

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

на тему: **«Відновлення горизонтальної гідроізоляції стін будівель»**

КР.192БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів» спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр
групи 192БЦмд_21
Гаращенко Сергій Анотолійович
Керівник: Шульгін Володимир Васильович

Полтава 2025 року

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	6
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1 Форми зволоження будівельних конструкцій	6
1.2 Способи ліквідації вологості стін	8
1.3 Гідроізоляційні матеріали	13
1.4 Теоретичне обґрунтування	18
1.4.1 Методика розрахунку процесу електроосмотичного сушіння при капілярному підсосі води	23
РОЗДІЛ 2	26
МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
РОЗДІЛ 3	27
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1 Методика вимірювання крайового кута змочування матеріалів	27
3.2 Методика дослідження впливу виду та складу ін'єкційного розчину на поглинаючі властивості керамічної цегли	29
3.3 Методика дослідження впливу тиску ін'єкційного розчину та вологості цегли на його гідрональні властивості та якість гідрофобізації	32
3.4 Визначення питомого об'єму керамічної цегли	36
3.5 Визначення вологовіддільних властивостей цегли	39
3.6 Визначення величини капілярного потоку, що поглинається цеглою	39
3.7 Дослідження сушіння цегляних стін постійним струмом	40
3.8 Приготування гідрофобізуючих розчинів	43
РОЗДІЛ 4	46
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ	46
4.1 Кремнійорганічна гідрофобна рідина 136-157М	46
4.2 Уайт-спірит	46
4.3 Nanoalps® System SAFE екологічно чиста, нетоксична колімерна гідрофобна добавку	46
4.4 Цегла керамічна пластичного формування	46
РОЗДІЛ 5	50
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	50
5.1 Підбір концентрації кремнійорганічного розчину 136-157м	50
5.2 Дослідження впливу концентрації кремнійорганічного розчину 136-157М та вологості зразків на розчиннопоглинання, водопоглинання та крайові кути змочування цегли	50
5.3 Підбір концентрації зодної нанодобавки Nanoalps® System SAFE	63
5.4 Дослідження впливу гідростатичного тиску та вологості цегли на розчиннопоглинання нанодобавки матеріалом цегли та його гідрофобізуючу здатність	63
РОЗДІЛ 6	72
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	72
6.1 Технічні засоби та організаційні заходи по упередженню ризику ливої дії на працюючих електричного струму	72
РОЗДІЛ 7	76
Висновки та рекомендації за результатами досліджень	76
Список використаних джерел	77

ВСТУП

В умовах сучасної економічної ситуації в Україні на фоні воєнних дій, актуальною стає проблема ясної реконструкції пошкоджених будівель та існуючих. В Полтаві та багатьох інших містах України значну частку житлового фонду складають будинки, що побудовані 50 та більше років тому. Більшість з них ще не вичерпали свого експлуатаційного ресурсу і мають значні резерви для перепрофілювання. Такі будівлі після капітального ремонту та заміни внутрішніх комунікацій знову стають придатними для використання. Реконструйовані будинки мають низку переваг перед новобудовами: менші капіталовкладення, зручність розташування (найчастіше в центрі міста), зручність проведення будівельних робіт. А якщо йдеться про будівлю - пам'ятку архітектури, то реконструкція є чи не єдиним виходом.

Але замовник за свої гроші хоче отримати дійсно якісний товар. Тому якість проведених робіт має бути відповідною і несуттєвих деталей тут бути не може.

Однією з найбільш неприємних проблем, з якими стикаються будівельники при реконструкції та реставрації будівель, є підвищена вологість стін. Сирість наносить шкоду як людині, так і будинку в цілому. Антигігієнічні умови, дискомфорт в приміщенні, специфічний неприємний запах різко знижують споживчі якості житлових приміщень. Це негативно відображається на ринковій вартості будівель. Крім того, сирість прискорює псування будівельних конструкцій і таким чином знижує строк служби будинку.

Сирість руйнує зовнішнє та внутрішнє опорядження, викликає перезволоження зовнішніх стін, сприяє їхньому промерзанню і інтенсивному руйнуванню.

Перезволоження зовнішніх стін помітно погіршує їх теплоізоляційні якості, що може призвести до утворення інею на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій.

Зовнішніми ознаками сирості у житловому приміщенні є вологі, брудно-темні плями, що виступають на внутрішній поверхні стін. Також ознаками сирості можуть бути виникнення плісняви, відлущення шпалер від стін (найчастіше під

вікнами і поруч із зовнішніми кутами будівель), лушення, освітлення, пузиріння та потемніння фарбування перегородок, що огорожують санвузли, а також стель верхніх поверхів, особливо по збільшеному їх периметру і т. д.

Подальший розвиток сирості тягне за собою розтріскування, спучування і місцеві відпадання штукатурки, короблення піллоги над неогалванними підвалами. Однією з ознак зволоження, що спостерігається з боку фасадів будівлі є висоли чи вигляді білих плям або лавутини з голчастих кристалів, що виділяють найбільш водопроникні зони, таке “цвітіння” зазвичай розвивається знизу вгору.

Усунення підвищеної вологості стін є складним та досить дорогим процесом, який ще потребує докладного дослідження.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

При експлуатації будівель їх конструкції зазнають впливу вологи, різних видів корозії а також інших фізико-хімічних впливів.

1.1 Форми зволоження будівельних конструкцій

Розрізняють такі форми зволоження будівельних конструкцій [3]:

Крапельно-рідке: його викликають атмосферні, ґрунтові, талі, а також води систем внутрішніх комунікацій .

Капілярне: виникає при безпосередньому контакті матеріалу з водою. Волога при цьому в товщі матеріалу підіймається вгору по тріщинах та порах під дією сил поверхневого натягу. Висота підйому при цьому залежить від розмірів перерізу капілярів та гідрофільних (гідрофобних) властивостей самого матеріалу. Якщо матеріал добре змочується водою, то вона інтенсивно піднімається вгору, а якщо матеріал гідрофобний - виникає капілярна депресія .

Гігроскопічне: виникає в результаті сорбції вологи матеріалом з повітря при температурі вище за точку роси. Максимальну сорбційну вологість матеріалу, при певних параметрах зовнішнього повітря називають рівноважною .

Конденсаційне: в результаті переходу води з пароподібного стану до крапельно-рідкого. Відбувається, коли температура середовища чи поверхні стає нижчою за “точку роси”. В дуже тонких капілярах (менше 50 нм) може відбутися капілярна конденсація при відносній вологості повітря навіть менше за 100%.

Класифікація будівель за ступенем вологості.

Сирі стіни цегляних будівель можна умовно класифікувати за ступенем вологості [4]:

До **першого** відносяться будівлі та споруди, що мають вологість стін за масою до 0,5%. Це старі будівлі з сухими стінами, що розташовані зазвичай на сухих ґрунтах в місцевостях теплим та сухим кліматом.

До **другого** відносяться будівлі та споруди, що мають вологість стін за масою 0,6-2%. До цього класу відносяться більшість промислових та цивільних

будівель України, що експлуатуються в умовах звичайних опадів та середнього рівня ґрунтових вод. Також до цього класу можна віднести будівлі та споруди, що знаходяться в умовах високого рівня ґрунтових вод, але мають надійну гідроізоляцію.

До **третього** класу відносяться будівлі та споруди, що мають вологість стін за масою 2 - 4%. Таку вологість можуть мати стіни будівлі, якщо відсутня або пошкоджена гідроізоляція в умовах вологих фундаментів.

До **четвертого** класу відносяться будівлі та споруди, що мають вологість стін за масою 4-10%. Це будівлі та споруди з мокрими технологічними процесами огорожуючі конструкції які не мають гідро- та пароізоляційних прошарків або ці прошарки зруйновані в процесі тривалої експлуатації від інтенсивної вологи або періодично діючих навантажень. Також до такої вологості може привести високий рівень ґрунтових вод при відсутності або пошкодженні гідроізоляційних шарів.

В даній роботі розглядається комплекс заходів по усуненню вологості стін будівель та по відновленню зруйнованих гідроізоляційних шарів.

При недосагній гідроізоляції між фундаментом та стіною є невідворотним капілярним підйманням ґрунтових вод. Волога частково або повністю заповнює пори матеріалу; в цьому випадку на стінах виникають сирі плями та цілі смуги, які мають назву зон небезпечного капілярного насичення (зони н.к.н.) [9].

В приміщеннях з вологими стінами з'являється специфічний запах та відчуття "пронизливої сирості". На стінах, речах домашнього вжитку, на продуктах харчування, виникає пліснява.

На сирих цегляних стінах з'являються брудні плями від пилу, цукрилий наліп, а іноді цілі смуги - зони. Шпалери поступово змінюють колір і відлипають від стін цілими пластами. На не оштукатурених вологих стінах густо падає характерний білий наліп, на оштукатурених залишаються помітні темні плями, причому сама штукатурка відлипає від стіни, утворюючи спучування та опадає. На стінах, що пофарбовані олійними фарбами, з'являються знебарвлені глевкі плями, шар фарби зупиняється та лущиться. Експериментальні дослідження показали, що структура

матеріалу, (розміри і розташування пор - капілярів, тріщин і т. п.) та засоленість чинять вирішальний вплив на ступінь його вологонасичення і вологовіддачу [9].

Згідно теорії капілярності, висота підняття рідини при повному змочуванні і температурі 20°C дорівнює :



Рис. 1.1 Схема картини зволоження стіни при капілярному проникненні ґрунтових вод.

1. Зона небезпечного капілярного насичення;
2. Зона капілярного зволоження;
3. Зона гігроскопічної вологості;
4. Потік капілярної вологи.

У формулі Жюрена (1) висота підняття рідини обернено пропорційна радіусу капіляра r_k . Вочевидь, чим більше дрібних пор в цеглині, тим більша висота шару капілярно зволоженої стіни, тому вологість стін в різних її частинах може бути різною, що зазвичай виявляється в появі окремих “вологих плям” на стіні - зон н.к.н. [13]. Крім цього в таких місцях відбувається виділення солей, що підвищують гігроскопічність стін. На рис. 1 наведена схема картини зволоження стіни при проникненні ґрунтових вод через пошкоджений шар горизонтальної гідроізоляції [14].

1.2 Способи ліквідації вологості стін

В даному розділі не розглядаються способи ліквідації вологості, що викликана метеорологічними та експлуатаційними джерелами зволоження, бо

сирість при цьому має локальний характер і її ліквідація не викликає особливих ускладнень.

1.2.1 Введення до конструкції нового гідроізоляційного шару.

Спосіб згадується в [10] та докладно описаний у [11]. Стіну пропилюють електричною пилою або пробивають в ній наскрізні отвори окремими ділянками вручну. Висота щілин досягає трьох і більше рядів цегли. Щоб запобігти осадці і деформації стін, пропилені отвори розливають або проводять пропилом пунктиром. Потім до утвореного щілини укладають новий шар гідроізоляції і проводять забутку її цементним розчином. Робота ця потребує великої обережності, витрат великої кількості часу і дорогого коштує. За умови правильного виконання робіт із застосуванням нових гідроізоляційних матеріалів спосіб є достатньо ефективним, однак по причині складності та небезпечності робіт застосовується нечасто.

1.2.2 Просушувальні нижньої частини вологих стін.

Для цього по периметру будівель створюють галереї з бетонними підлогою та перекриттям, що мають витяжки через кожні 5 м, або горизонтальні вентиляційні канали для циркуляції повітря, що сприяє безперервному видаленню вологи із стін. Ефект посилюється, коли волога відсмоктується за допомогою штучної вентиляції каналів.

Різновидом цього способу є введення до товщі вологої стіни гоніарних труб (з невипаленої глини) [8]. Ці трубки щільно встромляють в попередньо пробиті отвори діаметром 4 см і глибиною, що дорівнює половині товщини стіни. Отвори пробивають з обох боків стіни на рівні 20-30 см від рівня землі та на відстані 40 см одне від одного. Із зовнішнього боку отвори закривають решітками.

На практиці вищезазначені способи є малоефективними і не можуть задовольнити сучасним вимогам до реконструкції і ремонту будівель [9].

1.2.3 Вертикальна гідроізоляція поверхні стін з одного чи двох боків.

Ділянку заглибленої вологої стіни відкопують до фундаменту, очищують щітками, а потім наклеюють гарячим бітумом по два шари руберойду з обох боків

стіни до другого поверху. Зовні ділянку посипають чистим піском до рівня відмостки, а вище - штукатурять. З внутрішнього боку влаштовують суху штукатурку.

Необхідно відмітити виключну неправильність, та навіть шкідливість таких мір, бо бітум та руберойд при цьому є пароізоляційними прокладками, які чинять негативний вплив на вологістний режим стін [14].

Розташування пароізоляційного шару на зовнішній поверхні огорожі опалюваних будівель неприпустиме, бо при цьому кількість водяної пари, що виходить з огорожі назовні різко зменшується. Тоді волога, що знаходиться у приміщенні, починає інтенсивно накопичуватись в товщі стіни, особливо взимку. При цьому вологістний режим конструкції ще більше погіршується. До аналогічних результатів призводить і напелення на вологу стіну малопаропроникної цементної штукатурки.

Опорядження стін тільки з внутрішнього боку може проводитись різними способами. Найчастіше стіни оклеюють руберойдом, водостійкою фанерою, або фарбують олійною фарбою, гудроном, чи розчином каучуку в бензині. Крім того можуть влаштувати "штукатурку на відносі" (суха штукатурка, змонтована на пробках на відстані 10-15 см від стіни) з організацією витяжки з простору між стіною та штукатуркою [15].

Всі ці міри найчастіше не досягають поставленої мети, оскільки основна причина вологості залишається, і волога в стіні, не маючи можливості випаруватись з її поверхні, завдяки капілярному тискові, зволожує всьому частину стіни. Крім того, пофарбовані поверхні недовговічні: випаровуючись, волога, що знаходиться в порах, механічно відділяє шар такого покриття [16].

1.2.4 Електроосмотичний метод сушіння

Сушіння вологих стін за допомогою цього методу призводить не тільки до видалення вологи з них, але й запобігає розвитку вологості в стінах протягом всього експлуатаційного строку будівлі [8].

Сутність явища електроосмосу полягає в тому що розчини електролітів мають властивість переміщуватись по капілярах пористих тіл, при наявності

зовнішнього електричного поля. Цей рух виникає в результаті утворення на поверхні капілярів так званого подвійного електричного шару, який складається з іонів різного заряду, що мають різну адгезію до стінок капілярів. При цьому іони одного заряду притягуються до поверхні твердої фази, а іони протилежного заряду залишаються відносно вільними і можуть переміщуватись в тому чи іншому напрямі.

Якщо до такої системи прикласти електричне поле, то ці іони почнуть переміщуватись від одного електрода до іншого, спричиняючи таким чином впорядкований рух розчинника (води). Іони протилежного заряду, які адсорбовані до поверхні твердої фази, рухатись не можуть і не викликають протилежного руху рідини.

Цей явище найбільш помітне при малих розмірах капілярів та невеликих концентраціях розчинів. Напрямок переміщення рідини визначається знаком заряду твердої фази [9].

Вологе цегляне мурування являє собою капілярно-пористу систему. Волога, що насичує пори, містить в собі різноманітні розчинні солі та інші сполуки. Тому в вологому цегляному муруванні стають можливими електроосмотичні процеси. Якщо крізь товщу стіни пропустити постійний електричний струм, то волога буде переміщуватись в одному напрямі. Цей рух можна використати для сушіння вологих стін [18].

Є два основних способи реалізації електроосмосу:

- а) пасивні електроосмотичні установки;
- б) активні електроосмотичні установки.

Пасивні установки не потребують подачі енергії ззовні і являють собою короткозамкнені гальванічні елементи, що створені безпосередньо в товщі стіни. Вони діють протягом всього строку експлуатації будівлі та надійно запобігають розвитку вологості в стіні. Один з найпростіших варіантів влаштування такої установки [8]:

1) В стіні на висоті 200 мм від рівня підлоги по всьому периметру будівлі прозвердлюють горизонтальний ряд отворів діаметром 20 мм. Отвори

розташовані під кутом 15° до горизенту. Глибина отворів має бути в межах $(0,9-0,95)B$, де B -товщина стіни, що просушується. Відстань між отворами в ряді- 500-250 мм. До отворів на глино-цементно-пісчаному розчині вводять стержневі електроди з міді діаметром 15 мм.

2) Фундамент будівлі обкопують по периметру на глибину 1,5 м та просвердлюють ще один ряд отворів аналогічно попередньому на глибині 1,2 м від рівня землі. До цих отворів на тому ж глино-цементно-пісчаному розчині вводять стержневі електроди діаметром 15 мм з заліза або цинку [19].

3) Кожен нижній електрод з'єднуються з відповідним йому верхнім електродами гнучкими дротами (краще зварюванням). Ці дроти закладають до попередньо пробитих в стіні каналок та заштукатурюють.

Установка готова до дії. Тепер завдяки електрорушійній різниці потенціалів (для пари $Cu-Fe \quad \varepsilon=0,34-(-0,44)=0,98\text{в}$; для $Cu-Zn$

$\varepsilon=0,34-(-0,76)=1,1\text{в}$) в товщі стіни буде протікати електричний струм в напрямку від верхнього поясу до нижнього. В цьому ж напрямі стане переміщуватись вода, що призведе до поступового осушення стіни (див. рис.2.)

На відміну від пасивних, активні електроосмотичні установки для своєї роботи використовують електричну енергію зовнішнього джерела. Розташування стержневих електродів в них аналогічне пасивним установкам. Напряга від зовнішнього джерела (генератор постійного струму, батарея акумуляторів) подається на горизонтальні ряди електродів. Максимальний потенціал при цьому подається на верхній ряд електродів, а мінімальний-на нижній. Від'ємний полюс генератора заземлюють з декількох місць біля фундаменту будівлі (див. рис.3.).

Активні електроосмотичні установки дають більш швидке осушення, ніж пасивні, але потребують більших витрат на влаштування.

За допомогою електроосмотичних установок можна осушувати вологі стіни великої товщини в умовах вологих фундаментів (капілярне підсмоктування вологи). Нерідко використовують комбінований спосіб електроосмотичного сушіння: активний електроосмос з подальшою перекомутацією установки за пасивною схемою [20]

Одним з недоліків електроосмелитичного способу осушення стін є недостатня його вивченість, що дуже ускладнює розрахунок процесу.

1.2.5 Сушіння вологих стін прогріванням

При цьому волога стіна штучно підігрівається за допомогою спеціального обладнання. Одночасно в цьому приміщенні забезпечується високий повітряний обмін (3х-5ти кратний).

Стіну можна підігрівати за допомогою газових теплогенераторів (конвективне просушування), або інфрачервоними випромінювачами (радіаційне сушіння). В процесі підігрівання температура поверхні стін зростає до 50...60°C, що активізує процес випаровування вологи з товщі стіни. З обох випадків нагріву виникає дифузія вологи з товщі стіни до її поверхні. Волога, яка випаровується зі стіни, видаляється з приміщення за допомогою вентиляційних пристроїв [21].

Особливо ефективний цей спосіб при сушінні стін з невеликою масовою вологістю (до 7%) та невеликій товщині самих стін. Основним недоліком способу є висока енергомощність процесу сушіння та значна вартість сушильного устаткування. Але за розповсюдженістю цей спосіб є найуживанішим і його з успіхом використовують для ліквідації локальних ділянок підвищеної вологості стін та підсушування помірно зволжених мурувань невеликої товщини [22].

1.3 Гідроізоляційні матеріали

Для запобігання проникненню вологи до будівельних конструкцій використовують гідроізоляційні матеріали різних видів.

В залежності від основного функціонального компоненту, гідроізоляційні матеріали поділяють на такі різновиди:

- Бітумні (з нафтових або природних бітумів);
- Дьогтеві (з кам'яновугільних та сланцевих смол);
- Дьогтебітумні (сплави дьогтепродуктів з нафтовими бітумами);
- Гудрокамові (з продуктів сумісного окислення кам'яновугільних масел та нафтових гудронів);

- Бітумно-полімерні (з продуктів сумісної переробки нафтових бітумів та полімерів);
- Полімерні (включаючи каучуки та кремнійполімери);
- Мінеральні (на основі цементів, силікатів та глин).

В залежності від способу виконання гідроізоляційних робіт гідроізоляційні матеріали поділяють на такі види [12]:

- Наклейні (рулонні, плівкові та листові матеріали заводського виготовлення);
- Штукатурні (асфальтові, цементні та полімерцементні штукатурні суміші);
- Фарбувальні (гідроізоляційні фарби та мастики різних видів);
- Монтовані (гідроізоляційні блоки, плити захисні жорсткі листові матеріали);
- Ін'єкційні (різні манітні суспензії та розчини для об'ємної гідроізоляції)

Найбільш цікавими з точки зору даної роботи є ін'єкційні гідроізоляційні матеріали [23]. Їх застосовують для утворення об'ємної гідроізоляції, тобто гідроізоляції, при якій гідроізоляційні властивості надаються частині об'єму конструкції. Цей об'єм виконує свої функції за рахунок підбору оптимального складу введення ущільнюючих добавок до матеріалу при його виготовленні або за рахунок його просочування спеціальними речовинами [24].

1.3.1 Умови якісної об'ємної гідроізоляції

Про якість гідроізоляційних матеріалів судять за основними та специфічними властивостями. Крім того необхідно щоб:

- а) матеріал, що застосовується повинен змочуватися водою;
- б) виключалася можливість вільного руху води по капілярах та порах ізоляційного шару;
- в) гальмувалося дифузійне проникнення вологи;
- г) забезпечувалась необхідна міцність і деформативність гідроізоляційного шару;

д) зберігалася довговічність гідроізоляційних матеріалів в конструкції.

Одним з найголовніших показників, за якими можна судити про якість утвореного гідроізолюючого шару при об'ємній гідроізоляції є його показник змочуваності. Ступінь змочування твердого тіла рідиною залежить від відношення адгезії рідини до твердого тіла та когезії самої рідини і характеризується кутом змочування (або крайовим кутом змочування θ_k), який утворює крапля рідини з поверхнею твердого тіла (рис.1.4). Якщо адгезія між твердим тілом та рідиною дорівнює когезії або перевищує її, то крайовий кут дорівнює нулю. В цьому випадку крапля розтікається по поверхні адсорбенту та змочує його (рис.1.4, а). Якщо адгезія між твердим тілом та рідиною вдвічі менша за когезію, то крайовий кут змочування дорівнює 90° . При повній відсутності адгезії між твердим тілом та рідиною крайовий кут повинен дорівнювати 180° (абсолютна незмочуваність) Але деяка адгезія існує завжди, тому практично крайовий кут змочування не досягає 180° (Рис.1.2, б). Якщо адгезія між рідиною та твердим тілом менша за когезію самої рідини, то рідина не змочує тверде тіло [25].

Тверді тіла, з якими вода утворює крайовий кут змочування θ_k менше за 90° , називають гідрофільними (увпуклий меніск), а крайовий кут змочування $\theta_k \geq 90^\circ$ гідрофобними (опуклий меніск).



Рис.1.2 Різні випадки змочування:

а - $\theta_k = 5^\circ$;

б - $\theta_k = 90^\circ$;

в - $\theta_k = 141^\circ$;

Для об'ємної гідроізоляції будівельних конструкцій на заводах будівельної індустрії використовують просочування цих виробів гарячими

бітумами, розчинами бітумів в органічних розчинниках або водними емульсіями бітумів [6]. Просочування проводять при простому зануренні виробу в просочувальний розчин, при нанесенні розчину на поверхню виробу через розпилювач, або при підвищеному тиску (автоклавне просочування). Глибина проникнення просочувального розчину в товщу матеріалу складає 2..20 мм (залежно від виду розчину та пористості матеріалу). Шар обробленого матеріалу надійно захищає внутрішній об'єкт виробу від проникнення вологи [26].

Перспективним напрямком сучасної гідроізоляції є використання в якості просочувальних речовин гідробізолюючих матеріалів [6]. Найкращими гідрофобізаторами для мінеральних будівельних матеріалів є кремнійорганічні сполуки типу силоксанів. Механізм їхньої дії полягає у взаємодії кремнійорганічних полімерів та мономерів із активними групами мінералів, що входять до складу будівельних матеріалів [9],[11]. При цьому утворюються полімерні сполуки, які тонкою плівкою вкривають поверхню пор будівельного матеріалу. Складні полімери орієнтовані таким чином, що силексанові зв'язки знаходяться на поверхні адсорбенту і хімічно з нею пов'язані; вуглеводневі радикали (CH_3 -, C_2H_5 -, C_6H_5 -), нахилені назовні і надають плівці сильних гідрофобних властивостей. Разом із високою адгезією до поверхні адсорбенту, такі плівки мають високу гідрофобність (140% і більше). Утворенні органосілоксани завдяки наявності кремнійвуглецевого ланцюга характеризуються високою термостійкістю, повітря- та паропрохідністю, стабільністю властивостей в широкому діапазоні температур та атмосферостійкістю.

Ефективність процесу гідробізоляції залежить від структурних особливостей адсорбенту, адсорбованих речовин та розчинників. Одна з схем з гідробізоляції стіни будівлі наведена на рис. 1.3-1.4.



Рис. 1.3 Схема введення гідрофобної рідини



Рис. 1.4 Зведення гідрофобної рідини

1.4 Теоретичне обґрунтування

Найбільш розповсюдженим джерелом сирості стін є високі ґрунтові води, що проникають до товщі матеріалу під дією капілярних сил. Зазвичай в цоколі збудованих будинках цьому запобігають шари вертикальної та горизонтальної гідроізоляції. Але традиційні гідроізоляційні матеріали на основі бітумів та дьогтів не є довговічними. Через 15-20 років деякі фракції бітуму починають розчинятися в воді, а сам бітум швидко старішає через окислення та перепади температур [27]. На поверхні матеріалу з'являються тріщини, волога швидко потрапляє всередину шару і пролазить картон (основа багатьох рулонних гідроізоляційних матеріалів). Картон швидко починає гнити та псуватися. Таким чином при несприятливих умовах експлуатації гідроізоляційні шари припиняють виконувати свої функції набагато швидше, ніж передбачено конструкції будівель [28]. Вода з ґрунту починає безперешкодно проникати з цоколю до стін зможуючи їх (рис.1.5). Будівля може стати непридатною до експлуатації з санітарно-гігієнічних міркувань задовго до кінця розрахункового терміну. Особливо це актуально для старих будинків, в яких гідроізоляція вже давно прийшла в незадовільний стан, але інші експлуатаційні ресурси ще не виснажені.

Більшість капілярно-пористих тіл при контакті з водою, починають її



Рис. 1.5 Схема проникнення ґрунтових вод до товщі стіни при пошкодженні гідроізоляційних шарів:

1. Вертикальна гідроізоляція;
2. Горизонтальна гідроізоляція між цоколем та стіною;
3. Нижній шар горизонтальної гідроізоляції.

всмоктувати до своєї товщі. Це відбувається під дією сил поверхневого натягу, які примушують вологу підійматися по капілярах знизу вгору. Чим менше діаметр капіляру та чим більша гідрофільність адсорбенту, тим вище висота підняття води в капілярі [29]. Для трубки радіусу r і рідини з поверхневим натягом σ та густиною ρ ця висота підйому буде складати :

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r\rho g} \quad (2)$$

де g -прискорення вільного падіння, м/с²; θ - крайовий кут змочування стінок капіляру, градус

Для червоної цегли маємо:

$$\sigma = 73 \times 10^{-3} \text{ н/м}; \rho = 1600 \text{ кг/м}^3; r = 10^{-6} \text{ м}; g = 9,8 \text{ м/с}^2; \theta = 0^\circ (\text{гідрофільна})$$

$$h_{\text{max}} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{10^{-6} \cdot 9,8 \cdot 10^3} = 14,62 \text{ м} \quad (3)$$

Саме на таку висоту підніметься вода по капілярах цегли за умови постійного прямого контакту капілярів з водою.

Але прямий контакт з водою в практиці ліквідації вологості стін зустрічається дуже рідко. Найчастіше волога потрапляє до товщі стіни, фільтруючись через ґрунт, фундамент, або інші конструкції будинку. На своєму шляху вода проходить матеріали з різною водопроникністю, і в залежності від властивостей цих матеріалів потік води прискорюється або сповільнюється. Крім того, при великій паропроникності поверхневих шарів стін, стає важливим потік вологи, що випає з стіни [30].

В кінці кінців, потік вологи, що рухається знизу вгору, стає рівним потокові, який випаровується крізь відкриті поверхні стін назовні і волога зупиняється на деякому рівні.

Тому зазвичай вода в цегляних стінах підіймається на висоту, меншу за максимально можливу. Нижче цього рівня стіна має досить високу капілярну вологість ($W_0=8-15\%$). В місцях локалізації найдрібніших відкритих капілярів, відбувається вихід вологи на поверхню (поява зон н.к.н.). Ця волога

зволожує повітря, штукатурку, шпалери і викликає всі негативні явища, що описані в літературному огляді [31].

Вище зони капілярної вологості встановлюється рівноважна гігроскопічна вологість стіни. Верхня границя зони капілярного зволоження може підійматися та опускатися під впливом зовнішніх факторів (зм. на рівня ґрунтових вод, зміна погодних умов, зміни випаровувальних властивостей поверхонь стіни) [22].

Розглянемо капілярно зволожену стіну, в якій відсутня горизонтальна гідроізоляція (рис. 1.2), за умови вологого фундаменту (прорив систем водопостачання, високий рівень ґрунтових вод, і т.д.) в такій стіні вода почне рухатись знизу вгору під дією капілярних сил. Пройоходячи шари бетону, цегли інших елементів фундаменту та мурування, потік води на рівні землі набуває значення q_k , кг/с·м. Вище рівня землі вода починає випаровуватись із стіни зі швидкістю V , кг/с·м². Випаровування відбувається як всередину приміщення (V_B), так і у зовнішнє середовище (V_3). По мірі підняття води, дзеркало випаровування збільшується. Кінець кінцем настає рівновага між потоком всередині стіни (q_k) та потоком випаровування (q_B). Це відбувається при досягненні вологою рівня h_k , м. Умова рівноваги в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$Q_k = Q_B, \quad (4)$$

де $Q_k = q_k \times b \times L$ - сумарний капілярний потік через горизонтальний переріз стіни товщиною b та довжиною L ;

$Q_B = (V_{зов} + V_{внут}) \times L \times h_k$ - сумарний потік води, що випаровується з зовнішньої та внутрішньої поверхонь стіни довжиною L при висоті капілярної води h_k .

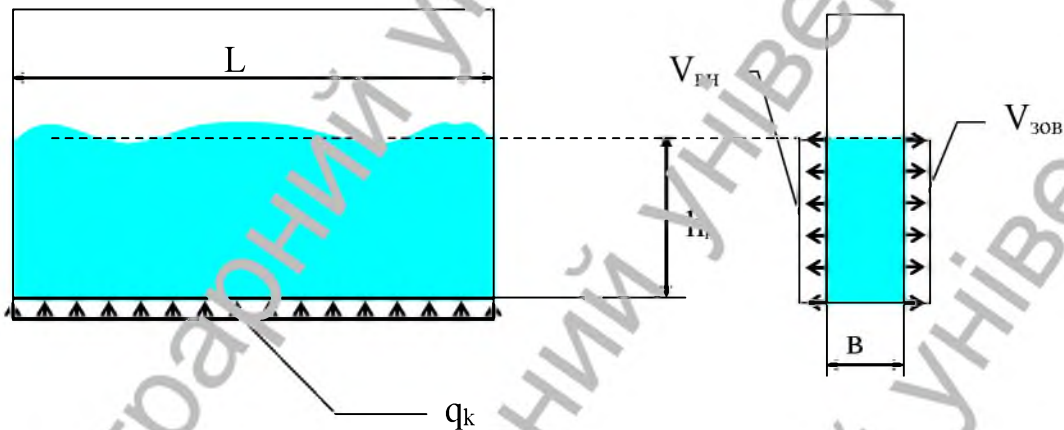


Рис. 1.5. Схема переміщення маси води в капілярно зволоженій стіні.

Після простих математичних перетворень можна отримати формулу для оцінки внутрішнього капілярного потоку всередині стіни за потоком випаровування:

$$q_k = \frac{(V_{зов} + V_{вн}) \times h_k}{b}, \text{ кг/с}\cdot\text{м}^2 \quad (5)$$

$V_{вн}$ та $V_{зов}$ (кг/с·м²) - залежать від кліматичних умов, фільтраційних властивостей самої стіни та паропроникності її зовнішньої поверхні. Теоретично їх розрахувати важко, простіше визначити на основі дослідних даних [33].

Аналізуючи формулу (5), можна зробити висновок, що знизити рівень зони капілярного насичення стіни можливо кількома способами:

1. Збільшити потік води, що випаровується із стіни ($V_{вн}$ та $V_{зов}$);
2. Зменшити фільтраційну спроможність матеріалу мурування (q_k);
3. Найрадикальніший спосіб - відновлення зруйнованих шарів гідроізоляції.

В першому випадку необхідно або збільшити паропроникність зовнішніх шарів опорядження стіни або нагріти саму стіну. При цьому швидкість потоку випаровування збільшиться, а висота зони капілярного насичення відповідно зменшиться до нового рівноважного значення (див. формулу 4).

В другому випадку зменшиться кількість води, що проходить через одиничну площі поперечного перерізу стіни за одиницю часу. Відповідно і зменшиться рівноважна висота капілярної волги h_k .

В третьому випадку капілярний потік вологи припиниться зовсім, а стіна поступово просохне сама. За умови якісно проведених робіт та при використанні сучасних гідроізоляційних матеріалів можна позбутися вологи в стінах до кінця експлуатаційного строку будівлі. Але практично не легко зробити лише для вертикальних гідроізоляційних шарів. Всі інші шари гідроізоляції розташовані всередині існуючих конструкцій і відновити їх дуже важко та дорого. Крім того, цей процес пов'язаний з ризиком пошкодження стін [34].

Існує інший метод відновлення гідроізоляції – створення гідроізоляційного бар'єру всередині стінової конструкції. Такий бар'єр можна створити або шляхом кольматації (заповнення) пор матеріалу водостійкими речовинами, або гідрофобізацією поверхні цих пор спеціальними речовинами (гідрофобізаторами). Обидва способи можна виконати шляхом ін'єкції цих розчинів до стіни через спеціально просвердлені отвори.

Утворюється так звана об'ємна гідроізоляція, тобто частині об'єму стіни надаються гідроізоляційні властивості. Найбільш ефективним при цьому є спосіб гідрофобізації, бо гідрофобний розчин краще проникає в об'єм матеріалу і гідрофобізує навіть невеликі пори, в той час, як кольматуючі розчини мають обмежену проникність і можуть не заповнити дуже дрібні пори. Кольматацією пор можна тільки зменшити капілярний потік вологи (зменшується живий переріз стіни), але повністю перекрити цей потік в такий спосіб неможливо (випадок 2). Крім того, гідрофобізація на відміну від кольматації не збільшує середню густину матеріалу і не впливає на теплопровідність стін. Створивши гідроізоляційний бар'єр в товщі стіни, ми тим самим перекладаємо капілярному потоку води рухатись знизу вгору та створюємо умови для відновлення нормального вологісного режиму стін [35].

Ін'єкція гідрофобізуючих розчинів до стінових конструкцій має деякі специфічні особливості, які не дозволяють використовувати ті технології та склади розчинів, що застосовуються на підприємствах будіндустрії. Стіни будинків мають підвищену вологість досить велику товщину. Гідрофобізація проводиться не через зовнішню поверхню стіни, а через свердловини досить

невеликого розміру. Тому для успішного відновлення гідроізоляції методом ін'єкції рідких гідрофобізуючих речовин, ін'єкційні розчини мають задовольняти певним вимогам:

1. Гідрофобізуючі розчини повинні легко та без врами гідрофобізуючих властивостей проникати вглиб матеріалу на значну глибину (300-400 мм);
2. Вони мають забезпечувати якісну гідрофобізацію як сухих, так і помірно зволжених ділянок мурувань (2..5% за масою);
3. Гідрофобізуючі розчини не повинні утворювати непрониклих плівок на внутрішніх поверхнях просвердлених отворів;
4. Ін'єкційні розчини повинні утворювати якісний та до тривічний шар гідрофобізованого матеріалу по всьому об'єму обробленої стіни.

Тільки за умови дотримання цих вимог можна створити якісний гідроізоляційний бар'єр в товщі цегляного мурування.

Іще однією проблемою, яку необхідно вирішити при ін'єкційній об'ємній гідрофобізації стін будинків є висока вологість цих конструкцій. Для якісної гідрофобізації стіни капілярів мурування необхідно, щоб вони були вільні від вологи. Але саме стіни з високою вологістю потребують вжиття об'ємної гідроізоляції. Тому перед проведенням ін'єкції, вологу з капілярів необхідно видалити. В літературному огляді були розглянуті основні методи ліквідації високої вологості цегляних стін. З міркувань ефективності та можливості практичного втілення можна виділити два найбільш ефективні способи:

- 1) Метод електроосмосу;
- 2) Метод сушіння стін нагріванням.

Можливо, в випадку нагнітання ін'єкційних розчинів під великим тиском (до 0,5 МПа), сушіння стін не знадобиться і ін'єкційний розчин сам буде витискувати вологу з капілярів. Але це припущення ще треба перевірити експериментально [36].

1.4.1 Методика розрахунку процесу електроосмотичного сушіння при капілярному підсосі вологи

1 Вихідні дані:

- ◆ висота зони н.к.н. над рівнем землі (вишукування) h_k , м;
- ◆ товщина стіни b , м;
- ◆ вологість мурування стіни за масою W_m , %;
- ◆ питомий опір матеріалу мурування R_{II} , Ом·м;
- ◆ швидкість випаровування води із зовнішнього та внутрішнього опосередкування стіни $V_{c3}, V_{cв}$, г/с·м²,
- ◆ електроосмотичні властивості цегли, K_e

1 Визначаємо потік вологи зі стіни у зовнішнє середовище з 1 м. пог. зволоженої стіни

$$q_{cв}^{ног} - q_z^{ног} + q_e^{ног} = V_{c3} \times k_{c3} + V_{cв} \times h_k, \frac{г}{с \cdot м \cdot пог.} \quad (6)$$

де V_{c3} і $V_{cв}$ – відповідно швидкість вологовддачі поверхні стіни із зовнішнього та внутрішнього боку, г/с·м².

2 Визначаємо відповідний капілярний потік вологи всередині стіни на рівні землі

$$q_k = \frac{q_c^{ног}}{b}, \text{ кг/с \cdot м}^2 \quad (7)$$

3 Умова успішної дії електроосмотичної установки

$$q_{co} > q_k \quad \text{приймаємо} \quad q_{co} = 1,2 q_k$$

4 Розраховуємо параметри електроосмотичної установки даної конструкції.

Для установки, що наведена на рис. формула потоку буде такою

$$q_{co} = \rho_e \times b \times K_e \times j \times R_n = \rho_e \times b \times K_e \times j \times \frac{U}{\Delta}, \frac{кг}{с \cdot м}^2 \quad (8)$$

де ρ_e – густина води, г/м³ ($\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3$); K_e – коефіцієнт електроосмосу для матеріалу мурування, м²/(с·в) – для червоної цегли $K_e = 0,28 \dots 1,29 \cdot 10^{-9}$ м²/(с·в); j – густина електричного струму, А/м²; R_{II} – питомий опір мурування, Ом·м; U – різниця потенціалів між рядами електродів, В; Δ – відстань між рядами електродів, м [37].

5 Потік, що висушує міжелектродний простір

$$q_{\text{суш}} = q_{\text{eo}} - q_{\text{к}} = 1,2q_{\text{к}} - q_{\text{к}} = 0,2q_{\text{к}} \quad (9)$$

6. Маса води, що знаходиться на 1 пог. м міжелектродного простору

$$M_{\text{вол}}^{\text{пог}} = 0,01(W_{01} - W_{02}) \cdot \Delta \times b \times \rho_{\text{ц}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м пог}} \quad (10)$$

де W_{m1} - початкова масова вологість стіни, %; W_{m2} - необхідна масова вологість стіни, %;

$\rho_{\text{ц}}$ - середня густина мурування, кг/м³;

b - товщина стіни, м;

Δ - міжелектродна відстань, м

7. Час видалення води з міжелектродного простору, τ , с

$$\tau = \frac{M_{\text{вол}}^{\text{пог}}}{q_{\text{суш}}} \quad (11)$$

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи :

1. Дослідження методів ліквідації підвищеної вологості цегляних стін та способів відновлення гідроізоляційних шарів будівель. При цьому необхідно визначити оптимальні режими сушіння існуючих будівельних конструкцій, розробити методику інженерного розрахунку цих параметрів.

2. Розробка складів гідроізоляційних розчинів та методів їх введення на основі різної сировини. При цьому необхідно визначити раціональні склади розчинів, що забезпечують якісну гідроізоляцію у відповідності з діючими нормативними вимогами.

Завдання дослідження:

- отримати високоякісні гідрофобні рідини для відновлення гідроізоляції стін;
- розробити методики досліджень крайового кута змочування, який характеризує гідрофобність матеріалу, методики сушіння та введення розчину в стіну;

Об'єкт дослідження:

компоненти гідроізоляційних розчинів: гідрофобна рідина 136-157M, уайт-спірит, наповнювач Nanoalps® System SAFE.

Предмет дослідження:

параметри змочуваності та поглинальної здатності керамічної цегли, що включають визначення крайового кута змочування, розчинопоглинання та водопоглинання.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика вимірювання крайового кута змочування матеріалів.

Для кількісної оцінки гідрофобних властивостей будівельних матеріалів широко використовується метод вимірювання крайового кута змочування з оцінкою змочуваності V за косинусом крайового кута

$$V = \cos\theta \quad (3.1)$$

Крайовий кут вимірюють методом проекцій або мікроскопічним методом. В першому випадку використовують горизонтальний простір будь-якого типу, вимірюючи параметри проекції краплі на екрані. Для мікроскопічного методу необхідно мати мікроскоп з невеликим збільшенням (20) та мірною шкалою.

Крайовий кут вимірюють на горизонтальному шліфі дослідного зразка або на наважці порошку дослідного зразка (10-20 г). Наважку поміщують в спеціальне кільце, ущільнюють та розрівнюють склом. Потім за допомогою пипетки на поверхню цементу наносять краплю води (розміром $\cong 4$ мм) та вмикають секундомір. Оптимальний час формування краплі для досягнення рівноваги - 3 хв.

При вимірюванні методом проекцій, на екрані проводять дотичну до контуру краплі в точці розділу трьох фаз: твердої, рідики та газоподібної. Кут визначають як середнє за результатами двох різних вимірів.

Для мікроскопічного методі під мікроскопом визначають діаметр основи краплі та її висоту (див. рис 4.1).

Крайовий кут розраховують за формулою:

$$\text{для кута } \theta \leq 90^\circ: \quad \cos\theta = \frac{2Lh}{L^2 - h^2}, \quad (3.2)$$

$$\text{для кута } \theta > 90^\circ: \quad \text{tg}\theta = \frac{2Lh}{h^2 - L^2}, \quad (3.3)$$

де L - половина діаметра основи краплі, мм;

h - висота сегмента (краплі), мм.

З цього випадку крайовий кут також визначають як середнє за результатами двох різних вимірів.

Практика використання обох способів вимірювання крайового кута змочування показала, що найбільш зручним та точним є мікроскопічний метод. Краще використовувати невеликий мобільний мікроскоп з 2-5-ти кратним збільшенням. Таким приладом є, наприклад МПБ-3 який має два змінні об'єктиви зі збільшенням у 2 та 4 рази. Цей мікроскоп має внутрішню вимірювальну шкалу, яка може обертатися навколо оптичної осі приладу і дає можливість вимірювати як горизонтальні, так і вертикальні розміри об'єктів з точністю до 0,04 мм. Мікроскоп не пристосований для вимірювання параметрів крапель, тому його модернізують: жорстко закріплюють в горизонтальному положенні на штативі та прикріплюють до об'єктного вікна предметний столик (див. рис. 3.1).



Рис 3.1 Схеми вимірювання параметрів краплі води на зразку гідрофобного матеріалу.



Рис. 3.2 Схема установки для вимірювання крайового кута змочування твердих та порошкоподібних матеріалів.

1-окуляр мікроскопа; 2-об'єктив мікроскопа; 3-обойма мікроскопа із предметним вікном; 4-предметний столик мікроскопа (модернізація); 5-дослідний зразок; 6-крапля води на дослідній поверхні; 7-штатив, жорстко прикріплений до нерухомої опори; 8-оптична вісь приладу; 9-нерухома опора.

3.2 Методика дослідження вливу виду та складу іп'єкційного розчину на поглинаючі властивості керамічної цегли.

1. Готують розчини речовин заданої концентрації, для яких на властивості цегли досліджується. Концентрація розчинів обумовлена планом експериментів.
2. Виготовляють дослідні зразки-пластинки з цегли глиняної звичайної розміром 60×30×10 мм. Зразки випилюють з цеглини та шліфують на надзвичайному крузі для вирівнювання граней. Кожен зразок нумерується. Кількість дослідних зразків обумовлена планом експериментів.
3. Зразки висушують в сушильній шафі при температурі 105-110 °С до сталої маси та охолоджують до кімнатної температури. Визначають масу кожного зразка в сухому стані m_1 , г.

4. Для кожного зразка визначають об'ємне водопоглинання за 24 години V_0^{24} ,%. Для цього всі зразки поміщують до ємності з водою та витримують там протягом 24 годин. Після водонасичення визначають масу зразка в насиченому водою стані m_2 . Формула для розрахунку:

$$V_0^{24} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100\% \quad (3.4)$$

де m_1 -маса зразка в сухому стані, г ;
 m_2 -маса зразка через 24 години зволоження, г ;

5. Частину зразка зволожують до вологості яка обумовлена цілком експериментів та витримують протягом 12 годин в умовах вологого повітря в ексікаторі для рівномірного розподілу вологи по об'єму зразка. Перед дослідом зразок виймають з ексікатора та при необхідності підсушують до досягнення зразком маси, що відповідає заданій вологості. Маса зразка на початку досліду визначається за формулою:

$$m_{zi} = \frac{(W_{oi} + 100) \times m_i}{100}, \quad (3.5)$$

де m_{zi} -маса i -го зразка (г), зволоженого до об'ємної вологості W_{oi} (%)
 m_i -маса i -го зразка в сухому стані (г).

6. Досліджуваний розчин заливають до ексікатора, та поміщують до нього зразки-пластинки таким чином, щоб вони були повністю занурені у розчин. Ексікатор щільно закривають кришкою, змащенею мастилом та витримують в темному прохолодному місці протягом 24 годин.

7. Насичені розчином зразки виймають з ексікатора та одразу ж зважують, визначаючи масу в насиченому гідрофобізуючим розчином стані m_4 .

8. Масу поглиненого зразком гідрофобізуючого розчину можна визначити за формулою:

$$m_{\text{погл}} = m_4 - m_3, \text{ г} \quad (3.6)$$

Об'єм цього розчину складатиме:

$$V_{\text{роз}} = m_{\text{погл}} \times \rho_{\text{роз}}, \quad (3.7)$$

де $\rho_{роз}$ -густина гідрофобізуючого розчину відповідної концентрації, г/см³(див. розділ “Приготування гідрофобізуючих розчинів”).

9. Об'ємне поглинання гідрофобізуючого розчину зразком за 24 години буде складати:

$$E_o^{24} = \frac{V_{роз}}{V_{зр}} \times 100\%, \quad (3.8)$$

де $V_{роз}$ - об'єм розчину, який був поглинений зразком за 24 години см³;
 $V_{зр}$ об'єм зразка, см³.

10. Зразки підсушують при кімнатній температурі протягом 12 годин, а потім поміщують до сушильної шафи, де висушують до сталої маси при температурі +60⁰С.

11. Для кожного зразка мікроскопічним методом визначають крайові кути змочування θ :

- на зовнішній поверхні зразків $\theta_{зов}$, град;

-на пробі порошку, що висвердлена із зразка $\theta_{пор}$, град;

Пробу порошку отримують шляхом висвердлювання зразка в декількох місцях. Отриманий порошок ретельно перемішують та просівають на ситі №016 для відділення крупних часточок. Для вимірювань крайового кута необхідна проба масою 10-20 г.

12. Із зовнішніх граней зразків на наждачному крузі знімають поверхневий шар товщиною 1-2 мм. Поверхню очищають щіткою від пилу та поновлюють номер зразка. Визначають масу сухого зразка із знятим поверхневим шаром m_5 (г).

13. Всі зразки поміщують до ємності з водою та витримують там протягом 24 годин. Після цього визначається об'ємне водопоглинання зразків у гідрофобізованому стані за 24 години $B_{ог}^{24}$ (%):

$$B_{ог}^{24} = \frac{(m_6 - m_5)}{m_5} \times 100\%, \quad (3.9)$$

де m_5 -маса сухого зразка із знятим поверхневим шаром, г ;

m_6 -маса зразка через 24 години насичення водою, г ;

$\rho_{цс}$ - середня густина сухої цегли, г/см³ ;

14. Якщо крайовий кут змочування на пробі порошку визначити неможливо, то зразок треба розрізати навпіл та визначити крайовий кут змочування на центральній частині поперечної перерізу зразка $\theta_{зр\ddot{z}}$, Град.

15. Визначають відносні показники розчинопоглинання та водопоглинання в гідрофобізованому стані.

а) відносне розчинопоглинання:

$$B_o^{відн} = \frac{B_{zo}^{24}}{B_o^{24}} \times 100\%, \quad (3.10)$$

де B_o^{24} -об'ємне водопоглинання зразка за 24 години, %;

B_{zo}^{24} -об'ємне поглинання гідрофобного розчину за 24 години, %.

б) відносне водопоглинання в гідрофобізованому стані:

$$B_o^{г\ddot{d}р} = \frac{B_{ог}^{24}}{B_o^{24}} \times 100\%, \quad (3.11)$$

де B_o^{24} -об'ємне водопоглинання гідрофобізованого зразка за 24 години, %;

$B_o^{г\ddot{d}р}$ -об'ємне водопоглинання негідрофобізованого зразка за 24 години, %;

3.3 Методика дослідження впливу напору ін'єкційного розчину та вологості цегли на його поглинальні властивості та якість гідрофобізації

1. Готують ін'єкційний розчин заданої концентрації, для якого досліджуються поглинальні властивості та якість гідрофобізації. Концентрація розчину обумовлена висновками з результатів попередніх експериментів (дослідження впливу складу розчину).

2. Виготовляють дослідні зразки зі звичайної глиняної цегли (див. рис.3.3). Кожен зразок нумерується. Кількість дослідних зразків обумовлена планом експериментів. Методика виготовлення наступна:

2.1. Звичайну глиняну цеглу розбивають на дві половини;

2.2. В центровій частині кожної половинки просвердлюють отвір діаметром 8 мм та глибиною 60 мм;

- 2.3. Просвердлений отвір розсвердлюють до діаметру 15мм на глибину 30 мм;
- 2.4. До меншого отвору щільно вставляють металеву трубку діаметром
- 2.5. 8 мм та довжиною 200 мм,
- 2.6. Простір між великим отвором та трубкою щільно затрамбовується цементно-піщаним розчином (цемент марки ГІР-11 -швидкороздучий водонепроникний цемент). Через 1 добу, коли розчин набере марочну міцність, зразки готові до використання.
3. Зразки висушують в сушильній шафі при температурі 60-70 °С до сталої маси та охолоджують до кімнатної температури. Визначають масу кожного зразка в сухому стані m_1 , г.
4. Для кожного зразка за допомогою штангенциркуля визначають лінійні розміри та розраховують об'єм зразка $V_{зр}$, см³. Середню густину сухого зразка визначають за формулою:

$$\rho_{цс} = \frac{m_1}{V_{зр}}, \text{ г/см}^3 \quad (3.12)$$

16. Для кожного зразка визначають об'ємне водопоглинання за 24 години V_0^{24} ,%. Для цього всі зразки поміщують до ємності з водою та витримують там протягом 24 годин. Після водонасичення визначають масу зразка в насиченому водою стані m_2 . Формула для розрахунку:

$$V_0^{24} = \frac{(m_2 - m_1) \times \rho_{цс}}{m_1} \times 100\% \quad (3.13)$$

- де m_1 -маса зразка в сухому стані, г ;
 m_2 -маса зразка через 24 години зволоження, г ;
 $\rho_{цс}$ - середня густина сухої цегли, г/см³ ,

5. Частину зразків зволожують до вологості яка обумовлена планом експерименту та витримують протягом 12 годин в умовах вологого повітря в ексикаторі для рівномірного розподілу вологи по об'єму зразка. Перед дослідом зразок виймають з ексикатора та при необхідності підсушують до досягнення зразком маси, що відповідає заданій вологості. Маса зразка на початку дослідів визначається за формулою.

$$m_{zi} = \frac{(W_{oi} + 100) \times m_{fi}}{100}, \quad (3.14)$$

де m_{zi} -маса і-го зразка (г), зведеного до об'ємної вологості W_{oi} (%)
 m_{fi} -маса і-го зразка в сухому стані(г).

6. Монтують дослідну установку конструкції, зображеної на рис. 3.3 . Установка складається з резервуару для інекційного розчину (півторалітрова пластикова пляшка), з'єднуваного з шлангу та шлангу подачі повітря, а також вентиля та гумового наконечника.



Рис. 3.3. Схеми установки для дослідження ін'єкційних властивостей цегли.

1- резервуар для розчину; 2-розчин гідрофобізатора; 3-трубка для подачі повітря;
 4-трубка для подачі розчину, 5-дослідний зразок; 6- вентиль; 7-гумовий наконечник.

7. Гідростатичний напіс розчину h обумовлюється планом експериментів. До резервуару наливають гідрофобізуючий розчин в кількості 0,5-1 л. Гумовий наконечник вставляють до металевої труби дослідного зразка. Для запобігання випаровуванню вологи із зразків, кожен зразок поміщують до поліетиленового пакету. Пакет щільно зав'язують та відкривають вентиль ін'єкційної установки.

8. Насичення зразків відбувається протягом 24 годин. За цей час візуально контролюють протікання процесу насичення та в разі необхідності усувають протічки рідини, заліплюючи щілини пластиліном. В разі необхідності в резервуар доливають ін'єкційного розчину.

9. Після насичення гідрофобним розчином, закривають кентиль установки виймають із зразка трубку подачі розчину та одразу ж зважують зразок, визначаючи його масу в насиченому гідрофобізуючому розчині стані m_4 .

10. Маса поглиненого зразком гідрофобізуючого розчину можна визначити за формулою:

$$m_{\text{погл}} = m_4 - m_3, \text{ г} \quad (3.15)$$

Об'єм цього розчину складатиме:

$$V_{\text{роз}} = m_{\text{погл}} \times \rho_{\text{роз}}, \quad (3.16)$$

де $\rho_{\text{роз}}$ - густина гідрофобізуючого розчину відповідної концентрації, г/см³ (див. розділ "Приготування гідрофобізуючих розчинів").

11. Об'ємне поглинання гідрофобізуючого розчину зразком за 24 години буде складати:

$$B_o^{24} = \frac{V_{\text{роз}}}{V_{\text{зр}}} \times 100\%, \quad (3.17)$$

де $V_{\text{роз}}$ - об'єм розчину, який був поглинений зразком за 24 години см³;

$V_{\text{зр}}$ - об'єм зразка, см³

12. Зразки підсушують при кімнатній температурі протягом 5 діб, а потім поміщують до сушильної шафи, де висушують до сталої маси при температурі +105-110 °С.

13. Кожен зразок свердлять в декількох місцях. Проби порошку, отримані від кожного зразка, ретельно гомогенізують та просіюють на ситі №16 для відділення крупних часточок. Крайовий кул змочування проби порошку $\theta_{\text{пор}}$ визначають мікроскопічним методом за методикою, що наведена в п. 4.1.

14. Всі зразки охолоджують до кімнатної температури, поміщують до ємності з водою та витримують там протягом 24 годин. Після цього визначається об'ємне водопоглинання зразків у гідрофобізованому стані за 24 години $B_{ог}^{24}(\%)$:

$$B_{ог}^{24} = \frac{(m_6 - m_5) \times \rho_{\text{вс}}}{m_5} \times 100\%, \quad (3.18)$$

де m_5 - маса сухого зразка із знятим поверхневим шаром, г ;

m_6 - маса зразка через 24 години насичення водою, г ;

$\rho_{цс}$ - середня густина сухої цегли, г/см³;

15. Визначають відносні показники розчинопоглинання та водопоглинання зразками в гідрофобізованому стані:

а) відносне розчинопоглинання:

$$P_o^{відн} = \frac{P_o^{24}}{B_o^{24}} \times 100\%, \quad (3.19)$$

де B_o^{24} - об'ємне водопоглинання зразка за 24 години, %;

P_o^{24} - об'ємне поглинання гідрофобного розчину за 24 години, %.

б) відносне водопоглинання в гідрофобізованому стані:

$$B_o^{відр} = \frac{B_{ог}^{24}}{B_o^{24}} \times 100\%, \quad (3.20)$$

де B_o^{24} - об'ємне водопоглинання гідрофобізованого зразка за 24 години, %;

$B_{ог}^{24}$ - об'ємне водопоглинання негідрофобізованого зразка за 24 години, %;

3.4 Визначення питомого опору керамічної цегли

Визначення електричних характеристик проводимо на цеглі глиняній звичайній. Визначаємо показники середньої густини та водопоглинання за стандартними методиками [16].

1. Цеглу висушують до постійної маси. За допомогою лабораторних вагів визначають масу цегли в сухому стані. Згідно рис. 3.4 свердлять 4 пари отворів в ложковій площині цеглини:

2. В кожний отвір вводимо залізні електроди (із цвяхів діаметром 3 мм) довжиною 50 мм і створюємо надійний контакт за допомогою глиняно-цементного розчину із цеглою і електродом. Виступаючі частини електродів



Рис 3.4 Схеми дослідного зразка з розташуванням отворів

обмазуємо густим мастилом (солідол) для запобігання їхньому окисленню.

3. Цеглину витримують одну добу на повітрі з метою твердіння розчину. Визначаємо її масу і заносимо результат випробування у журнал. Після цього проводять насичення цегли протягом 48 годин та визначаємо масу насиченої водою цегли.

4. Для кожної пари електродів визначають міжелектродний опір вологої цегли R_i ($i=1,2,3,4$).

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} \left(1 + \frac{U_i}{I_i R_v} \right), \quad (3.21)$$

де U_i - напруга на клеммах зондів, в; I_i - сила струму, що протікає через міжелектродний простір, А; R_v - внутрішній опір вольтметра, кОм.

Міжелектродний опір визначають за допомогою метода вольтметра-амперметра за нижченаведеною схемою:



Рис. 3.5 – електроди – зонди; 2 – вольтметр; 3 – амперметр; 4 – джерело змінного струму (ЛАГ).

Прилади: Вольтметр змінного струму; ($R_v = 370 \text{ кОм}$) і ампервольтметр.

Результати визначення показників електроструму для кожної пари електродів заносимо до табл. 3.1 та визначаємо середній опір міжелектродної ділянки.

Визначаємо питомий опір цегли за формулою:

$$\rho = \frac{\pi \times R_{cp} \times h}{l \times \ln \frac{r}{r_0}}, \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (3.22)$$

де R_{cp} – середній опір цегли між електродами, Ом;

h – глибина занурення електроду, м;

r – радіус електрода, м;

l – відстань між електродами, м.

Політ цеглу ставлять на стіл вертикально і витримують одну годину. За цей час вона підсихає і змінює свої властивості. Таким чином проводять випробування цегли до досягнення нею вологості 1, 2%.

Визначаємо абсолютну об'ємну вологість цегли за формулою:

$$W_o^{abc} = \frac{(m_w - m_c) \cdot \rho_m}{m_c \cdot \rho_c} * 100\% \quad (3.23)$$

де m_w ; m_c – маси відповідно вологого і сухого зразка, г;

ρ_m – середня густина цегли, $\text{г}/\text{см}^3$

За отриманими експериментальними даними будемо тарировальну криву залежності питомого опору цегли від її вологості. Тарировальна крива будується за зразком, наведеним у [9].

3.5 Визначення вологовіддавальних властивостей цегли

1. Беремо звичайну глиняну цеглу та висушуємо до постійної маси при температурі 105-110 °С і визначаємо її масу в сухому стані m_1 , кг.
2. Цеглу кладуть у ванну з водою на 24 години. Потім цеглину виймають і протирають вологою тканиною та зважують. Водопоглинання цегли за масою визначаємо за формулою:

$$B_m^{24} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \cdot 100\% \quad (3.24)$$

3. Цеглина встановлюється на тичкову площину на стіл в місці, куди не падають сонячні промені. Визначають за допомогою психрометра температуру $t_{пр}$, °С і вологість приміщення W , %.
4. Судиння цеглини в повітряно-сухих умовах пробоїться протягом 6 годин. Після чого визначають масу цегли m_3 , кг.
5. Вологість цегли визначаємо за формулою

$$W_m^c = \frac{(m_3 - m_1)}{m_1} \cdot 100\% \quad (3.25)$$

6. Швидкість поглинання з 1 м² площі цегли визначаємо за формулою

$$V_u = \frac{(m_2 - m_3)}{\tau \cdot A_{вип}}, \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2) \quad (3.26)$$

де m_2 – маса зволоженої цегли, кг; m_3 – маса цегли після сушіння, кг;
 τ – тривалість сушіння, с; $A_{вип}$ – площа випаровувача цегли, м².

Досліди проводяться на одному зразку не менше трьох разів. За результат приймається середнє арифметичне значення. Аналогічні досліди можна проводити на силікатній цеглі та зразках бетону.

3.6 Визначення величини капілярного потоку, що поглинається цеглою

1. Цеглу висушують до сталої маси при температурі 105-110 °С і визначаємо масу цегли m_1 , кг з точністю до 1 г.
2. У кювету, в яку налита вода кладуть цеглину постіллю до дна. Вода повинна бути на рівні половини товщини цегли. Зверху на цеглу насипають шар дрібного піску товщиною 3 мм. На шар піску встановлюють дослідну цеглину

тичковою частиною. Дослідний зразок накривають міцю поліетиленовою плівкою. Схема проведення досліду наведена на рис. 3.6.



Рис. 3.6. Схема дослідної установки для визначення капілярного потоку

1. дослідний зразок; 2. Поліетиленовий пакет

3. Тривалість досліду складає 12 год.ін. Після цього знімають поліетиленову плівку і виймають цеглину із установки. Поверхню цегли очищують щіткою від піску та визначають масу капілярного зволоження цегли m_2 , кг.

4. Капілярний потік через 1 м^2 поперечного перерізу цегли визначаємо за формулою

$$q_k = \frac{(m_2 - m_1)}{\tau \times A_{\text{пор}}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \quad (3.28)$$

де m_1 – маса насиченої водою цегли, кг, m_2 – маса цегли після сушіння, кг τ – тривалість капілярного насичення, с; $A_{\text{пор}}$ – площа поперечного перерізу цегли, м^2 .

3.7 Дослідження сушіння цегляних стін постійним струмом

1. Зразок цегли на якому визначалась залежність питомого опору від її вологості обладнується двома рядами електродів. Електроди виготовлені із графіту розміром 60х6х2 мм, до яких прикріплювалася мідна клема і припаювався з'єднувальний мідний дріт. З'єднання покривалося компаундом епоксидної смоли та висушувалося на протязі 24 годин. Схема пристрою наведена на рис. 3.8.

2. На відстані 40 та 70 мм від тичкової площини цегли в постелі цегли



Рис 3.7 Схема влаштування електрода.

1-графітова пластинка; 2- мідна клема; 3- болт М3; 4- гайка М3; 5- з'єднувальний дріт.

висвердлюють два ряди отворів відповідно до схеми рис. 3.9:



Рис 3.8 Схема розташування електродів на дослідному

3. Готують глиняно-цементний піщаний розчин 1,5:1,0:1,5 та зачиняють водою до необхідної консистенції і ним заповнюють отвори в цеглі та вставляють електроди. Після 2 діб тверднення розчину, зразок готовий до випробувань.

4. Зразок сушать в камері при температурі 60 °С до сталої маси та визначають масу зразка, m_1

- Зразок насичують водою у ванні протягом 24 годин і визначають його масу, m_2 .
- Водопоглинання за сьомом визначаємо за формулою:

$$V_o = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} 100\% \quad (3.22)$$

7. Вимірюємо опір цегли в контрольних точках 1, 2, 3 та 4 за методикою описаною в розділі 3.6 і визначаємо питомий опір водонасиченої цегли, а за тарировальною кривою – її вологість.

8. Цеглу електродами встановлюють на діелектричну підставку в сухе місце, захищене від попадання сонячних променів.

9. Збирають дослідну установку за нижче наведеною схемою



Рис. 3.9 Схеми комутації електродних поясів

10. Установку вмикають та настроюють параметри I та V , що задані в умові експерименту. Протягом всього часу сушіння параметри підтримують на заданому рівні.

11. Кожну годину знімають показники вольтметра та амперметра і заносять до журналу вимірювань та визначають вологість цегли.

12. В ході дослідження ртутним термометром періодично вимірюється температура в міжелектродному просторі.

13. Тривалість дослідження – 4-6 годин.

14. Аналіз одержаних результатів

14.1 Будуємо графік залежності вологості в різних точках цегли від часу сушіння

14.2 Будуємо графік залежності зміни температури зразка від часу

14.3 Будуємо графік залежності міжелектродного простору від часу

14.4 Визначаємо швидкість вологовіддачі нагрітого міжелектродного простору:

Площа міжелектродного простору:

$$A_{мл} = 2\Delta(b+c),$$

де Δ - міжелектродна відстань, м;

c - товщина цегли, м; b - ширина цегли, м.

Швидкість вологовіддачі з m^2 поверхні визначаємо за формулою

$$V_v = \frac{(W_{вл} - W_{ок}) * \Delta * b * c * \rho_{cv}}{\tau * A_{мл}}, \quad (3.30)$$

$$q_e = \frac{(W_{он} - W_{ок}) * \Delta * b * c}{100 * \tau * A_{мл}}, \quad (3.31)$$

якщо є капілярне підсмоктування вологи, то потік q_e буде дорівнювати

$$q_e = q_e + q_k \quad (3.32)$$

q_e - потік електроосмосу розрахований за формулою без врахування q_k

3.8 Приготування гідрофобізуючих розчинів

1. Приготування розчину гідрофобної добавки 135-157М на уайт-спіриті

Витрата компонентів визначається з розрахунку на 1000 мл уайт-спіриту:

1.1 Визначаємо густину 136-157М $\rho_{гкж}$, г/см³;

1.2 Визначаємо густину уайт-спіриту $\rho_{усп}$, г/см³;

1.3 Задаються необхідною масовою концентрацією розчину;

1.4 Визначають масу 1000 мл розчинника:

$$m_p = 1000 * \rho_p, \text{ г}$$

де ρ_p - густина уайт-спіриту, г/мл

1.5 Загальна маса розчину заданої концентрації дорівнює:

$$m = m_p * 100 / (100 - \omega), \text{ г}$$

де ω - концентрація розчину, %

1.6 Визначають необхідну масу 136-157М для приготування розчину заданої концентрації за формулою:

$$m_{ГКЖ} = m - m_p, \text{ г}$$

1.7 Тоді об'єм 136-157М складатиме:

$$V_{ГКЖ} = m_{ГКЖ} / \rho_{ГКЖ}, \text{ мл}$$

Відміряну кількість уайт-спіриту наливають до невеликої (1,5-2 л) місткості та доливають необхідну за розрахунком кількість 136-157М.

3.9 Планування дослідів з використанням математико-статистичних методів.

Математичне планування експерименту — це методологія раціональної організації експериментів на основі математичних моделей, що забезпечує статистично обгрунтоване отримання даних і побудову адекватних моделей процесів.

Основні особливості

- застосування статистичних методів (дисперсійний аналіз, регресійні моделі);
- можливість виявлення основних факторів і їх взаємодій;
- оптимізація кількості експериментів;
- побудова моделей типу $y = f(x_1, x_2, \dots)$ для прогнозування поведінки системи;
- підвищення точності результатів.

В дослідженнях використовувалися математична модель другого порядку при двох змінних факторах. Матриця проведення експериментів наведена в таблиці

3.1.

Таблиця 3.1 - Матриця проведення експериментів

№ досліджу	Матриця планування (x _i)		Взаємодія (x ₁ x ₂)	Результати дослідів (вихід)		
	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	Водопоглинання, %	Кут змочування поверхні, град.	Кут змочування порошку, град.
1	+1	+1	+1			
2	+1	-1	-1			
3	-1	+1	-1			
4	-1	-1	+1			
5	+1	0	0			
6	-1	0	0			
7	0	+1	0			
8	0	-1	0			
9	0	0	0			
10	0	0	0			
11	0	0	0			

Для двофакторного експерименту - рівняння має вид:

$$Y_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 \cdot x_2 \quad (3.32)$$

або

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2$$

Для спрощення записів та послідовних розрахунків верхній рівень факторів позначається символом (+ 1), середній (0), а нижній (- 1).

Вивчення поставленої задачі виконано методами математичного планування експерименту, задача якого полягає в тому, щоб зивчити проблему при мінімальній кількості дослідів.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Кремнійорганічна гідрофобна рідина 136-157М.

Має промислову назву поліетилгідридсилоксанова рідина. «Рідина гідрофобізуюча 136-157М» або ГКЖ 94. Будова її відповідає формулі $[C_2H_5SiHO]_n$, де $n = 10 - 15$.

За фізичними властивостями ця речовина являє собою густе незабарвлене мастило середньої густиною – $0,987 \text{ г/см}^3$. Ця речовина добре розчиняється в органічних розчинниках (уайт-спірит, керосин, толуол) і зовсім не розчиняється у воді та низьких спиртах.

Виготовляється Запорізьким державним підприємством «Кремнійполімер».

4.2 Уайт-спірит

Це суміш легких вуглеводнів, що кипить при температурі $165-200 \text{ }^\circ\text{C}$. Продукт перегонки нафти.

Являє собою легку прозору рідину з характерним запахом. Густина його перебуває в межах $0,640-0,720 \text{ г/см}^3$. Застосовують як розчинник в лакофарбовій промисловості.

4.3 Nano tips® System SAFE екологічно чиста, нетоксична полімерна гідрофобна добавку.

Це суті, позначає конкретну лінійку продуктів, зосереджену на забезпеченні безпечних, високоєфективних рішень для герметизації та стабілізації за допомогою нанотехнологій в будівництві.

Аналізи показали густина приблизно $1,02$ (діапазон згідно з технічним паспортом $1,01 - 1,04$) та рН приблизно $8,9$ (діапазон згідно з технічним паспортом: $8,0 - 10,0$).

4.4 Цегла керамічна еластичного формування

В досліджах використовувалася цегла керамічна повнотіла пластичного формування. Результати випробувань керамічної цегли наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Результати випробувань цегли

№ Пункту ДСТУ Б В.2.7-61	Найменування показників	Значення показників згідно НД на продукцію	Фактично одержані результати випробувань	Нормативний документ на метод випробування, пункт НД	Ділячки засобів вимірювання або методи вимірювань	Заключення щодо відповідності
1	2	3	4	5	6	7
п.4.1.7	Середня густина виробів, кг/м ³	<800 801 – 1000 1001 – 1400 1401 – 1600 > 1600	1800	ДСТУ Б В.2.7-61	±5 г	Відпо- відає
п.4.1.7	За показником середньої густини вироби ділять на п'ять класів	0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.	2,0	-	-	Відпо- відає
п. 5.2.2	Рекомендовані розміри, форми і розташування порожнин у виробі, а також порожнистість виробів	до виробу не відноситься				
п. 5.2.11	Номинальні розміри: довжина, мм ширина, мм висота, мм	250 120 65	248 119 64	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відпо- відає
п. 5.2.11	Відхили від розмірів, мм, не більше: за довжиною за шириною за товщиною	±5 ±4 ±3	2 1 1	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм ±1мм ±1мм	Відпо- відає
п. 5.2.11	Відхили від прямолінійності ребер площинності граней, мм, не більше: за постіллю за ложком	3 4	2 2	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм ±1мм	Відпо- відає

1	2	3	4	5	6	7
п. 5.2.11	Відхили від перпендикулярності суміжних граней, мм, не більше:	3	1	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.11	Відбитості кутів завглибшки від 3 мм до 15 мм, шт., не більше:	4	3	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.11	Відбитості кутів завглибшки більше 15 мм, шт., не більше:	2	2	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.11	Відбитості ребер завглибшки більше 3 мм і завдовжки більше 15 мм, шт., не більше:	2	1	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.11	Відбитості ребер завглибшки не більше 3 мм і завдовжки від 3 мм до 15 мм, шт.:	4	2	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.11	Тріщини завширшки більше 0,5 мм, протяжністю до 30 мм за повною поверхнею цегли, шт., не більше:	2	1	ДСТУ Б В.2.7-61	Ширина тріщин - ±0,1мм; Протяжність - ±1мм	Відповідає
п. 5.2.13	Загалом кількість виробів із дефектами, що перевищують допустимі відхили, включаючи парний половник	не повинна бути більше 5 %	3	ДСТУ Б В.2.7-61	-	Відповідає
п. 5.2.15	Для рядових виробів вапняні включення, які викликають після пропарювання руйнування виробів або їх поверхонь, або відколки на їх поверхні розміром від 5 мм до 10 мм у кількості більше трьох на одному виробі	не допускаються.	Відсутня руйнування виробів, їх поверхонь, відколки на їх поверхні	ДСТУ Б В.2.7-61	±1мм	Відповідає
п. 5.2.16	Випалені вироби за кольором повинні відповідати	кольору нормально випаленого зразка	відповідають кольору нормально випаленого зразка	ДСТУ Б В.2.7-61	-	Відповідає

1	2	3	4	5	6	7
п. 5.3	Границя міцності при стиску: середня для 5 зразків, МПа	15,0	15,7	ДСТУ Б В.2.7-248	±10 Н	Відповідає
	найменша для окремого зразка, МПа	12,5	13,1	ДСТУ Б В.2.7-248	±10 Н	Відповідає
	Границя міцності при стиску: середня для 5 зразків, МПа	2,8	3,1	ДСТУ Б В.2.7-248	±10 Н	Відповідає
	найменша для окремого зразка, МПа	1,7	2,2	ДСТУ Б В.2.7-248	±10 Н	Відповідає
п. 5.4	Відпоглинання рідових виробів, що висушені до постійної маси, повинно бути для повнотілої цегли	не менше 8%	11,2%	ДСТУ Б В.2.7-42	±5 г	Відповідає
п. 5.6	Марка за морозостійкістю	F25	F25	ДСТУ Б В.2.7-42	±2 г	Відповідає
п. 5.7	Маса цегли у висушеному стані повинна бути	не більше 4,3 кг	3,4 кг	ДСТУ Б В.2.7-42	±5 г	Відповідає

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Підбір концентрації кремнійорганічного розчину 136-157M

Підбір концентрації розчину проводимо у відповідності до розділу 4. В якості розчинника використовуємо уайт-спірит.

1. Визначаємо густину 136-157M $\rho_{\text{гкж}}=0,984\text{г/см}^3$.
2. Визначаємо густину уайт-спіриту $\rho_{\text{р}}=0,674\text{г/см}^3$.
3. Витрата компонентів визначається з розрахунку на 1000 мл уайт-спіриту.
4. Визначаємо масу розчинника: $1000 \cdot 0,674=674\text{г}$.
5. Загальна маса розчину концентрації $\omega=4\%$ дорівнює $674 \cdot 100/(100-4)=701\text{г}$.
6. Маса 136-157M для цього розчину : $701-674=28\text{ г}$.
7. Об'єм 136-157M: $28/0,984=28,5\text{мл}$.

Визначені витрати матеріалів заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Витрата матеріалів на 1000 мл уайт-спіриту.

5.2 Дослідження впливу концентрації кремнійорганічного розчину 136-157M та вологості зразків на розчинопоглинання, водопоглинання та крайові кути змочування цегли.

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 4. В якості факторів були вибрані концентрація кремнійорганічного розчину 136-157M і вологість цегли. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.2

Таблиця 5.2

Значення інтервалів варіювання

Досліди проводилися у відповідності з прийнятим планом експериментів. План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.3. Термін насичення зразків 24 години.

Таблиця 5.3 План експериментів та результати дослідів

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ отримані алгебраїчні рівняння розчинопоглинання, водопоглинання, краєвих кутів змочування в досліджуваних межах зміни факторів.

5.2.1 Дослідження впливу концентрації розчину та вологості зразків цегли на крайовий кут змочування поверхні матеріалу

Алгебраїчне рівняння крайового кута змочування поверхні матеріалу

(5.1)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $F_{0,16} < 19,3$.

Аналіз коефіцієнтів регресії.

В аналізі моделі були визначені такі закономірності:

- коефіцієнт при X_1 від'ємний \rightarrow збільшення концентрації зменшує кут змочування;
- коефіцієнт при X_2 додатний \rightarrow збільшення вологості збільшує кут змочування;
- взаємодія X_1X_2 істотна \rightarrow фактори впливають не незалежно;
- значні квадратичні члени свідчать про нелінійність поверхні влітку.

За рівнянням (1) побудовані графіки на рис. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6.



Рис. 5.1 Загальний вид поверхні функції відгуку концентрацію розчину та вологості зразків на значення крайового кута змочування поверхні матеріалу

Аналіз графіку показує що, мінімальне значення кута змочування спостерігається в області середніх значень концентрації розчину ($\approx 5-6\%$) та зниженої вологості цегли ($\approx 2-3\%$).

При збільшенні концентрації розчину ($> 8-9\%$) кут змочування зростає до значень $120-135^\circ$, що позначено жовто-червоними зонами. Високий кут свідчить про зменшення змочуваності.

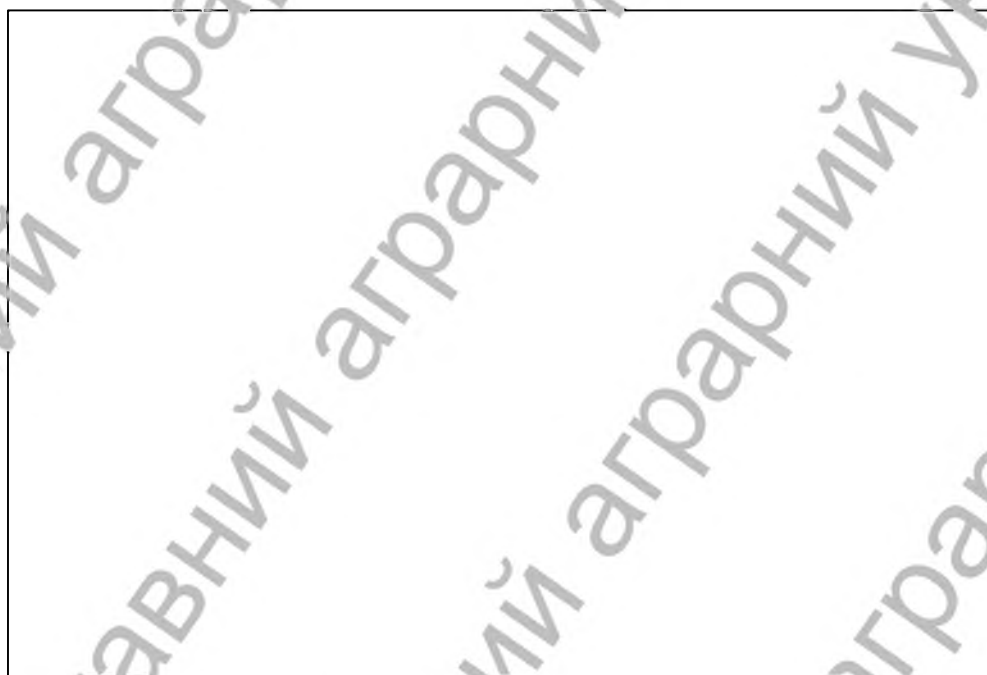


Рисунок 5.2. Золінії поверхні функції відгуку концентрацію розчину та вологості зразків на значення крайового кута змочування поверхні матеріалу



Рисунок 5.3. Карта ефектів Парето для оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії

Аналіз графіку показує що вологість цегли є домінуючим фактором, який визначає зміну кута змочування.

Концентрація розчину також суттєво впливає, але меншою мірою.

Обидва фактори мають нелінійний (квадратичний), вплив, що узгоджується з формою поверхні відгуку

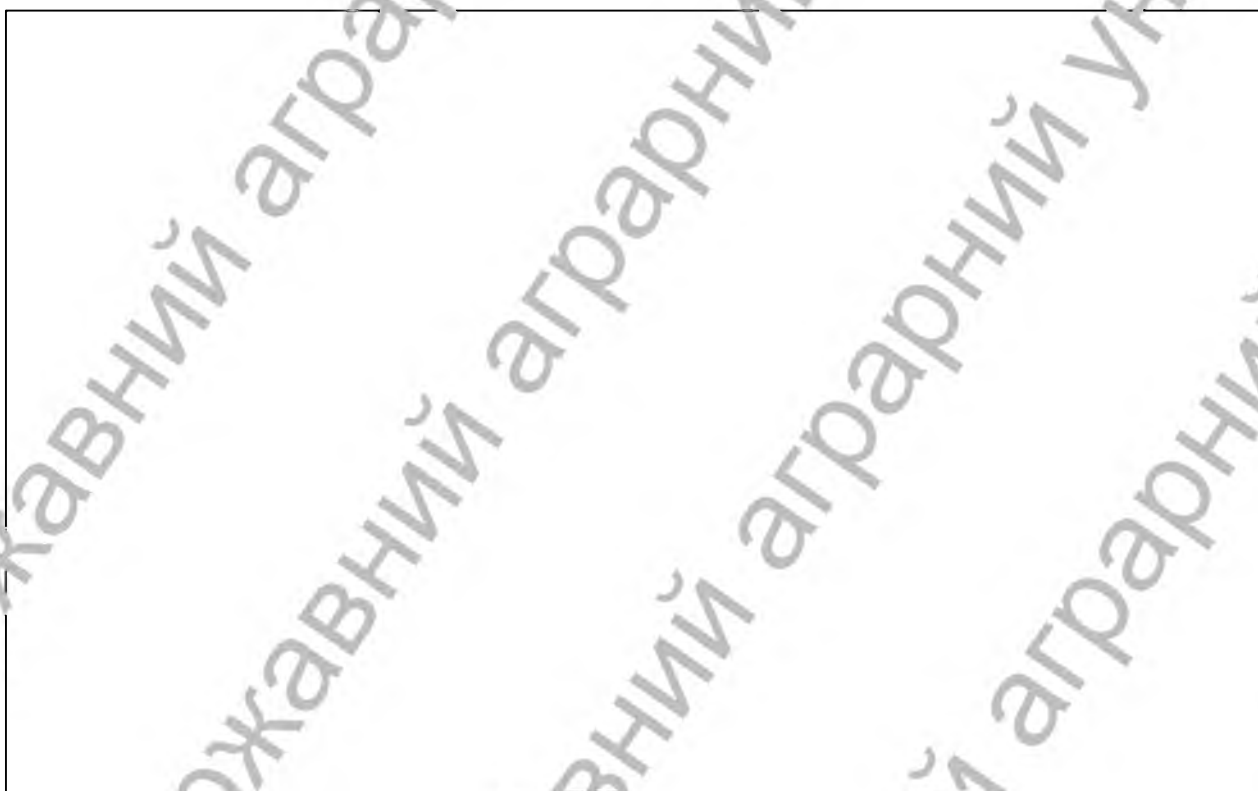


Рисунок 3.4 Діаграма маргінальних граничних середніх довір. інтервал (95 %)

На рисунку представлено залежність кута змочування поверхні від вологості цегли у досліджуваному діапазоні 0–8 %. Показано середні значення кута змочування та похибки вимірювання, які відображено вертикальними лініями похибки.

За вологості 0 %

- Кут змочування становить приблизно 41° .
- Похибка вимірювання є помірною.
- Це базовий рівень змочуваності при відсутності додаткової вологи.

При збільшенні вологості до 4 %

- Кут змочування підвищується до $\approx 120^\circ$.

– Спостерігається різке зростання (близько $+10^\circ$), що вказує на суттєве погіршення змочуваності поверхні.

Подальше зростання вологості до 8 %

– Кут змочування збільшується до $\approx 123-124^\circ$.

– Темп зростання сповільнюється, що може свідчити про наближення до насичення ефекту.

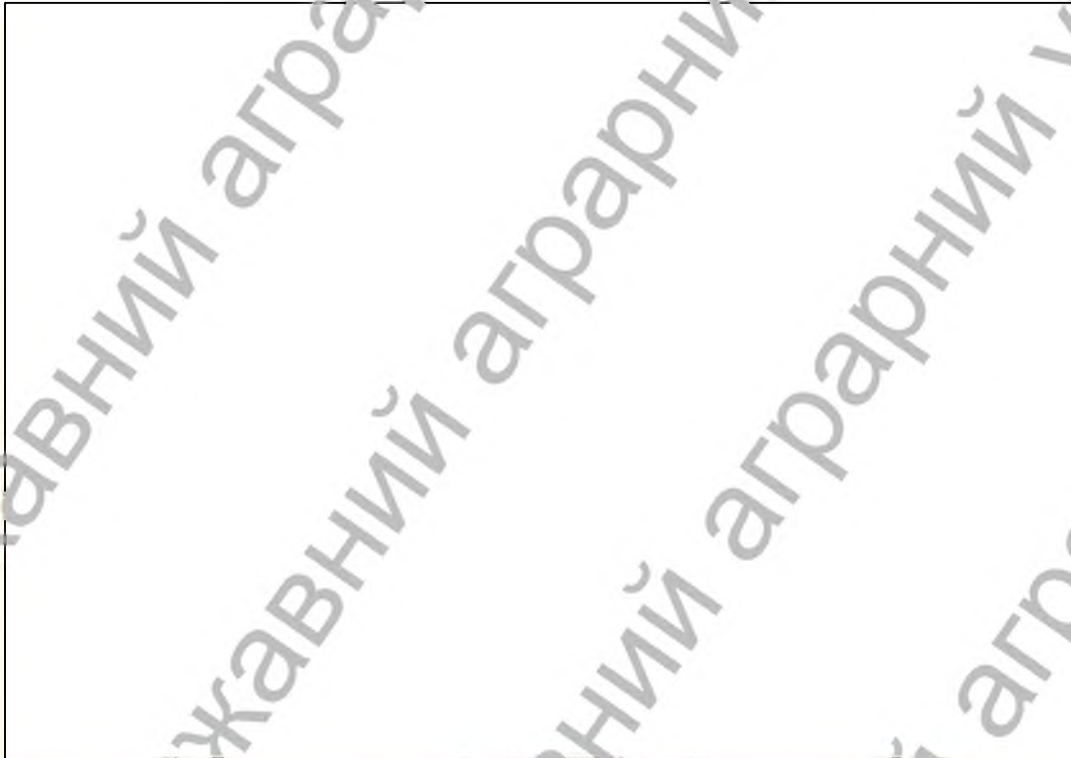


Рисунок 5.5. Діаграма маргінальних граничних середніх і довір. інтервал (95%)

Знайдені оптимуми функції

Мінімум:

$$X_1 = 10,00 \%$$

$$X_2 = 0,00 \%$$

$$Y_{\min} \approx 105,41$$

Максимум:

$$X_1 = 4,00 \%$$

$$X_2 = 8,00 \%$$

$$Y_{\max} \approx 140,82$$

Тобто функція зростає при зменшенні концентрації та збільшенні вологості

(і навпаки).

- при високій концентрації розчину та низькій вологості кут змочування мінімальний → поверхня змочується гірше;
- при високій вологості та низькій концентрації розчину кут максимальний → поверхня змочується краще.

Це узгоджується з фізичною природою процесу.

1. За планом Бокса-Бенкіна отримано адекватну математичну модель другого порядку.
2. Встановлено, що обидва фактори — концентрація розчину та вологість цегли — суттєво впливають на кут змочування, причому з протилежним напрямком впливу.
3. Модель містить значущі квадратичні та змішані члени, що вказує на нелінійність процесів змочування.
4. Побудовані графічні залежності підтвердили наявність чітко вираженого оптимуму.
5. Оптимальні умови процесу визначені як:
 - мінімальний кут змочування при $X_1 = 10\%$, $X_2 = 0\%$;
 - максимальний — при $X_1 = 4\%$, $X_2 = 8\%$.
6. Отримана модель може бути використана для прогнозування параметрів та оптимізації технологічного процесу.



Рис. 5.6 Поверхня і контур бажаності значення факторів експерименту. Метод сплайн-підгонка.

5.2.2 Дослідження впливу концентрації розчину та вологості зразків на крайовий кут змочування порошку

Алгебраїчне рівняння крайового кута змочування проби порошку

$$Y_{\text{к змоч}} = 140,18 - 1,35X_1 - 3,5X_2 + 0,07X_1^2 - 0,83X_2^2 + 0,84X_1X_2 \quad (5.2)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $F_{\text{досл}} < F_{\text{табл}}$.

За рівнянням (2) побудовані графіки на рис. 5.7, 5.8, 5.9.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на крайовий кут змочування поверхні чинить вологість. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіантах рис. 5.4 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільший крайовий кут змочування буде при вологості на основному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільший крайовий кут змочування при максимальній концентрації розчину. На рис. 5.6 показано, що найменший крайовий кут змочування буде при максимальній вологості зразків. Зразок порошку при цьому втрачає гідрофобні властивості (кут стає меншим за 90°).

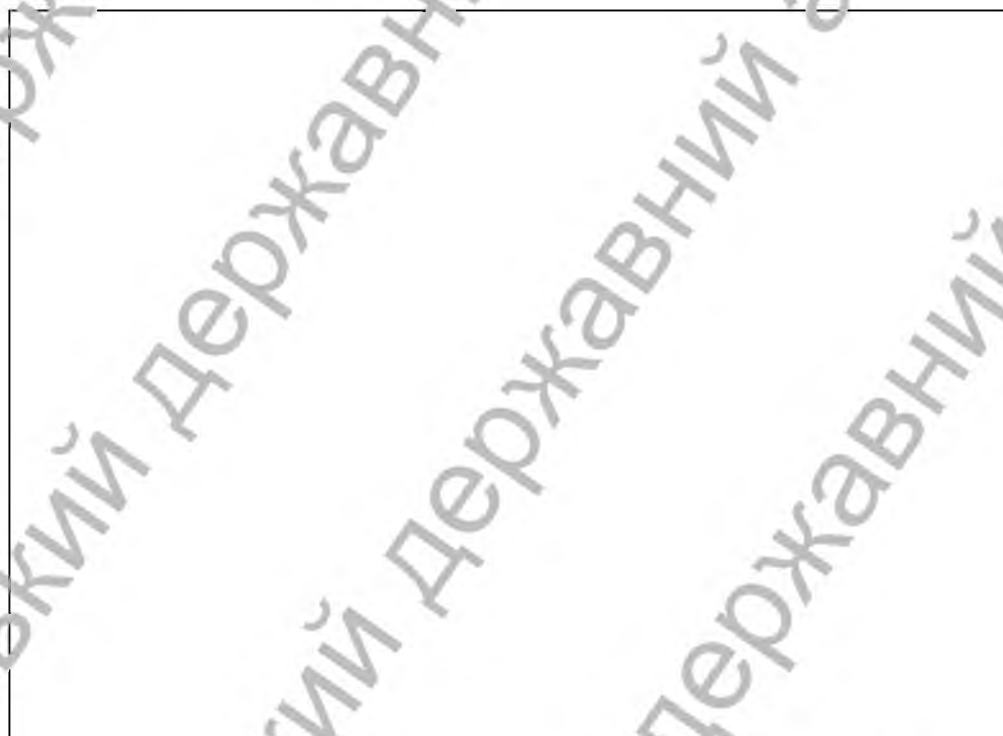


Рис. 5.7 Загальний вид поверхні функції відгуку концентрацію розчину та вологості зразків на значення крайового кута змочування для проби порошку



Рисунок 5.8 Ізолінії поверхні функції відгуку концентрацію розчину та вологості зразків на значення крайового кута змочування для проби порошку

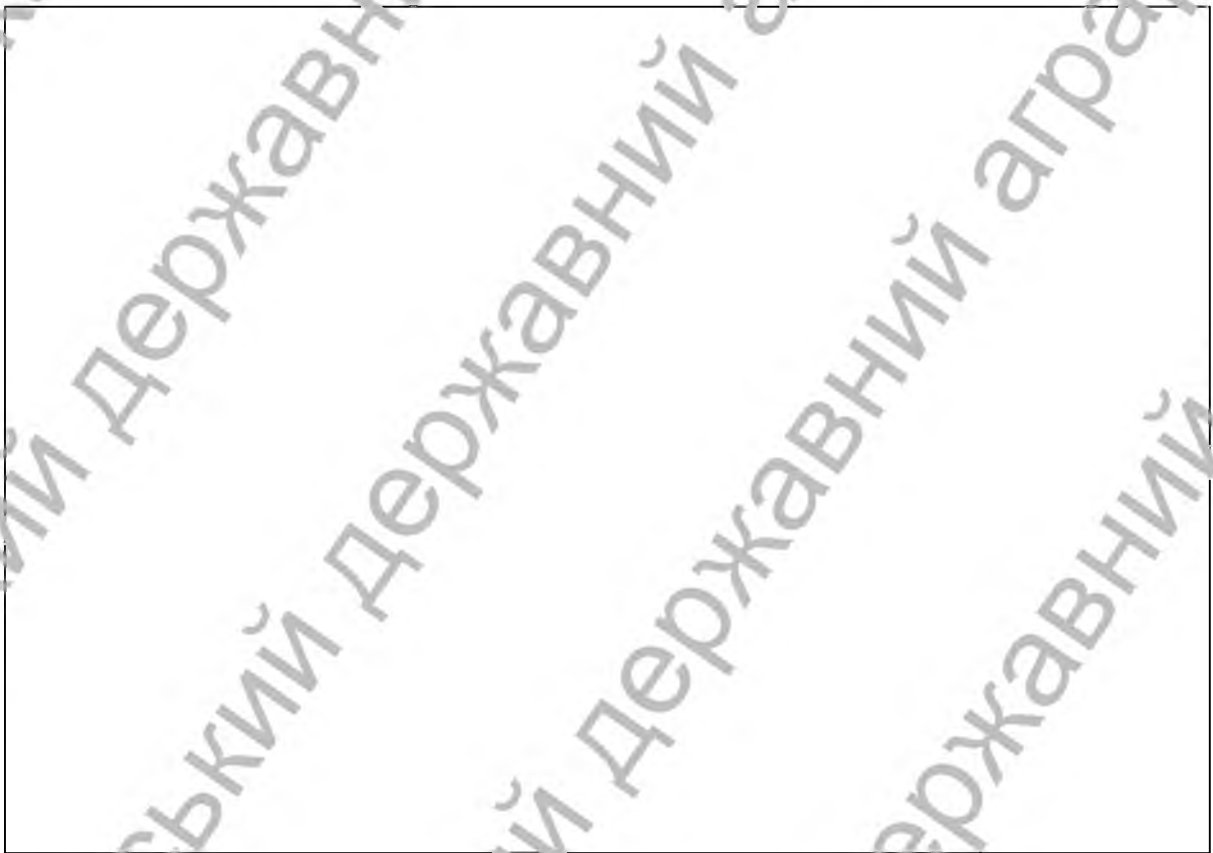


Рис. 5.9 Передбачувані і бажані значення факторів експерименту

5.2.3 Дослідження впливу концентрації розчину дошки 136-157М та вологості зразків з цегли на відносне водопоглинання матеріалом в гідрофобізованому стані.

Алгебраїчне рівняння відносного водопоглинання:

(5.3)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $3,55 < 19,3$.

За рівнянням (3) побудовані графіки на рис. 5.10, 5.11, 5.12.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на відносне водопоглинання матеріалу в гідрофобізованому стані чинить вологість. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.10 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найменше водопоглинання при знаходженні вологості на основному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найкраще водопоглинання при максимальній концентрації розчину. На рис. 5.12 показано, що найбільше водопоглинання в гідрофобізованому стані буде при максимальній концентрації розчину та максимальній вологості зразків.

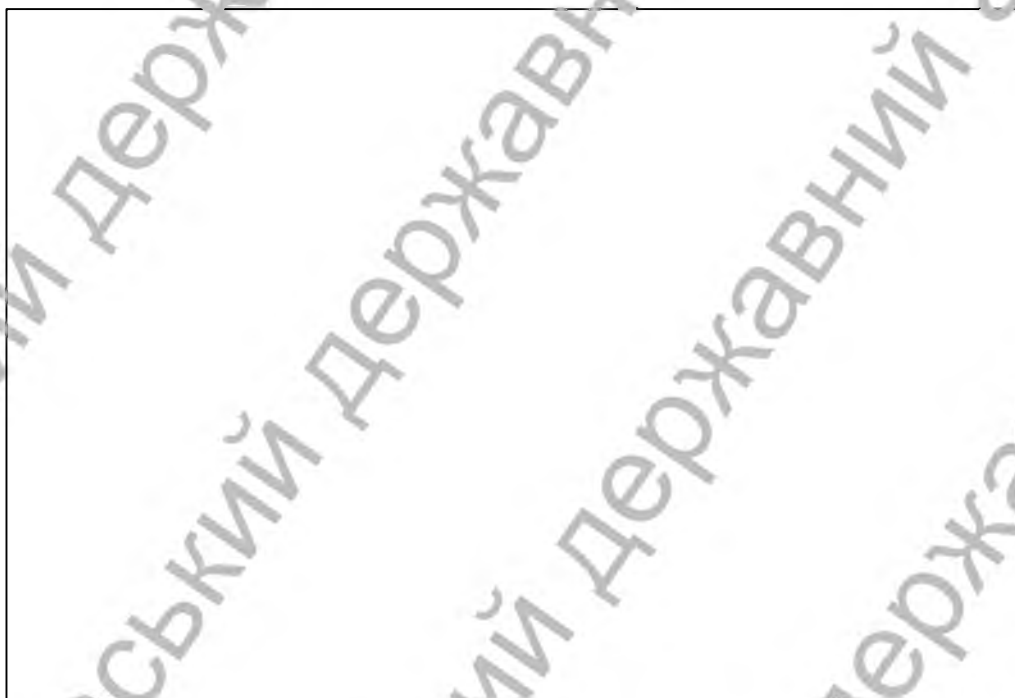


Рис. 5.10 Залежність відносного водопоглинання зразків цегли в гідрофобізованому стані від концентрації розчину 136-157М та вологості цегли.



Рис. 5.11 Залежність відносного водопоглинання зразків цегли в гідрофобізованому стані від концентрації розчину 1.6-157M та вологості цегли.



Рис. 5.12 Залежність відносного водопоглинання зразків цегли в гідрофобізованому стані від концентрації розчину 1.6-157M та вологості цегли.

5.2.4 Дослідження впливу концентрації гідрофобного розчину та вологості цегли на розчинопоглинання матеріалом цегли.

Алгебраїчне рівняння відносного розчинопоглинання :

(5.4)

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $17,72 < 19,3$.

За рівнянням (4) побудовані графіки на рис. 5.13, 5.14, 5.15

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на відносне розчинопоглинання чинить вологість. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіантах рис. 5.13 показує, що при знаходженні обох факторів на максимальному рівні, поглинання розчину буде на мінімумі. При знаходженні факторів на основному рівні та нижче поглинання розчину при вологості зразків на максимальному рівні. На рис. 5.14 показано, що максимальне розчинопоглинання буде при мінімальній концентрації розчину та мінімальній вологості зразків. В усіх випадках максимальна концентрація розчину дає нижчі показники поглинання розчину, ніж інші.



Рис. 5.13 Залежність розчинопоглинання матеріалом цегли гідрофобного розчину від концентрації добавки та вологості цегли при максимальній концентрації добавки.



Рис. 5.14 Залежність розчинопоглинання матеріалом цегли гідрофобного розчину від концентрації добавки та вологості при середній концентрації добавки.

Мінімальний рівень (-1)

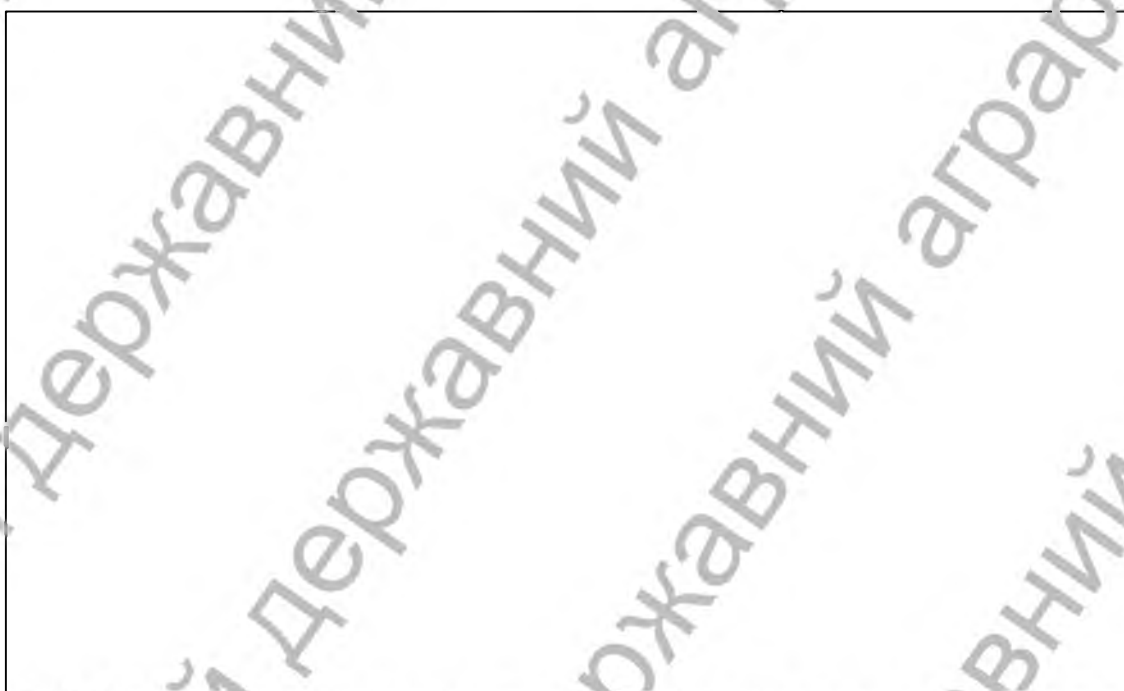


Рис. 5.15 Залежність розчинопоглинання матеріалом цегли гідрофобного розчину від концентрації добавки та вологості при найменшій концентрації добавки.

5.3 Підбір концентрації водної нанодобавки Nanoalps® System SAFE

Підбір концентрації водної добавки проводимо у відповідності до розділу 4.

5.4 Дослідження впливу гідростатичного тиску та вологості цегли на розчинопоглинання нанодобавки матеріалом цегли та його гідрофобізуючу здатність.

Проведення дослідів відбувалося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 4. В якості факторів були вибрані значення напору розчину і вологості цегли. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 Значення інтервалів варіювання

Досліди проводилися у відповідності з прийнятим планом експериментів. План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.8. Термін насичення зразків 24 години



Рис. 5.16 Залежність крайового кута змочування поверхні зразків від концентрації розчину нанодобавки та вологості цегли.

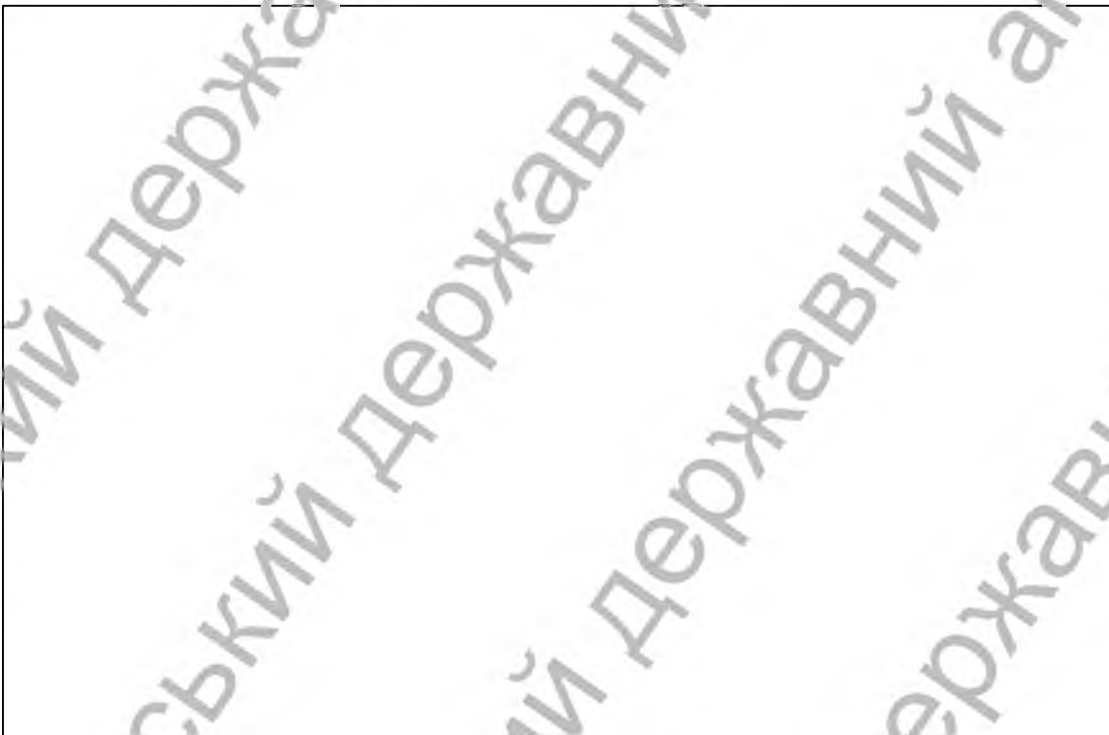


Рис. 5.17 Залежність крайового кута змочування поверхні зразків від концентрації розчину нанодобавки та вологості цегли.



Рис. 5.18 Залежність крайового кута змочування поверхні зразків від концентрації розчину нанодобавки та вологості цегли.

(2,4%). При знаходженні факторів на основному рівні найнижче поглинання розчину при вологості зразків на максимальному рівні. На рис. 5.18 показано, що максимальне розчинопоглинання буде при мінімальній вологості зразків та максимальній концентрації розчину. В усіх випадках зі збільшенням вологості розчиннопоглинання різко зменшується до мізерних значень.

5.6.2 Дослідження впливу напору розчину нанодобавки та вологості зразків на крайовий кут змочування проби порошку.

Алгебраїчне рівняння крайового кута змочування проби порошку зразків:

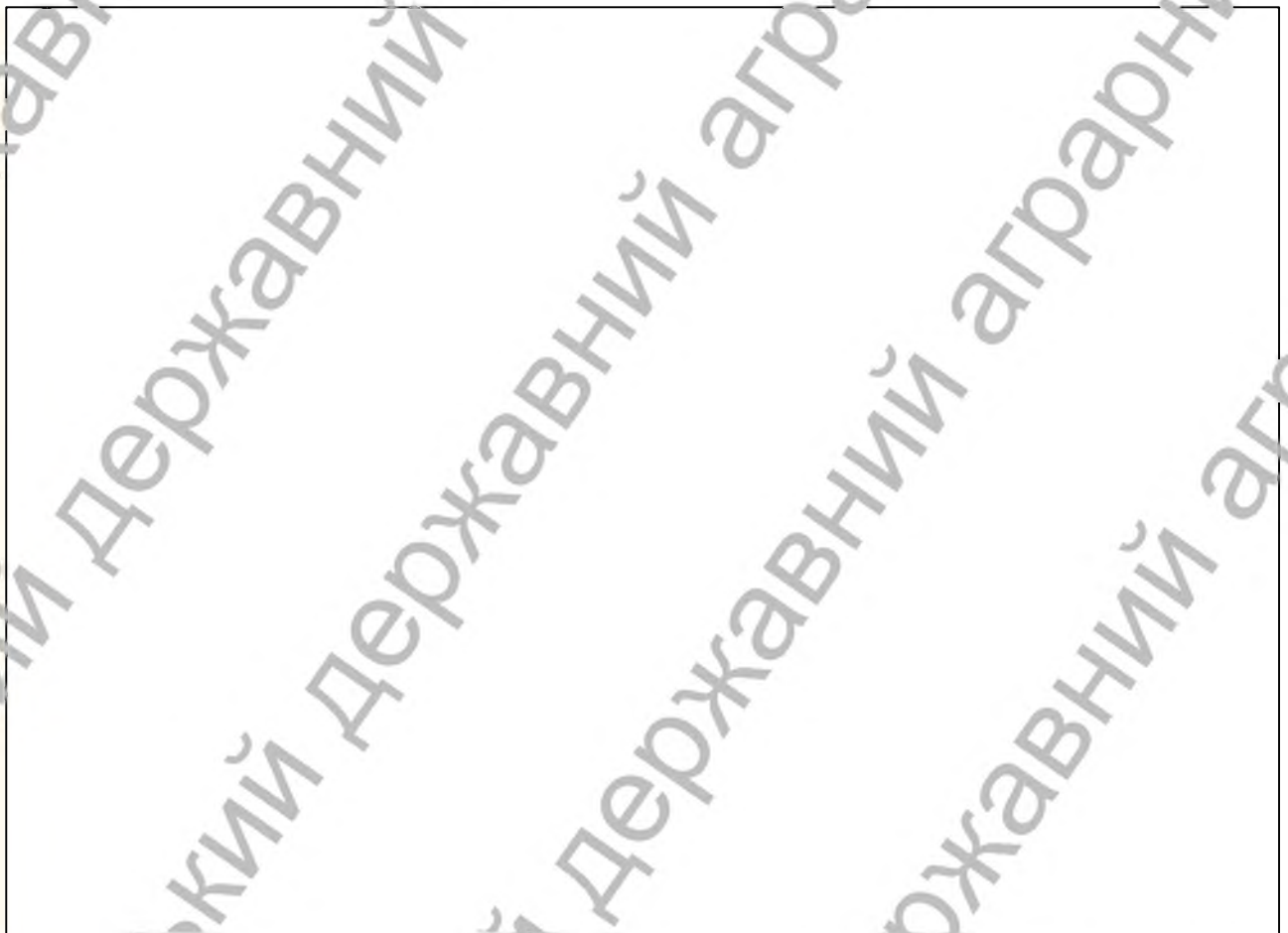
$$(5.6)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання наведеної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $17,15 < 19,3$.

За рівнянням (10) побудовані графіки на рис. 5.19, 5.20, 5.21.

Аналіз рівняння (4) та карт ефектів Парето рис 5.19 показує, що всі коефіцієнти рівняння значимі.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на крайовий кут змочування проби порошку чинить вологість. При збільшенні вологості кут змочування зменшується в усіх випадках. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.19 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільший крайовий кут змочування буде при вологості на мінімальному рівні. Це найбільший показник гідрофобності поверхні для даної серії дослідів. При знаходженні факторів на основному рівні найбільший крайовий кут змочування при максимальному напорі розчину. На рис. 5.21 показано, що при мінімальній вологості зразків зі збільшенням концентрації гідрофобного розчину крайовий кут змочування буде збільшуватися. Мінімальний крайовий кут буде при максимальній вологості зразків та найменшому напорі розчину.



5.19 Карта ефектів Парето для оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії



Рис. 5.20 Загальний вид поверхні функції відгуку впливу тиску розчину та вологості зразків на крайовий кут змочування проби порошку

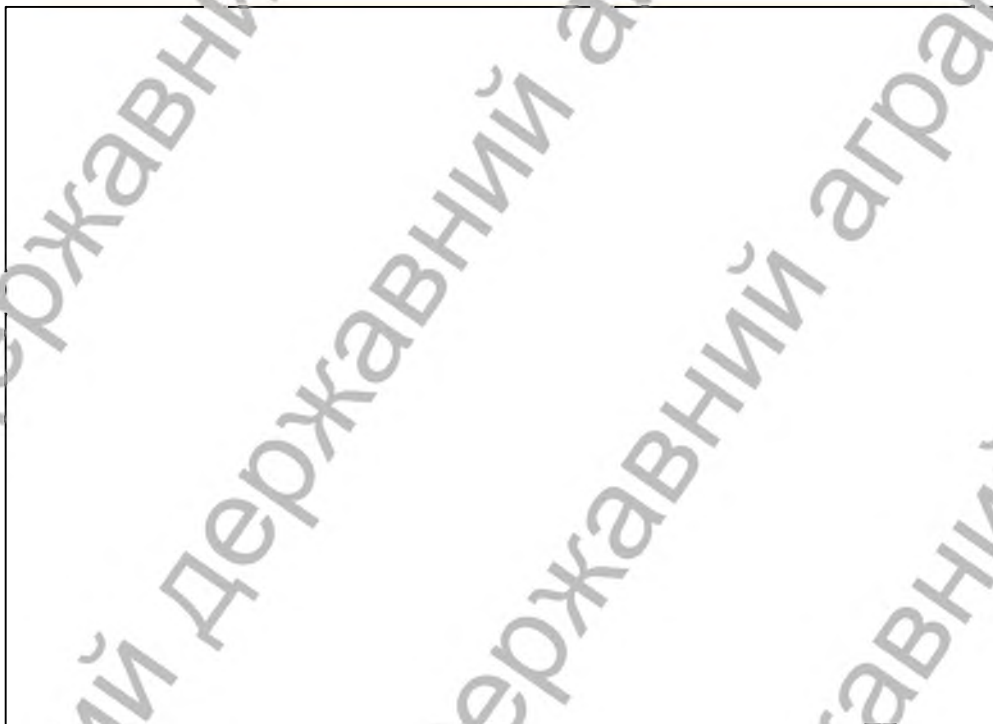


Рис. 5.21 Ізольції відгуку впливу тиску розчину та вологості зразків на крайовий кут змочування проби порошку

5.6.3 Дослідження впливу тиску розчину нанодобавки Nanoalps® System SAFE та вологості зразків на відносне водопоглинання в гідрофобізованому стані.

Алгебраїчне рівняння відносного водопоглинання:

$$25X_1X_2 \quad (5.7)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $9,13 < 19,3$.

За рівнянням (11) побудовані графіки на рис. 5.22, 5.23, 5.24.

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на відносне водопоглинання в гідрофобізованому стані чинить вологість цегли. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.22 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні, найбільше водопоглинання буде при максимальному значенні вологості. Найменше значення водопоглинання на цьому рівні спостерігається при мінімальній вологості. При знаходженні факторів на основному рівні найнижче водопоглинання також при мінімальній вологості (рис.5.23). На рис 5.24 показано, що на мінімальному рівні найбільше водопоглинання в гідрофобізованому стані буде при мінімальному напорі розчину та максимальній вологості зразків. Максимум водопоглинання з усіх трьох рівнів буде спостерігатися на максимальному рівні. Взагалі, напір розчину мало впливає на водопоглинання

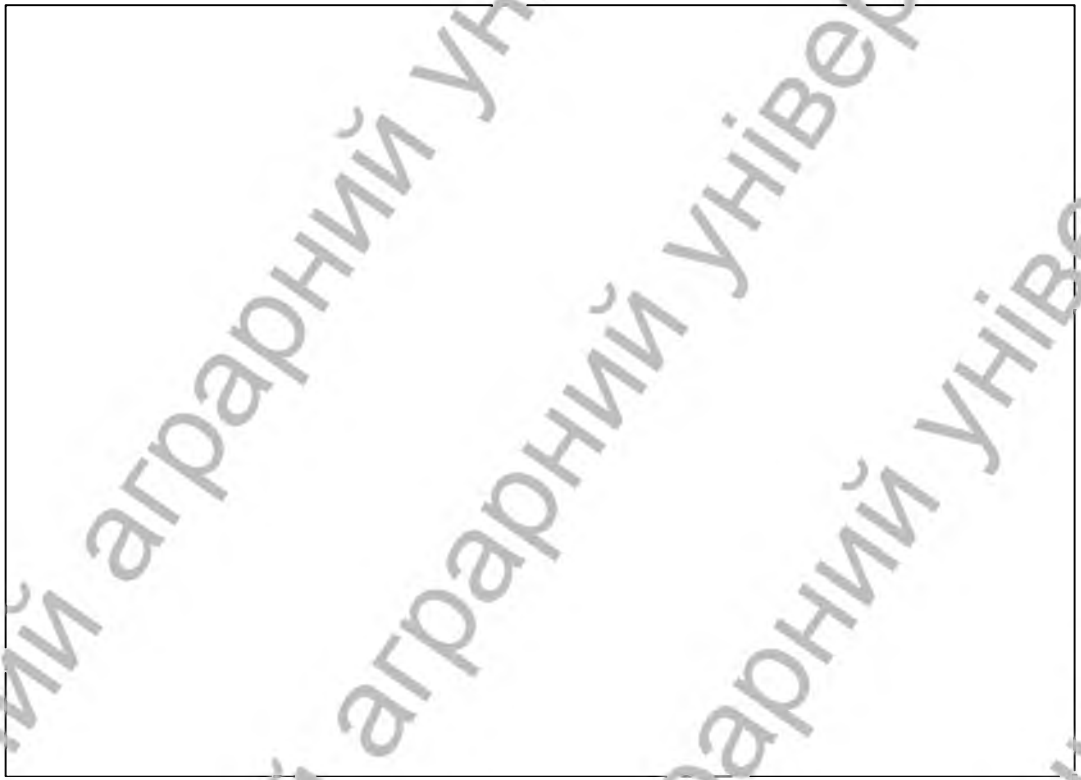


Рис. 5.22 Залежність відносного поглинання розчину нанодобавки Nanoalps® System SAFE зразками від величини тиску та вологості цегли.



Рис. 5.23 Залежність відносного поглинання розчину нанодобавки Nanoalps® System SAFE зразками від величини тиску та вологості цегли.



Рис. 5.24 Залежність відносного поглинання розчину нанодобавки Nanoalps® System SAFE зразками від величини тиску та щільності цегли.

РОЗДІЛ 6

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Технічні засоби та організаційні заходи по упередженню можливої дії на працюючих електричного струму

Технічні заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки діляться на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Для технологічної лінії по виробництву виробів в бетонних тротуарних і епірмованих можна застосувати такі заходи з електробезпеки:

- ізоляцію струмовідних частин (забезпечує технічну іщездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови відсутності фаз з пошкодженою ізоляцією);

– недоступність струмовідних частин (статистичні дані щодо електротравматизму свідчать, що більшість електротравм пов'язані з дотиком до струмовідних частин електроустановок (більше 50%). Якщо в установках до 1000В небезпека електротравм пов'язана, переважно, з дотиком до неізольованих струмовідних елементів електроустановок, то при напрузі більше 1000В електротрави можливі і при дотуку до ізольованих струмовідних частин. Основними заходами забезпечення недоступності струмовідних частин є застосування захисних огорожень, закритих комутаційних апаратів (пакетних вимикачів, комплектних трансформаторних пристроїв, дистанційних електромагнітних пристроїв управління споживачами електроенергії тощо), розміщення

неізолюваних струмовідних частин та недосяжній, для неавторматичного доторкання до них інструментом, висоті, різного роду пристосуваннями тощо, обмеження доступу сторонніх осіб в електротехнічні приміщення),

– блоківки безпеки (блоківки безпеки застосовуються в електроустановках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмовідних частин (випробувальні і дослідні стенди, установки для випробування ізоляції підвищеною напругою), в комутаційних апаратах, помилки в оперативних переключеннях яких можуть призвести до аварії і нещасних випадків, в рубильниках, пусковій апаратурі, автоматичних вимикачах, які працюють в умовах підвищеної небезпеки (електроустановки на плавзасобах, в гірничодобувній промисловості). Призначення блоківки безпеки: унеможливити доступ до неізолюваних струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допустити порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання без попереднього відключення його від джерела живлення. Основними видами блоківки безпеки є механічні, електричні і електромагнітні).

– засоби орієнтації в електроустановках (дають можливість персоналу чітко орієнтуватись при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям. До засобів орієнтації в електроустановках належать: маркування частин електрообладнання, проводів і струмопроводів (шиль), бирки на проводах, забарвлення неізолюваних струмовідних частин, ізоляції, внутрішніх поверхонь електричних шаф і щитів керування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, комутаційні схеми, знаки високої електричної напруги, знаки постійно попереджувальні тощо. Попереджувальні сигнали використовують з метою забезпечення надійної інформації про перебування електрообладнання під напругою, про стан ізоляції та пристроїв захисту, про небезпечні відхилення режимів роботи від номінальних тощо. Світловою сигналізацією обладнуються в електроустановках напругою понад 1000В коміртки роз'єднувачів, масляних вимикачів, трансформаторів. У ввідних шафах

комплектних трансформаторних підстанцій, незалежно від величини напруги передбачається попереджувальна сигналізація станів “Увімкнено” і “Вимкнено”).

Для упередження гольм напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електроударів при замиканнях на корпус є захисне заземлення, зачуження, захисне відключення.

Для лінії по виробництво виробів бетонних тротуарних неармованих було використано захисне заземлення.

Відповідно до стандарту, захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою. Принципова схема функціонування захисного заземлення наведена на рис. 6.1.



Рис. 6.1. Принципова схема функціонування захисного заземлення:

а-електроустановка; б- розподіл потенціалів на поверхні землі в зоні розтікання струму.

При пошкодженні в установці ізоляції фазного проводу 1 (показано стрілкою на рис. 6.1) корпус установки може опинитися під напругою. Якщо людина доторкнеться у цьому випадку до корпусу установки, то це буде майже рівноцінне доторканню до неізолюваного проводу.

При наявності заземлення паралельно людині буде мати місце додатковий струмопровід, і струм замикання на землю буде розподілятися між цим струмопроводом і людиною обернено пропорційно їх опорам, що забезпечує

захист людини від ураження електричним струмом. Крім того, при наявності захисного заземлення має місце розтікання струму в землю, в результаті чого на поверхні землі виникає поле підвищених потенціалів відносно нульового потенціалу землі,

Конструктивно *закисне заземлення* *включає* заземлюючий пристрій і провідник, що з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється — заземлюючий провідник.

Для заземлюючих провідників використовують ізольовані мідні провідники голочним перерізом не менше 4 мм² або сталеві струмопроводи діаметром 5...10 мм. Заземлюючі провідники між собою і з заземлювачами з'єднуються зварюванням, а з обладнанням, що заземлюється — зварюванням або за допомогою гвинтового з'єднання з застосуванням антикорозійних заходів. У виробничих приміщеннях заземлюючі провідники прокладаються відкрито, а обладнання приєднується до внутрішньої магістралі заземлення індивідуально шляхом паралельних приєднань.

РОЗДІЛ 7

Висновки та рекомендації за результатами досліджень

1. Розроблено методику вимірювання крайового кута змочування матеріалів
2. Розроблено установку для дослідження ін'єкційних властивостей цегли
3. Підібрані склади гідрофобізуючих розчинів:
 - Кремнійорганічної добувки 136-157М;
 - Нанодобавки Nanoalps® System SAFE.
4. Досліджено вплив концентрації гідрофобного розчину 136-157М та вологості зразків на розчинопоглинання, волопоглинання та крайові кути змочування цегли. Встановлено, що кут змочування порошку складає 138 град., при концентрації розчину 10% і вологості цегли 4%, що забезпечує гідроізоляцію цегли.
5. Використання в якості гідрофобної рідини нанодобавки Nanoalps® System SAFE показало що кут змочування проби порошку склав 140 град.. Цього достатньо для гідроізоляції цегли. Крім того основною перевагою такого розчину відсутність різкого запаху рідини та безпечність виконання робіт

Список використаних джерел

1. Phillio R. E. *A Method for Analyzing Void Distribution in Air Entrained Concrete*. Unpublished report PCA. Cement, Concrete and Aggregate, 1983, 5 (1).
2. Tattersall G. H. *Workability of Concrete*. London: Cement and Concrete Association, 1976.
3. Яцко Ф. В. Чутливість моделі деградації залізобетонних елементів мостів. Вісник ХНАДУ, 2012, № 58, с. 124–129.
4. **EN 206:2013** Concrete. Specification, performance, production and conformity.
5. Stark J., Wicht, B. *Dauerhaftigkeit von Beton: Der Baustoff als Werkstoff*. Bau Praxis Weimar, 2001, p. 122–144.
6. Guzi S. G., Hela, R., Kirichok, V. I. Rehabilitation of Concrete Surfaces of Hydropower Engineering Structures Deteriorated by Soft Corrosion and Cavitation. *Advanced Materials Research*, 2013, Vol. 688, p. 107–112.
7. Krivenko P. V., Guzi, S. G., Kyrychok, V. I. Geocement-based coatings for repair and protection of concrete subjected to exposure to ammonium sulfate. *Advanced Materials Research*, 2014, Vol. 923, p. 121–124.
8. Киричок В. І. Оптимізація складу геоцементного покриття для захисту бетону від корозії в амонійних солях. Вісник ОДАБА, 2014, № 58, с. 146–152.
9. Krivenko P. V. Alkaline Cements. *Proceedings of the First International Conference “Alkaline Cements and Concretes”*. Kyiv, 1994, p. 11–129.
10. Ілів В. В., Ілів Т. Б. Дослідження проликовості кремнійорганічних рідин у матеріали для отримання вертикальної та горизонтальної гідроізоляції стін. Національний університет “Львівська політехніка”, 2018.
11. Лучко Й. Й., Глагола І. І., Назаревич Б. Л. *Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд*. Львів: Каміньяр, 1999. 229 с.
13. Назаревич Б. Л., Глагола І. І., Лучко Й. Й. Руйнування кам'яних будівель і споруд тривалої експлуатації. Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій, 2002, вип. 4, с. 132–144.

14. Cherevko Y. Vydy hidroizoliatsii. 2019. URL: <https://sanpol.ua/ua/library/tehnologii-gidroizolyatsii/vydy-gidroizolyatsii> (дата звернення: 2025-08-06).
15. Luchko Y. I., Hlahola J. I., Nazarevych, B. L. Metody pidvyshchennia korezinoosti ta dovhovichnosti betonnykh ta zalizobetonnykh konstruktsii. Lviv: Kameniari, 1999.
16. Mohylnychenko V., Korepanova, N., Ovcharenko, B. Hidroizoliatsiia zakhysnykh sporud tsyvilnoho zakhystu. 2019. URL: <https://ns-plus.com.ua/2019/06/12/gidroizolyatsiya-zahysnyh-sporud-tsyvilnogo-zahystu> (дата звернення: 2025-08-07).
17. Nazarevych B. L., Luchko, Y. I. Tekhnolohiia vlastuvannya horizontalnoi hidroizoliatsii v budivliakh staroi zabudovy. Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytvi, 2010, с. 77–89. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/123456789/1245/43.pdf> (дата звернення: 2025-08-06).
18. Davison R. C. The Problem of Waterproofing. Scientific American, 1911, 104(11): 213–291. URL: <http://www.jstor.org/stable/26006410> (дата звернення: 2025-08-06).
19. Oliver A. Dampness in Buildings. 2nd ed. London: Blackwell Science, 1997.
20. Risse W. B. Water in Buildings: An Architect's Guide to Moisture and Mold. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.
21. Schmidt H. Historische Bauwerksabdichtungen — Traditionelle und neuzeitliche Maßnahmen zum Schutz gegen Bodenfeuchtigkeit und zur Trockenlegung feuchter Wände. Bautechnik, 1999, 76, 581–598. DOI: 10.1007/Bafe.199903790.
22. Michette M., Lorenz R., Ziegert C. Clay barriers for protecting historic buildings from ground moisture intrusion. Heritage Science, 2017, 5, 31. DOI: 10.1186/s40494-017-0144-3.
23. ДБН В.2.2-28:2010 Будівки і споруди. Будівни адміністративного та побутового призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 75 с.

24. ДСТУ-Н Б В.2.6-145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні умови (ГОСТ 31384-2008, NEQ). Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 64 с.
25. ДБН В.1.2-14:2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 48 с.
26. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 52 с.
27. ДСТУ EN 1504-2:2022 Вироби і системи для захисту й ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, контроль якості та оцінювання відповідності. Частина 2 Системи захисту поверхні бетону (EN 1504-2:2004, IDT).
28. Semko O. et al. Moisture protection of structures adjacent to the ground in historic buildings. *Academic Journal Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2022, 2(57), 53–58. DOI: 10.26906/znp.2021.57.2535.
29. Kubal M. *Construction Waterproofing Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1999.
30. Henshel J. *The Manual of Below-Grade Waterproofing Systems*. New York: John Wiley, 2000.
31. Fedeev, N. *Construction Art. A Manual for Technical Schools*. Gosizdat, 1930.
32. Довідник архітектора, Т. IX. Будівельні матеріали / ред. Попов Н. А. Київ: Вид-во Академії архітектури, 1950.
33. Довідник майстра-будівельника / ред. Казачек Г. А. 2-ге вид. Київ: Держвиддав 1950.
34. *Technical Specifications for the Performance and Acceptance of Construction Works Section XII. Works on the Arrangement of Waterproofing*. Ministry of Housing and Civil Construction of the Ukrainian SSR. Kyiv, 1953.
35. Filonenko O. et al. Improving waterproofing properties in the wall basement area by injection method. *Academic Journal Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2019, 2(53), 122–127. DOI: 10.26906/znp.2019.53.1902.

36. Семко О. В., Філоненко О. І., Юрін О. І., Магас Н. М., Руденко В. В., Ільченко Т. М. Ретроспективний аналіз конструкції гідроізоляції стін для визначення основних напрямів відповідних реставраційних робіт. // Academic journal. Industrial Machine Building. Civil Engineering. — 2023. — № 2 (61). — С. 69–75. — DOI: 10.26906/znp.2020.60.3558 — URL: <https://journals.nuppu.edu.ua/znp/article/download/3558/3243/5175>

(дата звернення: 2025-08-12).