICA 6.1 наведено на рисунках 4.6...4.7.

При аналізі результатів встановлено:

- у розчинах, що містять цегляну крихту, підсмоктування сольового розчину збільшується у 2...3 рази порівняно з контрольним розчином без добавки. Це підтверджує робочу гіпотезу щодо забезпечення вільного масопереносу між штукатурним шаром з добавкою цегляної крихти та цеглою, що призводить до збільшення довговічності оздоблювального покриття рахунок зниження кількості кристалізованої на межі контакту солі, зменшення різниці температурних та вологих деформацій штукатурного шару та кладки.

Відшарування штукатурного шару спостерігалося тільки зі складами максимальними витратами добавок – що пояснюється збільшенням водопотреби суміші, що не забезпечує необхідної рухливості, і, як наслідок, покриваності штукатурного розчину. Це призводить до низької адгезії, яка опосередковано визначається мінімальною з усіх складів кількістю поглиненої штукатурним шаром рідини (1,43 %).

- при введенні в розчинну суміш повітрозтягуючої добавки стає неможливим візуально визначити на спилі штукатурного шару сіль, наявність якої фіксується при зважуванні. Це пояснюється дробленням капілярних пір включеннями залученого повітря розміром ~20…30 мкм (за даними ртутної порометрії оптимального складу) у кількості 10 % від загального обсягу пір. Заповнені пори після розпилу не видно неозброєним оком.

- за наявності у складі К та витратах НС 10, 15 % кристали солі на поверхні візуально не визначаються. При цьому штукатурний розчин сорбує вологу (6,03…11,23 %), зберігається адгезія при висушуванні та на її поверхні відсутні висоли, що підтверджує робочу гіпотезу про затримку солі всередині пір важкого штукатурного розчину з модифікованою структурою пір.

Таким чином, встановлено, що оптимальні витрати добавок в розчинах для нижнього шару штукатурної системи: НС – 10 %, К – 5 %, ВВС – 1%.

Рухливість оптимізованого складу відповідає зануренню конуса 7…8 см. Для приведення рухливості розчину до марки $П_к3$ із збереженням порової структури в суміш введена добавка С-3 у кількості 0,5 % від маси цементу. Осаду конуса такої суміші 10,5...11,5 см. Характеристики розчину з добавкою С-3 практично не відрізняються від характеристик складу без суперпластифікатора (поглинання сольового розчину штукатурним шаром – 9,62 %).

4.3 Дослідження впливу чорних сланців на швидкість гідратації та фазовий склад цементного каменю

Для визначення механізмів дії НС на властивості будівельних розчинів досліджено їх вплив на процес гідратації та склад цементного каменю.

Дослідження впливу НС на кінетику твердіння проведено з використанням цементного розчину 1:3 з В/Ц = 0,5 та рухливістю, відповідного розпливу 145±3 мм на столику Скрамтаєва, досягнутому введенням суперпластифікатора С-3. Склади розчинів:

1) контрольний з добавкою С-3 0,5 % від маси цементу;

2) НС: із добавкою НС 10 % маси цементу, із заміною маси піску. Витрата С-3 0,5 %.

На рисунку 4.9 представлені графіки кінетики набору міцності розчинів за нормального твердіння.

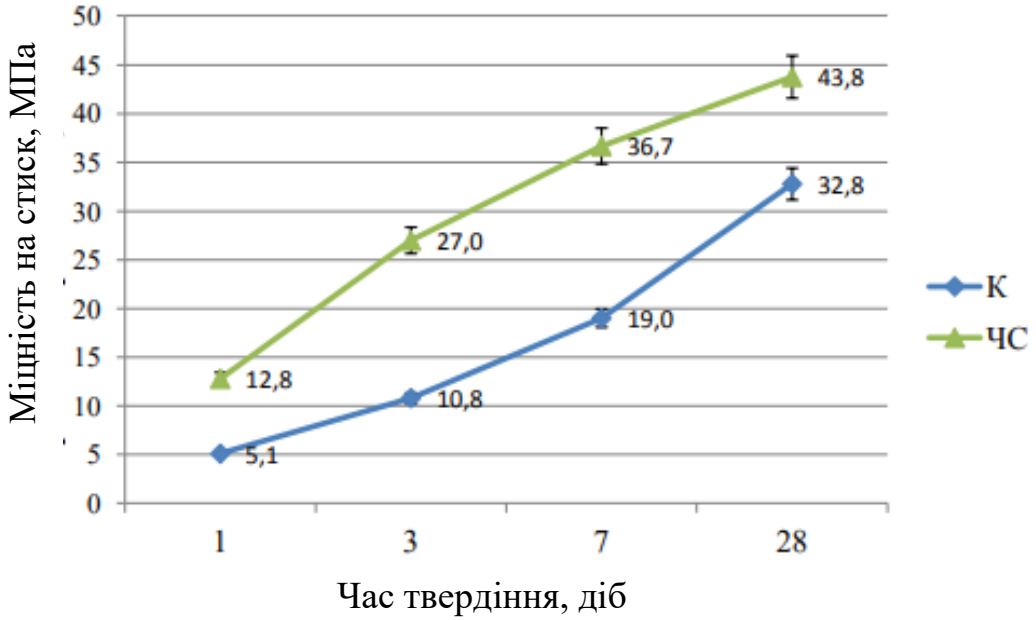


Рисунок 4.9 – Вплив НС на кінетику набору міцності будівельного розчину

Розчин із добавкою НС у першу добу набирає міцність у 2,5 рази більше контрольного складу, а до 28 діб твердіння міцність збільшується на 33% щодо складу без добавок. Таким чином, при введенні добавки НС збільшується швидкість твердіння та міцність розчину.

Фізико-хімічні дослідження впливу НС на фазовий склад цементного каменю проведено на зразках, виготовлених з цементного тіста з В/Ц = 0,3:

1) контрольний;

2) НС – з добавкою НС 10 % від маси цементу.

Методи досліджень аналогічні методам РФА та ДТА у розділі 3.2.

На дифрактограмі цементного каменю добре ідентифікуються характерні піки кристалічного кварцу добавки НС. При цьому інтенсивність даного піку щодо інших можливо пов'язана з накладенням піку іншого мінералу з такою ж міжплощинною відстанню (3.35 Å) – графіту. З добавкою 10 % НС інтенсивність піків $Ca(OH)_2$ знижується на 20%. Це свідчить про гідравлічну активність НС.

Графіки ДСК показують зниження ендоефекту дегідратації $Ca(OH)_2$ – з 98,31 Дж/г до 79,89 Дж/г. При цьому ендоефект дегідратації гідросилікатів у діапазоні 570…690 °С знижується всього на 5,7 %, а інтервал температур розширюється від 580,6…650,7 до 571…689,3. Ці ефекти показують зміну фазового складу цементного каменю при додатку НС, що характеризується зв'язуванням $Ca(OH)_2$ активованим при подрібненні вихідної породи НС кварцом у гідросилікати, що зміщує рівновагу гідратації в бік продуктів реакції та зумовлює прискорення твердіння, ущільнення кристалічної структури та, як наслідок, приріст міцності.

4.4 Дослідження ефективності покриттів

Для оцінки солозатримуючої здатності покриттів на основі розробленої штукатурної системи в умовах, наближених до умов реальної експлуатації, були виготовлені два модельні зразки «цеглаштукатурний розчин» шляхом нанесення на ліжко цегли, ґрунтованого цементним молоком, шарів розчинів:

- контрольний – із нанесеним двосантиметровим шаром розчину Ц: П = 1:3 з В/Ц = 0,63;

- досліджуваний – з нанесеним 1,5 см шаром штукатурної суміші для нижнього шару. Після схоплювання нижнього шару суміші, ґрунтували його цементним молоком і на нього уклали шар товщиною 0,5 см із суміші гідрофобно-фунгіцидного складу.

Розчинні суміші виготовлені із СБС, зачиняючи водою та перемішуючи дрилем з насадкою-міксером зі швидкістю обертання до 550 об/хв. однорідної консистенції протягом 3…5 хвилин.

Зразки протягом тижня тверділи за нормальних умов, потім були обрізані до розмірів по ліжку 11×12 (±0,5) см, після чого чотири тижні зразки тверділи у повітряно-сухих умовах (температура повітря 17…25 °С; вологість

60…65%). Після твердіння грані зразків були гідроізольовані бітумним герметиком таким чином, щоб не покритою бітумом залишилися тільки лицьова поверхня штукатурного розчину та неоштукатурена постіль цегли.

Потім зразки були поміщені в судини однакової форми з відстанню від стінок і дна судини до граней та ліжка цегли 1…2 см та пароізольовані поліетиленовою плівкою, сфотографовано. У плівці виконані отвори для трубочок та через них залито по 750±5 мл 5 % розчину NaCl. Після 12 годин поглинання сольового розчину над центрами зразків включені лампи розжарювання потужністю 95 Вт, підвішені на відстані 10 (±0,5) см від поверхні штукатурного розчину Зразки нагрівали лампами 12 годин через кожні 12 годин. При опусканні рівня води у судинах після кожного світлового дня до судин додавалася знесолена вода до рівня, відповідного рівнем початку першого світлового дня. Після наливання в судини рідини отвори у плівці заклеювали скотчем. Для порівняння динаміки проникності штукатурних розчинів контролювалася кількість води, що доливається.

В ході випробування зроблено фотографії поверхонь зразків: перші годинник випробування і в кінці кожного світлового дня. На рисунках 4.10...4.14 представлені порівняльні фотографії зразків під час випробування.

Контрольний Досліджуваний

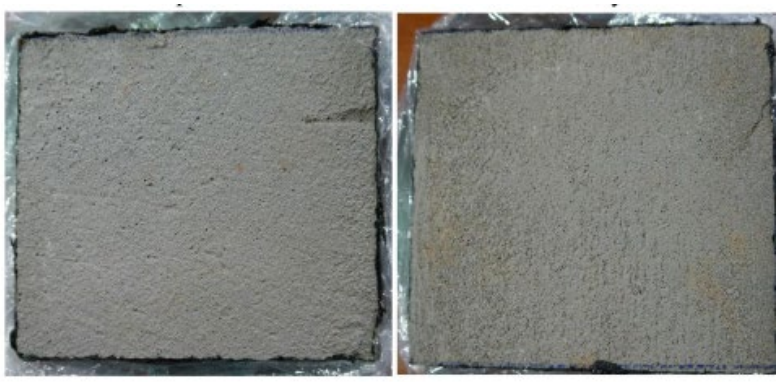


Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд зразків перед початком випробування

Через 7 днів випробування було припинено через відсутність видимих змін на поверхні досліджуваного штукатурного розчину. На поверхні контрольного розчину висоли з'явилися ще до початку прогріву поверхні лампами розжарювання, і з часом ставали дедалі більше вираженими.

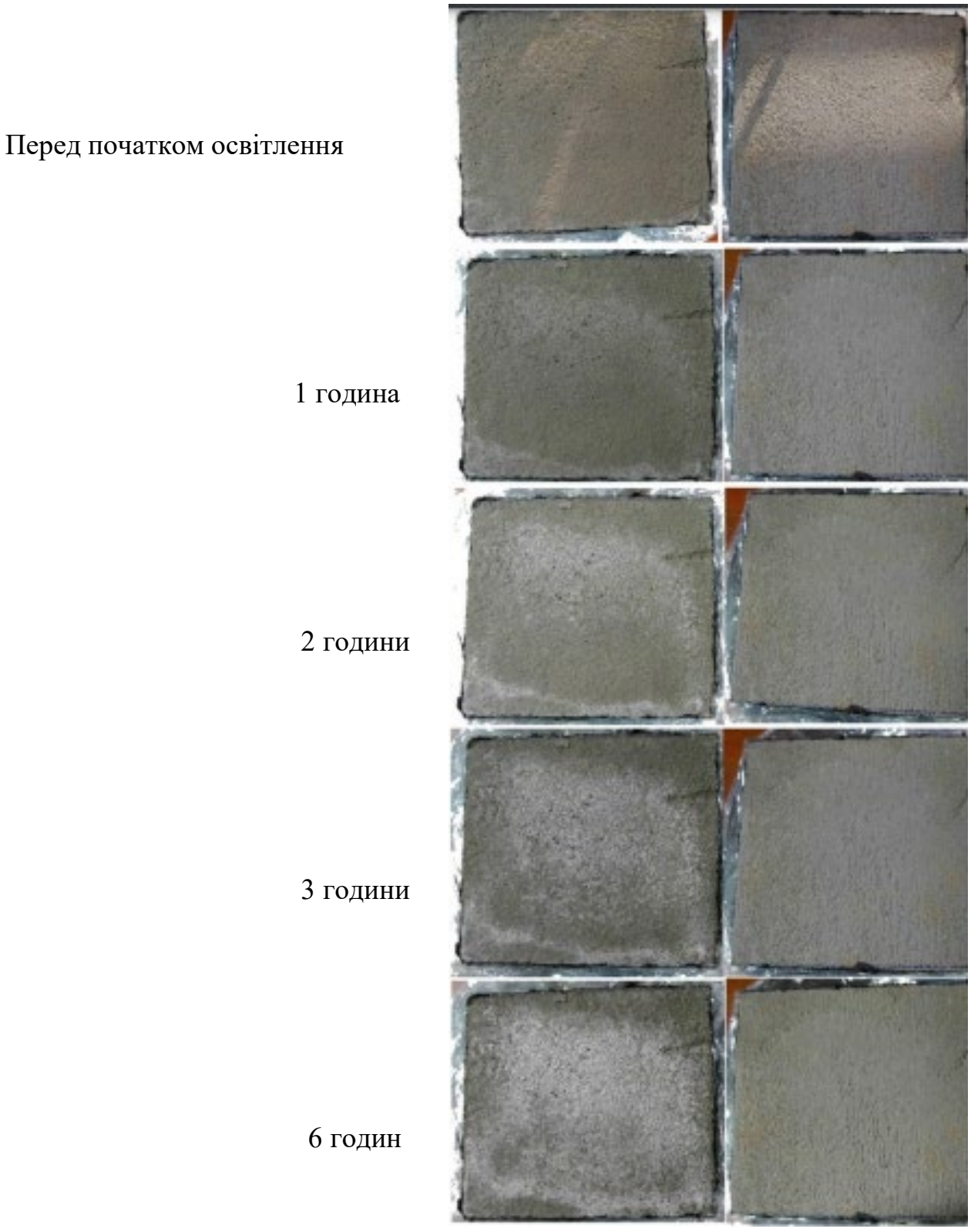


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд зразків при сольовому капілярному підсмоктуванні розчину

Час випробовування дні	Контрольний	Досліджуваний
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд зразків при сольовому капілярному підсмоктуванні розчину

Результати випробувань показують, що 1 дм^2 розробленою штукатурною системи, з товщиною нижнього шару 1,5 см та оздоблювального 0,5 см, ефективно затримує не менше 30 грам мігруючої солі, не допускаючи утворення висолів на поверхні.

Графіки кінетики поглинання зразками води представлені рисунку 4.5.

Як видно з графіків, щоденне поглинання води зразком знижувалося та на п'ятий день стабілізувалося на рівні 35…38 мл/дм^2 в день, тоді як зразок з розробленим штукатурним розчином до цього часу практично припинив убирати воду.

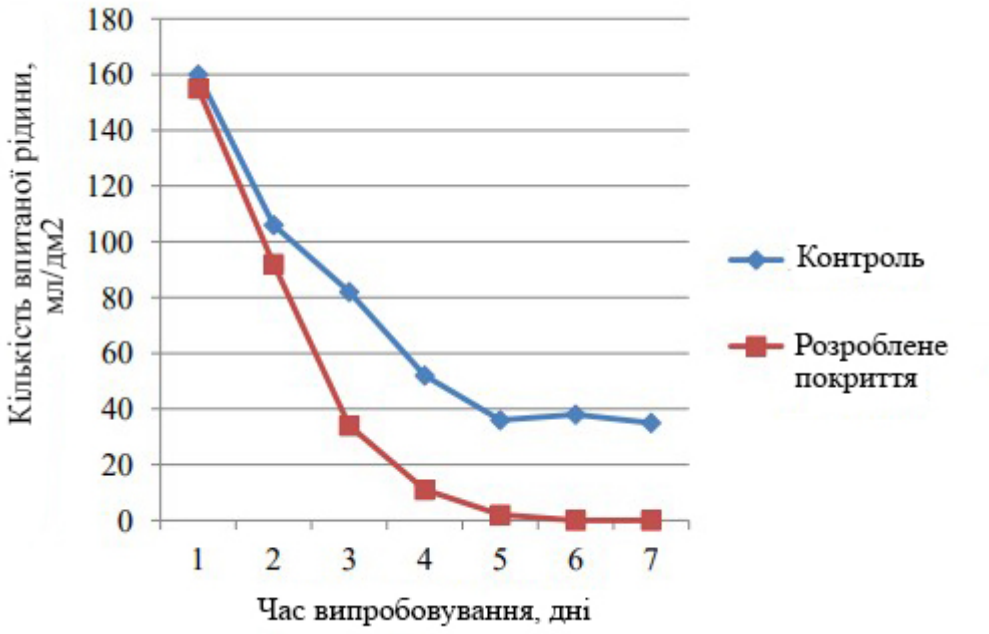


Рисунок 4.5 – Поглинання води зразками у процесі випробування

Оскільки за результатами визначення властивостей розроблених затверділих штукатурних розчинів паропроникність така сама, як і для звичайних цементних розчинів (0,032 та 0,039 мг/м·год·Па), то зниження водопоглинання зразком до нуля свідчить про насичення пір водою та закупорку відкритих пір сольовими відкладеннями всередині штукатурної системи.

4.5 Дослідження структури штукатурної системи

Оптичне дослідження сколів розробленої штукатурної системи, виконаних після проведення дослідження солезатримуючої здатності (Рисунок 5.6, для масштабу на фотографіях міліметровий папір), підтверджує закупорювання пір штукатурного розчину сольовими відкладами у розчині, які розподілені у вигляді скупчень з лінійними розмірами до 5 мм.

Фотографії (д, е) на рисунку 4.6 показують, що структури цегли та штукатурного шару в контактному шарі взаємопроникають один в одного на глибину до 120 мкм та на межі контакту відсутні дефекти та сольові скупчення.

Навколо суцільних сольових скупчень проглядаються (фотографії б, в, г) заповнені сіллю капілярні пори, що відходять діаметром 15…35 мкм. У обробному штукатурному шарі солі проглядаються над місцями защемленого

між шарами штукатурної системи повітря (найбільше скупчення – рисунок, а). Можна припустити, що це обумовлено міграцією молекул з оздоблювального до нижнього штукатурного шару під дією сорбційних сил тяжіння НС, що знаходяться в нижньому штукатурному шарі, внаслідок чого на межі розділу фаз утворюється гідрофобний шар ПЗ підвищеної концентрації.

Порівняння розподілу пір за розмірами у цеглі та шарах розробленої штукатурної системи показує, що в цеглині основний обсяг пір має розміри від 0,1 до 5 мкм, і пори різних розмірів розподілені рівномірно за об'ємом, що займається. Штукатурний розчин для нижнього шару межах від 0,1 до 5 мкм має приблизно вдвічі меншу кількість пір, ніж цегла, і вони займають близько 70 % обсягу пір штукатурного розчину.

У штукатурному розчині нижнього шару знаходяться приблизно 25 % пір розміром від 5 до 200 мкм, з найбільшим вмістом у цьому діапазоні пір розміром 30…40 мкм і є включення пір розміром 1…15 нм.

Штукатурний розчин оздоблювального шару має пори всіх розмірів від 15 нм до 200 мкм, і вони розподілені таким чином, що мають менший обсяг, ніж переважні пори в штукатурному розчині нижнього шару, проте в діапазонах, що виходять за розміри переважання пір штукатурного розчину нижнього шару, пори штукатурного розчину для оздоблювального шару займають обсяг більший до 10 разів.

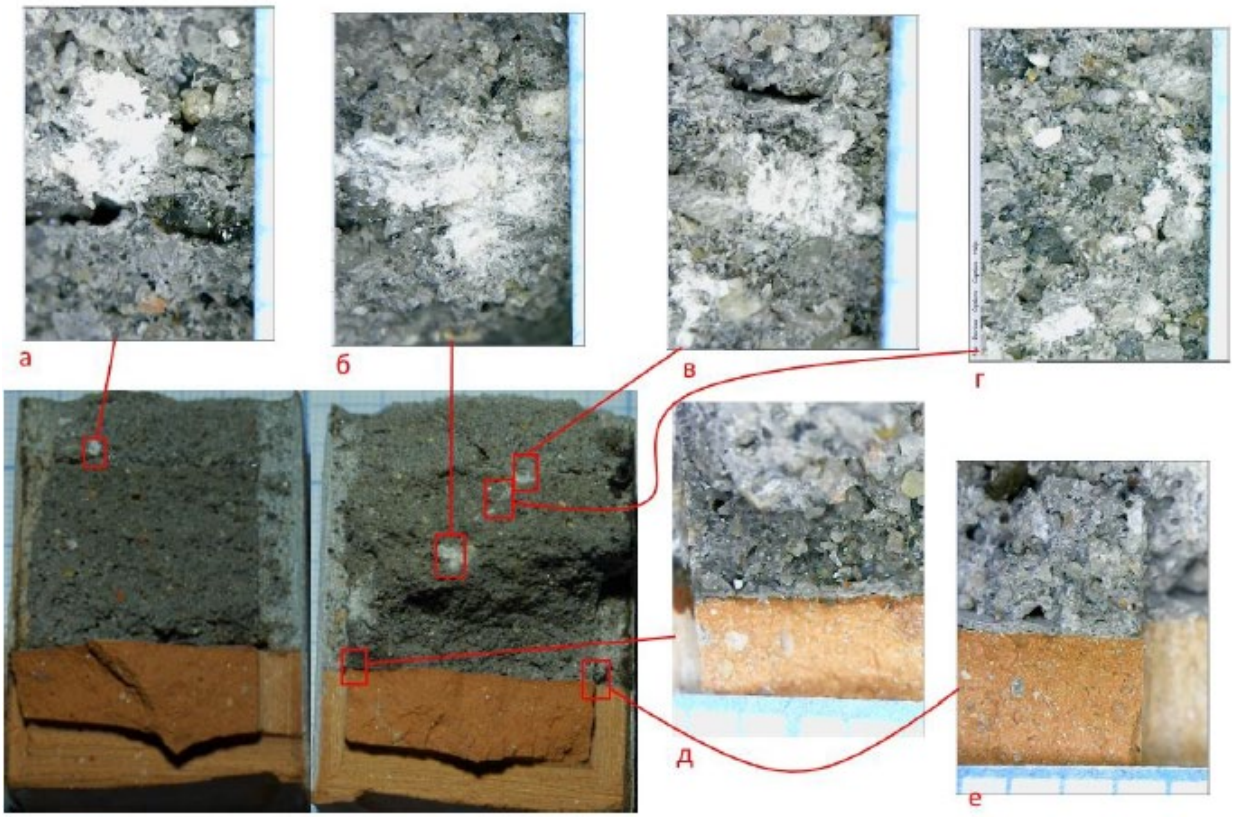


Рисунок 4.6 - Фотографії сколів системи «цегла-штукатурні розчини» після дослідження солезатримуючої здатності

Послідовне зменшення кількості пір одного розміру та зміна розподілу пір різних ефективних діаметрів від цегли до оздоблювального штукатурного шару, а також наявність у нижньому штукатурному шарі пір нанорозмірів разом з іншими результатами досліджень підтверджують, що в розробленій штукатурній системі для захисту цегляної стіни створена диференційована за розміром та шарами структура пір.

ВИСНОВКИ

1. Емульгування полімерного залишку у воді з наступним перемішуванням із золою-винесенням та сушінням забезпечує однорідний розподіл добавки у кількості 2,5…5 % за масою в обсязі сухої будівельної суміші, що дозволило покращити структуру пор, гідрофобізацію їх внутрішнього простору терпеновими сполуками, знизити водопоглинання, підвищити морозостійкість і фунгіцидність затверділих штукатурних розчинів покриттях при одночасному зниженні сили запаху розробленої порошкоподібної гідрофобної добавки на 3 бали щодо чистого ПЗ.

2. Необхідні технологічні властивості розчинної суміші та щільна структура затверділого гідрофобно-фунгіцидного покриття з підвищеною стійкістю до агресивних зовнішніх впливів (водонепроникністю W8, грибостійкість до цвілі A. Niger, морозостійкість F1300, F2150) сформована за рахунок застосування комбінації добавок: комплексної добавки на основі ПЗ та золи-винесення, суперпластифікатора С-3 та прискорювача твердіння форміату кальцію.

3. Введення 5…15 % цегляної крихти в суху будівельну суміш адгезивно-солеутримуючого шару покриття та ґрунтування цегляної стіни цементним молоком перед нанесенням розчинної суміші забезпечує покращений масоперенесення вологи між покриттям і стіною, зниження різниці вологих та температурних деформацій, що покращує адгезію та довговічність покриття.

4. Відкриті пори розміром 1…15 нм у чорних сланцях забезпечують підвищену сорбцію розчинених солей при міграції водних розчинів відкритим порам затверділого розчину, що при витраті добавки НС 10 % забезпечує затримку розчинених солей усередині штукатурного покриття та підвищену стійкість поверхні до утворення висолів.

5. Гідравлічно активний подрібнений кварц у чорних сланцях взаємодіє з $Ca(OH)_2$ цементного каменю, що твердіє, при цьому підвищується ступінь гідратації цементу, змінюється фазовий склад цементного каменю, збільшується вміст гідросилікатів кальцію, міцність розчину в перші доба підвищується в 2,5 рази, що дозволяє використовувати чорні сланці як поліфункціональну добавку в цементних штукатурних сумішах.

6. Модифікація структури пір адгезивно-солезатримуючого захисного покриття шляхом введення до складу сухої будівельної суміші комбінованих добавок пористих речовин (10 % чорних сланців, 5…10 % цегляної крихти) та ПАР (повітрянопритягуючі добавки, суперпластифікатора) сприяє формуванню пор, що затримують розчинені солі та демпфують їх кристалізацію, що забезпечує підвищення експлуатаційних параметрів якості покриття: сила зчеплення з основою не менше 0,5 МПа, морозостійкість F1300, F2100, стійкість до утворення висолів на поверхні та довговічність.

7. У розробленій штукатурній системі для цегляної кладки створено диференційована за розмірами та шарами структура пір, що відфільтровує мігруючі розчинені солі, що забезпечує збереження експлуатаційних властивостей цегляних стін та оздоблювальних покриттів.

8. Проведені випробування захисних покриттів підтверджують ефективність практичних рекомендацій щодо застосування розроблених штукатурних розчинів із СБС для комплексного захисту цегляної кладки вологих приміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. [Чинний від 01-01-1996]. Вид. офіц. Київ : Київський науково-дослідний інститут радіовимірювальної апаратури, 1996. 75 с.

2. ДСТУ Б В.2.7-112-2002. Будівельні матеріали. Цементи. Загальні технічні умови. [Чинний від 01-07-2002]. Вид. офіц. Київ : Концерн «Укрцемент», 2002. 43 с.

3. ДСТУ Б А.1.1-49-94. Система стандартизації та нормування в будівництві. Матеріали будівельні. Методи фізико-хімічних досліджень. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 1994. 27 с.

4. ДСТУ Б EN ISO 12572:2011 Гігротермічні характеристики будівельних матеріалів та виробів. Визначення паропроникності (EN ISO 12572: 2001, IDT). [Чинний від 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 42 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 42 с.

6. Чеканський Б.Б., Луцюк І.В. Оптимізація складу багатокомпонентного композиційного в'яжучого. *Вісник НУ ЛП. Збірник наукових праць*. Львів, 2018. №18, С. 73-78.

7. Бондар, «Технологічні аспекти виготовлення поризованих складів сухих будівельних сумішей», *Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*, № 1, с. 24-27, 2013.

8. А. В. Бондар, «Технологія виготовлення полегшених складів цементних сухих будівельних сумішей з мінеральними добавками», *International Academy Journal Web of Scholar: Multidisciplinary Scientific,*

Edition, 2 (32), pp. 3-9, 2019. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/28022019/6339.

9. В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, і А. В. Бондар, «Суха будівельна суміш», МПК C 04 B 28/02, C 04 B 14/10. № UA 76518 U, 10.01.2013, Бюл. №1.

10. І. Салій, «Ринок будівельних матеріалів України: глобалізація і євроінтеграція». [Електронний ресурс]. Доступно: https://gazobeton.org/uk/node/633 . Дата звернення: 10.11.2024.

11. ДБН В.2.6-22-2001. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей. [Чинний від 01-01-2002]. Вид. офіц. К: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 2001. 50 с.

12. Є. К. Карапузов, В. Г. Соха, та Т. Е. Остапченко, Матеріали і технології в сучасному будівництві: Підручник. Київ, Україна: Вища освіта, 2005. 318 с.

13. В. І. Гоц, Бетони і будівельні розчини. Київ, Україна: КНУБА, 2003.

14. Р. Ф. Рунова, Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін, та Ю. Л. Носовський, В'яжучі речовини: Підручник. Київ, Україна: Основа, 2012. 740 с.

15. В. В. Троян, «Сухі суміші та розчини на їх основі для влаштування підлог промислових будівель», автореф. дис. канд. наук., Київський нац. ун-т будівництва і архітектури, Київ, 2007. 215 с.

16. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 93 с.

17. P. V. Krivenko, G. Yu. Kovalchuk, and O. Yu. Kovalchuk, « Alkaline Cements Based on High Volumes of Industrial Wastes: Application in Cellular Concrete Technology», in *Proceed. 10th Conf. "Ekologie a nove stavebni hmoty a vyrobky*", Telc (Czech Republic), 2006, p. 89-93.

18. V. M. Malhotra, and P. K. Mehta, «High-Performance, «High-Volume Fly Ash Concrete», *Materials, Mixture Proportioning, Properties, Construction Practice, and Case Histories, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development, Inc*., Ottawa, Canada, 2002.