

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **« Дослідження впливу золи-виносу на склад і реакційну здатність пуцоланового цементу»**

КРМ.192 БЦмд_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
Бублей Роман Едуардович
Керівник: Попович Н.М.

Полтава 2025 року

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1	5
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	
1.1 Загальні відомості про пуцолановий цемент.....	5
1.2. Класифікація зол	6
1.3 Використання золи-вищю в якості компонента сухих будівельних сумішей	9
1.4 Застосування золи, як в'язучого	15
1.6 Методи управління структуроутворенням в'язучих речовин	20
1.7 Способи прискорення твердіння бетону.....	21
1.8 Висновки з розділу	33
РОЗДІЛ 2	
МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
РОЗДІЛ 3	
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	35
3.1 Планування експерименту	35
3.2. Визначення нормальної густоти цементного тіста.....	38
3.3. Визначення термінів тижіння.....	38
3.4. Визначення характеристик міцності на стиск.....	39
РОЗДІЛ 4	42
ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	
4.1 Портландцемент	42
4.2 Вода.....	43
4.3 Техногенна мінеральна добавка	43
РОЗДІЛ 5.....	44
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	
5.1. Виготовлення зразків	44

5.2	Визначення термінів тужавіння цементного тіста з використанням техногенної мінеральної добавки	45
5.3	Визначення міцності зразків на стиск.....	54
5.4	Визначення прискореного вилугування зразків	66
РОЗДІЛ 6	70
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	
6.1	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів.....	70
6.2	Технічні засоби і організаційні заходи із усунення дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	71
6.3	Заходи пожежної безпеки у цеху.....	66
РОЗДІЛ 7	92
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93

Загострення економічних проблем України, що спостерігається в наш час, потім технологій переробки відходів шлаками ТЕС, які б забезпечували можливість отримання здорового середовища проживання людини. Наразі використовують загальний підхід до таких сировинних виробів. Існують різні методи їхньої переробки, які реалізують повною мірою потенційні властивості сировини.

Згідно із сучасними світовими тенденціями все більшого значення набувають композиційні цементні матеріали, які розглядаються як альтернатива

50

більшого

широкої гами

будівельних матеріалів.[2]

... концепції максимального

... них зол як сировини для

... за своїми властивостями

... екологічної та економічної

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні відомості про пуцолановий цемент

Пуцолановий цемент – це гідравлічне в'язуче, яке виходить шляхом сумісного помелу не тільки портландцементного клінкеру, а й гіпсу з гідравлічною добавкою. Також отримують пуцолановий цемент в результаті змішування цих же компонентів, коли здійснюється їх роздільний помел.

Пуцолановий цемент у складі обов'язково повинен мати як мінімум 20% мінеральних добавок. Найчастіше як активні мінеральні добавки використовують вулканічні породи – туф (20 – 40%), трас, паливні золи, обпалену глину. Також це можуть бути породи осадового походження – діатоміт або попіл. Залежно від активності мінеральної добавки визначається кількість, яка вводиться в матеріал. Чим більш висока активність добавки, тим менша кількість потрібна для того, щоб зв'язати гідроксид кальцію, що виділяється під час гідратації цементу.

На сьогоднішній день є такі марки пуцоланового цементу, як 200, 250, 300, а також 400 і 450. Експлуатаційні властивості пуцоланового цементу безпосередньо залежать від того, які характеристики має добавка. У зв'язку з цим маркування пуцоланового цементу нерідко може вміщати такі назви, як пемзовий, трепельний, глізж-портландцемент, що відображає добавку, що використовується у виробництві матеріалу. [2]

Від звичайного цементу пуцолановий відрізняється тим, що має більш високу стійкість до корозії, сульфатним водам. Також матеріал дуже морозостійкий, показує хорошу стійкість твердіння, менше тепловиділення під час твердіння. Пуцолановий цемент володіє меншою питомою вагою завдяки тому, що в ньому містяться легкі мінеральні добавки, що підвищують вихід цементного тіста. При використанні в якості добавок діатоміту або трепелу зменшується водовідділення цементу.

Найчастіше пуцолановий цемент різних залізобетонних та бетонних підводних або підземних споруд і зводяться наземні конструкції поступатися за характеристиками зимове бетонування, ніж цементу.

ють під час виготовлення товуються в ітаті бно ітвса

Найбільш пуцолановий цемент 80% портландцементу а також не підвищену міцність Сильніша міцність

х итляді мкового сновному

на:

неплавку (більше 1500°C).

За способом видалення розрізняють:

- зола сухого відбору (зола-виносу)
- зола мокрого відбору (зола-гідролідавання)

Компоненти зол і шлаків:

- немагнітна мінеральна фракція
- мікросфери алюмосилікатні
- ценосфери
- магнітна мінеральна фракція
- мікросфери магнетитові
- гранули феросиліції

Зола і тваринні викиди містять немагнітні та магнітні фракції. Піділ на такі фракції і їх дослідження виконуються, насамперед, з позицій впливу осадів золи на природу і для цілей визначення напрямків використання золи цих фракцій. Очевидно, що магнітні фракції збагачені залізом в кристалічній магнітній формі (мікросфери магнетитові).[16]

Хімічний склад золи при згорянні вугілля, горючих сланців і торфу - у % (SiO₂ 10 – 65, Al₂O₃ 10 – 40, CaO 0,5 – 45, MgO 0,2 – 6, Na 1 – 10%, K₂O 1,5 – 3) залежить від умов утворення даного палива, технології його спалення тощо. Зола низько зольного торфу, бурого і окисненого вугілля і горючих сланців має підвищений вміст CaO, кам'яне вугілля - переважно алюмосилікатний склад. За величиною співвідношення суми оксидів Fe, Ca, Mg, Na і K до суми оксидів Si, Al, Ti, розділяють на кислі (менше 1) і лужні (більше 1). Зола вугілля в основному кисла, горючих сланців і дерева - лужна. Шлаки використовують в будівництві. Зола застосовується також як заповнювач для бетонів і будівельних розчинів, як домішка (з цеглу), сировина для вироблення асфальтобетону, зольного гравію. Зола-винос в основному складається в мокрих золовідвалах і лише частково використовується в цементній промисловості як сировина і добавка, при виробництві будівельної кераміки, асфальтобетону, золобетону,

випалювального і безвипалювального гравію. Із золи деяких типів вугілля вилучають рідкісні і розсіяні елементи, напр. германій і галій. Зола-винос ТЕС містить до 1 – 5% порожнистих частинок (так звані Деаеросфери), які мають унікальні теплоізоляційні властивості і використовуються для спеціальних теплоізоляційних покриттів, наприклад, у космічній.

Зола вугільна - мінеральна речовина, що залишається після спалювання вугілля при температурі біля 200 °С при доступі повітря. Основні компоненти золи-винос - оксиди кремнію, алюмінію, заліза, кальцію, магнію, натрію, калію. Вторинне значення мають оксиди титану, фосфору, марганцю. За складом золи поділяються на кремністі (вміст SiO_2 40 – 70%), глиноземні (Al_2O_3 30 – 45%), залізисті (Fe_2O_3 20%), вапнисті (CaO 20 – 40%). Основні компоненти золи вугілля: Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO [17]

Хімічний склад та мікроелементи визначаються для встановлення можливості їх попутного вилучення та використання, а також для оцінки токсичності золи.

Зола-винос – зола сухого відбирання, у пилюподібному стані, яка утворюється в результаті спалювання твердого палива. Зола-винос утворюється як результат спалювання твердого палива, потім вона вловлюється електрофільтрами і в сухому стані її відбирають за допомогою золовідбірника на виробничі потреби.[7]

Зола-винос має розміри частинок починаючи від мікрона і до 0,15 міліметра, накопичується вона в електрофільтрах, через які проходять відпрацьовані газів і дим ТЕС. Зола-винос відбирають в сухому стані для виробничих потреб, або найчастіше разом з водою відправляють у відвали.

У насиченому стані близько 700 – 900 кг/м³. Колір від світло сірого до майже чорного, можливо з бурим відтінком.



Рис.1.1 Зола-винос

За якісними показниками золи можна розділити на 4 види:

1 - застосовувані в залізобетонних конструкціях і виробках з легкого і важкого бетону.

2 - для будівельних розчинів і виробів з легкого і важкого бетону

3 - для пористого бетону.

4 - для ж/б конструкцій і бетонів, що працюють у важких умовах (в хімічно агресивному середовищі, при високих навантаженнях (дороги, злітні смуги).

Залежно від кількості оксиду кальцію у складі золи-винос, можна золи поділити на 2 групи:

1. до 10% - кислі.

2. від 10% - основні.

А в залежності від типу палива, з якого отримують золи, їх можна розділити на:

- Антрацитові (з антрациту, полуантрацити і сухого кам'яного вугілля)
- Буровугільні
- Кам'яновугільні [9]

1.3 Використання золи-винос в якості компонента сухих будівельних сумішей

У наш час у всьому світі вугільна енергетика розвивається бурхливими темпами, набагато в джаючи нафтову, газову і тим більше атомну. На вугільних теплових електричних станціях (ТЕС) в світі виробляється близько 40

% загального обсягу електроенергії, в США, Німеччині та деяких інших країнах – близько 70 %, в Китаї, Індії – більше 70 %, Австралії – понад 70 %.

Рівень утилізації золи в пострадянських країнах становив 4 – 5 %, в розвинених країнах - більше 50 %, у Франції, Німеччині - 70 %, в Фінляндії – біля 90 % їх текучого виходу. В основному використовуються сухі золи, розвинені країни на державному рівні стимулювали їх використання. Так в Польщі підвищена ціна під золовідвалів, тому ТЕС доплачують споживачам золи з метою зменшення затрат на їх складування та утримання. У Китаї золи доставляються споживачам безкоштовно, в Болгарії сама зола безкоштовна, в Великобританії діє п'ять регіональних центрів із збуту золи.[18]

Застосування золи і шлаку ТЕС в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів давно отримало наукове обґрунтування та практично підтверджується. Ще в часи існування СРСР були визначені раціональні області використання золи і шлаку ТЕС, розроблені прогресивні технологічні прийоми і процеси виробництва будівельних матеріалів з використанням золи-виносу і шлаку, розроблені нормативні документи, технологічні регламенти.

Дослідження золошлакових відходів в технології виробництва міцрих бетонів в 60-70 роки займалися радянські науковці Волженський А. В., Боженов Г. І., Баранов А. Г., Розенфельд А. А., Галібіна О. А. та інші. Дослідження показали високі ефективність використання золи.

Зола-винос це негорючий залишок із зернами менше 0,16 мм, який утворюється з мінеральної складової кам'яного вугілля при його спалюванні і осаджується з димових газів на фільтрах зололовушних теплових станціях. В залежності від виду палива зола може бути кам'яновугільною, антрацитовою, буровугільною, сланцевою та інш. Відповідно до узагальнених даних оптимальний вміст золи ($\text{кг}/\text{м}^3$), становить для бетону, що пропарюється, близько 150 кг. бетону нормального тверднення – 100 кг. Згідно з відомими рекомендаціями застосування 150 кг золи-виносу на 1 м^3 важкого бетону класів

В7,5-В30 дозволяє заощадити 40-80 кг цементу, при тепловій обробці можна економити до 25 % цементу.

В районах, де відчувається дефіцит в природних заповнювачах для важкого бетону, важливим напрямком є використання золошлакової суміші замість крупного і дрібного заповнювача. На переважній більшості теплових електричних станцій України передбачено місце видалення золи-винос і золошлаків у відвали.

Дослідження, які проводились тривалий час у ВНТУ, щодо використання золошлаків Ладизинської ТЕС в технології будівельних матеріалів висвітлює ряд «скритих» проблем, пов'язаних саме з видаленням цих відходів. Довжина гідротранспортування золошлакової суміші становить 10 км і більше, а використана вода має повертатись для повторного використання, але це потребує додаткових затрат.[18]

При транспортуванні золошлакова суміш виконує функцію абразиву, що приводить до «протирання» металевих труб і підтоплення сільськогосподарських угідь. Виникає необхідність періодичного проведення окремих ділянок трубопроводу для забезпечення рівномірного їх «протирання». Крім того, дослідження показали, що розробка екскаватором золошлакових відходів з відвалу Ладизинської ТЕС та їх погрузка в транспортні засоби для наступного їх використання на заводах бетонних виробів свідчить про значне розшарування цієї суміші при її складуванні. Золошлакові суміші із золовідвалу характеризуються мінливою гранулометриєю та потребують корекції.

Золошлакова суміш для важкого і легкого бетону має відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-211:2009. «Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови». Найбільше поширення отримала суха зола-винос, яка відпускається споживачам для використання як добавка до цементу, керамзиту, глинистої та силікатної цегли, та інших цілей.

На сьогодні в Україні набуло неконтрольованих масштабів використання золи-виносу при транспортуванні цементу, що наносить шкоду споживачу і

виробникам цементу. За даними Української асоціації підприємств і організацій цементної промисловості «Укрцемент» продажі фальсифікованого цементу становлять близько 26 %, Мінрегіонбуд називає цифру 10 – 15 %, окремі експерти озвучують цифру фальсифікації цементу до 50 % від загального об'єму його продажу. Посередницькі фірми закуповують пакетувальне обладнання та цемент за оптовими цінами, пакують його в зручні 25 кг мішки та продають в найзручніших для забудовника місцях. При цьому вартість такого цементу зростає майже в 2 рази. З мовчазної згоди Мінрегіонбуду не створено жодних дієвих механізмів захисту споживача українського цементу від фальсифіката.[18]

Основним споживачем цементу є малі фірми та індивідуальні забудовники, для яких існує складність оцінювання марочності цементу. При фасуванні цементу до його складу вводяться неконтрольовані та не перевірені в лабораторних умовах добавки золи, мінеральних порошоків для виробництва асфальтобетону, старого коткованого і заново розмеленого цементу.

Пріоритетним перспективним напрямком для промисловості будівельних матеріалів України є залучення у виробництво газобетону золи-виносу, обсяги якої будуть і далі зростати у зв'язку зі скороченням експорту природного газу та збільшенням питомої ваги вугілля в енергетичному секторі.[23]

Сухі будівельні суміші (СБС) знайшли широке застосування в сучасному будівництві. За оцінками фахівців їх застосування підвищує ефективність будівельних та оздоблювальних робіт ... 2 рази. Історично одними з перших застосовувалися суші ("гарцовочні") суміші для розчинів кладок, що представляють собою суміш піску та цементу. Сучасні СБС для кладок розчинів - багатокомпонентні системи, що вимагають значного вмісту тонкодисперсних мінеральних наповнювачів. Тому видається доцільним введення до їх складу готових тонкодисперсних продуктів – відходів промисловості, які змогли б замінити дорогі хімічні добавки і продукти, що вимагають попереднього помелу (вапняк), а також зменшити витрату цементу і вапна.

Зола-винос традиційно застосовується при приготуванні бетонних і розчинних сумішей для поліпшення їх будівельно-технічних властивостей та економії цементу. Накопичений досвід дозволив виробити вимоги до золи як компоненту бетонів і розчинів, при яких її використання найбільш ефективно. При введенні до складу розчину зола збільшує його водоутримуючу здатність і рухливість, підвищує міцність і частково заміщає цемент. [26]

Зола, яка застосовується для кладок розчинів, повинна відповідати таким вимогам:

- Втрати при прожарюванні - не більше 15% в антрацитній золі і не більше 5% - у кам'яновугільній;
- Вміст сірчистих сполук у перерахунку на SO_2 - не більше 3%;
- Залишок на ситі № 008 - не більше 15%.

У будівельних розчинах застосовують як суху золу, так і золу гідровидання. У цементних розчинах оптимальний вміст золи рекомендується 100 ... 200 kg/m^3 , при цьому в сухих малцементних розчинах воно становить 30 ... 125% маси цементу, в більш жирних - 40 ... 50%. При витраті цементу більше 400 kg/m^3 введення золи до складу розчину малоефективно. Тонкодисперсна зола може застосовуватися замість частини цементу і піску. Крупнодисперсну золу раціонально застосовувати замість частини піску без зміни витрати цементу..[24]

При застосуванні золи-винос в цементних розчинах необхідна витрата цементу зазвичай знижується на 30 ... 50 kg/m^3 при одночасному поліпшенні легкоукладуваності розчинної суміші. Перевитрата цементу при повній заміні піску золою усувається додавкою невеликої кількості вапняного тіста. При зовнішній заміні піску золою підвищуються деформації усадки в часі і деформації при поперемилому зволоженні і висушуванні. Вони в 2 ... 3 рази вище, ніж у цементно-піщаних розчинах.

У цементно-вапняних розчинах зола можна замінювати частину цементу, вапна або піску. При цьому економиться до 30 ... 50 kg цементу і 40 ... 70 kg вапняного тіста на 1 m^3 розчину без погіршення легкоукладальності і міцності.

Цементно-вапняно-зольні розчини характеризуються вельми низькою розшаровуваністю. Їх застосовують так само як і розчини, без добавки золи, в основному для кладки надземних частин будівель.

У вапняних розчинах застосуванням золи-винесення можливо знизити на 50% витрати вапняного тіста без пониження міцності і погіршення інших властивостей. При заміні 50% вапна подвоєним за масою кількістю золи-винесення досягається не тільки економія вапна, але і підвищується міцність розчину. Без застосування цементу на вапняно-зольному зв'язку можна отримувати розчини марки М25 і вище.

Роль активного наповнювача в сумішах для кладок розчинів може виконувати також вапняно-карбонатний пил (ВКП), вловлюється при випалюванні вапна в обертових печах. Активність пилу за змістом $\text{CaO}_{\text{акт}}$ досягає 30 ... 35%. Застосування ВКП у складі СБС дозволяє замінити вапно і карбонатний порошок, при цьому попередня підготовка пилу полягає тільки в її гасінні. [24]

При додаванні золи-винос до складу пінобетону підвищується агрегативна стійкість замішаної пінобетонної суміші до того, як схопиться цемент. Це не дає під впливом сили тяжіння розшаруватися пінобетонної суміші на більш легкі і більш важкі складові. Також істотно зменшуються усадочні явища, особливо при застосуванні піску з досить великим зерном. Це досягається за рахунок того, що дрібнодисперсний склад золи-винесення покращує упаковку частинок в перегородках між порами. Інакше, якщо в міжпоровій перегородці бракує частинок, то утворені продукти гідратації знаходяться в гелієвому стані. А при висиханні гель дає істотно більшу усадку. А швидко упакована міжпорова перегородка істотно збільшує міцнісні характеристики пінобетону з додаванням золи-винос.

При застосуванні добавок, з урахуванням типу використовуваної золи-винос, пінобетон можна робити з економією цементу до 30%.

Враховуючи особливості застосовуваної золи-винос та цементу, можна поліпшити життєздатність і рухливість бетонної суміші. Зола-винос можна використовувати як заміну частини цементу, заміни частини піску, і як самостійний наповнювач.

Одне з дуже важливих умов виробництва керамзитобетону – відсутність порожнеч між зернами. Значить – потрібен наповнювач легкий, з вмістом мінімум 40% частинок менше \varnothing 15 мм. Відсутність і дефіцит керамзитового піску змушує застосовувати звичайний, що різко погіршує переваги керамзитобетону. Щільність сильно збільшується і падає теплоізоляційна здатність. Зола-виносення здатна виіти цю проблему.

В'яжучі на основі золи можуть знайти найширше застосування там, де схоплювання відбувається при термовологісній обробці. [21]

1.4 Застосування золи як в'яжучого

Зола - виносення досить активна речовина. Може виступати як самостійне в'яжуче, але найкраще її властивості виявляються при спільному використанні з цементом. При подальшій термовологісній обробці виробів, можна максимально використовувати корисні властивості золи - виносення. А це - заміна частини цементу (до 30%), і заміна наповнювача (частково або повністю). Фізико-хімічні властивості золи-виносення залежать від багатьох умов. В основному від виду і особливостей спалюваного палива, способу спалювання, величини помелу палива, температури горіння та ін. При спалюванні палива, відбувається цілий ряд хімічних реакцій, в результаті чого зола-виносення містить у своєму складі силікати, алюмінати і ферити кальцію. Саме вони і здатні до гідратації. Цьому сприяють окис магнію і кальцію у вільному стані, які також містяться в складі.[21]

Останнім часом екологічним аспектам розвитку техніки і технології стали приділяти більш пильну увагу, у зв'язку з чим активно відновилися роботи, пов'язані з питаннями утилізації золь-виносення теплових електростанцій будівельною індустрією. Сучасний комплексний підхід вирішення поставлених

завдань вимагає також додаткової розробки і впровадження ресурсозберігаючих технологій, що передбачають широке використання попутних продуктів промисловості, покликаних істотно скоротити енергоспоживність виробництва цементу без принципової зміни технології.

Велика увага в дослідженні приділялася прибалтійським сланцевим золам. Наприклад, роботи з використання мінеральної частини горючих сланців проводилися з 1924 р, коли тонкоподрібнену золю шарового спалювання почали застосовувати в будівельних розчинах.

Системний підхід у вивченні відходів від спалювання сланців був покладений П.І. Боженова (Лісі), який з 1932 р проводив дослідження з використання золи гдовських сланців, Корровіцем Х.Х. (Інститут будівництва і будівельних матеріалів Академії Наук Естонської РСР), Половим Н.А., Шем'якову В.В. (Інститут комунального господарства, м Ленінград).[27]

З 1944 р в Лісі (СПБГАСУ) проводилися комплексні дослідження проблем використання попутних продуктів промисловості, які підтвердили можливість їх ефективної утилізації будівельної промисловістю. Але необхідно звернути увагу на те, що, незважаючи на позитивний досвід застосування сланцевої золи в якості вяжучого, відзначалися часті явища невдалого її використання, коли виробі і конструкції руйнувалися в результаті зволоження і морозного впливу в експлуатований період.

Найбільш перспективним напрямом, на думку ряду фахівців, є застосування золи як складової частини цементів, що цілком зрозуміло з точки зору рівномірного розподілу часток золи в обсязі цементу. Крім цього пропонується при виробництві бетонів і розчинів частина портландцементу замінювати золю. В цілому, застосування золи у важких бетонах рекомендується у випадках застосування цементу більш високих марок (класів), ніж це необхідно для отримання проектного класу бетону по міцності на стиск; необхідності підвищення щільності бетону і легкоукладальності бетонної суміші; застосування гідротермальної обробки (пропарювання в камерах при

атмосферному тиску і в автоклавах під тиском, електропрогрів, інфрачервоний прогрів) твердіючих бетонних виробів і конструкцій; необхідності зниження теплоти гідратації бетону, що твердіє в масивних спорудах (фундаменти, гідротехнічні споруди).

Однак, незважаючи на позитивний досвід застосування золи в цементній промисловості, досі проблема забезпечення надійності та довговічності виробів і конструкцій, виготовлених із застосуванням цементно-золяних в'язучих, не вирішена повною мірою.[23]

Золу у вигляді тонкодисперсного продукту отримують електростатичним або механічним виділенням твердих частинок з відведених потоків газів, в яких спалюють подрібнений до пилоподібного стану вугілля. Зазвичай зола являє собою частинки з розміром від 5 до 140 мкм і характеризується високим вмістом оксидів алюмінію і кремнезему, що знаходяться переважно в склоподібній фазі. Зміст склофазы в складі золи, залежить від способів спалювання в топкових камерах, визначає її реакційну здатність. Також в золах найчастіше міститься деяка кількість незгорілих часток вугілля, що негативним чином позначається на можливості її використання в цементах.[21]

В цілому будова і склад золи залежить від сукупності причин: виду палива і ступеня його дисперсності, хімічного складу мінеральної частини палива, способу спалювання, температури в зоні горіння, часу перебування частинок в цій зоні, швидкості охолодження, конструкції спалюючих пристроїв і ряду інших чинників. Різноманітність хімічного і мінерального складу зол різних видів твердого палива змушує проводити пошукові дослідження раціонального шляху утилізації для кожного родовиду, при цьому завдання ускладнюються ще й варіабельністю хімічного складу мінеральної частини палива. І навіть при ідеальному технологічному режимі топкових агрегатів проявляється нестабільність властивостей золи, що пояснюється нестійкістю характеристик в одній і тій же партії палива. Так, наприклад, коливання можуть становити для

вугілля 10-30%, а для горючих сланців – 40-60% залежно від горизонту залягання. [23]

1.5 Твердіння бетону

З хімічної точки зору процес твердіння бетону супроводжується таким фізичним явищем: поступове загустіння цементного тесту й виникнення єдиного конгломерату з гідратованих та негідратованих частинок.

Реакція гідратації починається відразу після замішування цементу з водою і вже через кілька хвилин розчин, що заповнює простір між зернами цементу стає перенасиченим відносно сульфату і гідроксиду, що виділяється під час гідролізу аліту (C_3S). Оскільки аліт – основний мінерал портландцементу, то процес гідратації проходить у декілька етапів.

- *період твердіння* – розчинення мінералів цементу у воді і утворення перенасичених нестійких систем.

До першої групи гідратних новоутворень належать: гідросилікат Ca , який утворюється з аліту й беліту.

- *колоїдація (стужавіння)* – характеризується новоутвореннями у колоїдальній системі (гель).

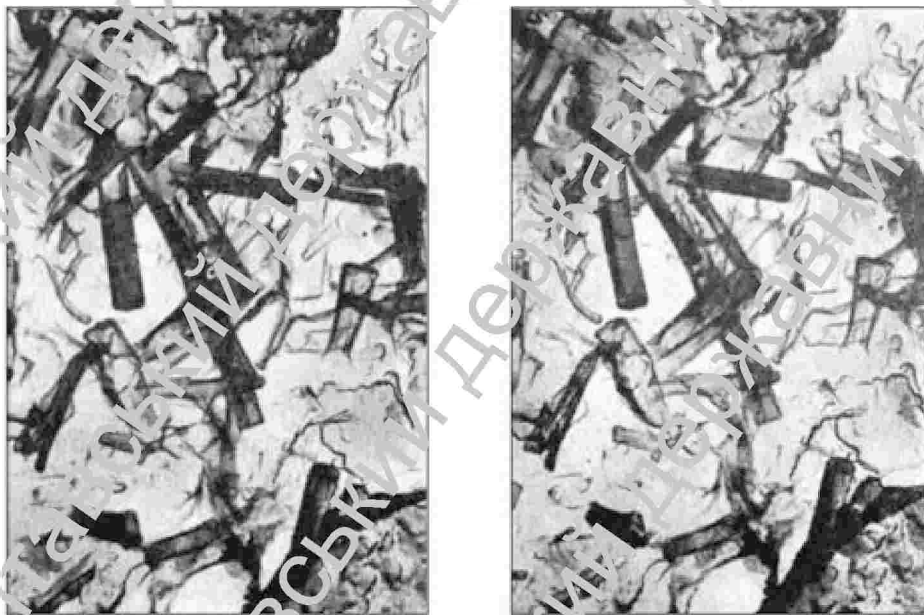


Рис 1.2. Електронна стереомікрофотографія репліки з поверхні відколу каменю C_3S , гідратованого 7 діб (27000:1)

До другого періоду відноситься утворення $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з аліту та беліту. Навколо зерен виникають оболонки з новоутворень, що перешкоджають проникненню води до частинок клінкеру. [4]

У зв'язку з переходом новоутворень у стійку термодинамічну форму відбуваються явища, які супроводжуються зміною сил взаємодії часточок. В середині їх розміщуються крупніші кристалічні новоутворення, що створюють каркас цементного каменю, який пронизує основну масу гелеподібного гідросилікату Са.

Далі настає явище *контракції* (стягування), тобто ущільнення цементного каменя. Кількість вільної води зменшується і настає загустіння цементного тіста й бетонна суміш втрачає рухливість. Цей період називають періодом тужання, - третій етап твердіння.

З наростанням механічної міцності за рахунок ущільнення структури та збільшення її кристалічної фази період твердіння супроводжується явищем *кристалізації*. Тобто перетворення колідної гелевої фази в кристалічну.

Процес твердіння й гідратації триває довгий час, але із затухаючою інтенсивністю. В кінці настає такий період, коли гідратні оболонки навколо зерен цементу стають щільними й проникнення води до центру цементного зерна призупиняється. Тоді і закінчується наростання міцності цементного тіста в бетоні. В результаті частина зерен цементу в ядрі залишається не прогідратованою (30 – 35% від маси цементу).

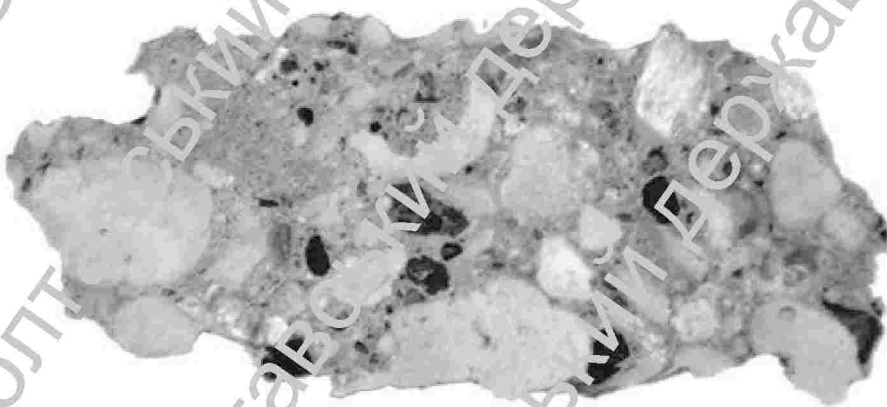


Рис. 1.3. Фрагмент макроструктури бетону

1.6 Методи управління структуроутворенням в'язучих речовин

Серед найбільш важливих факторів, визначаючих міцність в'язучих матеріалів, необхідно відмітити такі: мінералогічний склад цементу; В/Ц; тонкість помелу та гранулометрія цементу; вміст тонкомелених мінеральних добавок; вид та кількість водорозчинних хімічних добавок; спосіб і ступінь ущільнення; умови твердіння (температура, вологість, тиск, хімічний склад середовища); тривалість твердіння; ступінь гідратації; стехіометричний склад новоутворень; мікроструктура, текстура цементного каменя та ін. [5].

До факторів, що суттєво впливають на інтенсивність твердіння бетону відносять:

- марки цементу;
- початковий вміст води замішування;
- різні види добавок.

Активність цементу (марка) залежить від його мінералогічного складу та тонкості помелу. Для одержання швидкотверднучих бетонів рекомендується застосовувати алітово-алюмінатний цемент з кількістю аліту 50 – 55%.

З ростом тонкості помелу цементу прискорюється його твердіння. Оптимальним прийнято вважати помел з поверхнею 4500 – 5000 см²/г. Більш тонкий помел потребує більших енерговитрат, а отже й підвищення активності цементу не окуповується [5].

Зменшення початкової кількості води у бетонній суміші призводить до прискорення твердіння цементного каменя. Але якщо В/Ц < 0,5, то реакція гідратації цементу буде проходити не повністю, що призводить до зниження щільності цементного каменя.

Вважається, що вібраційна та теплова обробка бетону слід виконувати в строго зазначений час, який повинен бути узгоджений з кінетикою росту пластичної міцності та тепловиділення. Утворена в кінці першої стадії структуроутворення холодна структура – найбільш ефективно управляюча

матриця. Вібрування на кінці першої стадії дозволяє підвищити міцність бетону більш ніж на 50% і зменшити проникливість більш ніж в 3 рази.

Технологічні взаємодії на бетонну суміш рекомендується виконувати з урахуванням зміни її електропровідності: наприклад, вібруванню її піддають при максимальній електропровідності. На основі вимірювання електроповерхневого потенціалу масоенергопереносу можливо визначити момент прикладання повторного вібрування і закінчення тепловолотічної обробки бетону [29].

Одним із перспективних способів управління процесами структуроутворення цементних композицій є комплексна взаємодія на компоненти бетонної суміші. Запропоновано видаляти повітря із води замішування та обробляти заповнювач для бетону різинами солей, змінюючи заряд поверхні.

Більше можливостей отримання структур твердіння із заданими властивостями відкриває хімізація технології бетону. В даний час накопичений великий досвід використання різноманітних добавок для підвищення міцності, морозостійкості, водонепроникнення, корозійної стійкості бетону.

Крім добавок, розроблені й використовуються різноманітні хіміко-технологічні прийоми, що дозволяють інтенсифікувати виробництво залізобетонних виробів і конструкцій. До них відносяться теплова обробка при атмосферному та підвищеному тиску, завчасно паро - й електросушіння сумішей, нагрів бетону токами СВЧ, електромагнітна обробка води замішування, ультравукова активація цементу та ін. Найбільш поширені в технології збірного залізобетону із всіх перелічених методів отримати теплова обробка і використання хімічних добавок в бетон.[31]

1.7 Способи прискорення твердіння бетону

Зростання міцності бетону залежить від активності цементу, властивостей матеріалів, що входять до складу бетону, а також температури оточуючого середовища. При температурі 15...20 °С бетон тільки через 7...8 діб набирає 70 %

марочної міцності. З підвищенням температури від 20 до 80 °С тривалість тверднення скорочується у 8...10 разів. Найбільшого прискорення тверднення можна досягти при поєднанні теплового, хімічного та фізико-механічного впливів на бетон.

Можна виділити такі способи теплового прискорення тверднення бетону:

- паропрогрівання насиченою водяною парою в ямних чи тунельних камерах, під ковпаками або при контакті відкритої поверхні виробу з теплоносієм, у термоформах чи касетних установках при прогріванні бетону в д стінок форм за рахунок теплопровідності;
- паропрогрівання в сухому середовищі при температурі до 100 °С і вище (високотемпературне прогрівання) в тунельних, щілинних та ямних камерах;
- прогрівання в середовищі продуктів згоряння газу в камерах різних типів;
- масляне прогрівання в термоформах, касетах, стендах безопалубного формування;
- прогрівання в гарячій воді та термобасейнах;
- електропрогрівання спеціальними нагрівальними пристроями (ТЕНами, КЕНами, кутниково-стержневими нагрівачами) в камерах різних типів;
- електропрогрівання за рахунок виділення теплоти при проходженні струму крізь товщу бетону в спеціальних установках;
- індукційне прогрівання в електромагнітних та електроіндукційних камерах безперервної чи періодичної дії;
- прогрівання з використанням сонячної енергії в камерах і на стендах з світлопрозорими плівковими покриттями.

Прискорює тверднення бетону - хімічний вплив:

- алюмінатно - алітові складові цементу [при наявності у складі цементу трикальцієвого силікату (50 %) та грікальцієвого алюмінату (8...15 %)], що дають змогу через 1...2 доби одержати бетон міцністю до 45 МПа;
- домішки - прискорювачі тверднення на основі солей-електролітів (нітрит-нітрату кальцію та нітрит-нітрат-хлориду кальцію), що прискорюють набирання міцності в ранні строки тверднення.

До фізико-механічних заходів, які впливають на процеси тверднення, належать:

- збільшення тькості помелу цементу;
- застосування ефективних методів ущільнення жорстких та над-жорстких бетонних сумішей;
- використання пре-вакуумних способів формування виробів з пластичних бетонних сумішей, за яких можна видаляти з бетону хімічно не зв'язану воду і повітря.

Уведення ефективних методів формування з використанням швидкотверднучих цементів і добавок - прискорювачів тверднення дає можливість виготовити бетон, міцність якого через добу тверднення в нормальних умовах становить 70% проектної міцності.

Для визначення способу прискорення тверднення виробів слід враховувати вид та технологічні особливості тверднучого бетону, методи формування, типи технологічних ліній виробництва, наявність енергетичних ресурсів.[5]

1.7.1 Тверднення бетону в умовах паропрогрівання

Основним видом теплової обробки виробів є паропрогрівання. При нормальному тиску паропрогрівання здійснюють у камерах безперервної (тунельні, циліндричні, вертикальні) та періодичної (ямні) дії. Якщо відкриті поверхні виробів безпосередньо контактують з теплоносієм, то застосовують насичену пару або пароповітряну суміш. При цьому відносну вологість середовища треба регулювати в межах 30..60 % в період підвищення

температури до 95..100 % і на стадії і
деструктивні процеси.[19]

івання, аби послабити

Загальний цикл тверднення в к

- попереднього витрим
- підвищення температури
- ізотермічно

Попереднє вит

умови для розви

структури бетон

Тривалість

рухливост

1...

по

і

.....М

робів

дення

часному

юмендують

- 10...15°C/год,

год, незалежно від

чин такий режим підвищення

тати ступінчастий режим.

Постійно зростаючий та ступінь підвищення температури недоцільні для попередньо-напруженого бетону. Підвищення температури в силових формах бажано використовувати, оскільки це уповільнює зростання міцності бетону. Для запобігання температурним

Ізотермічне п'ять параметрами: тем

Оптимальна температура портландцементу, шлакопороку, конструктивних елементів про

я

скорочує

на 1...3 год.

охолоджувати камеру за допомогою вентиляторів, очищати очі камери. Допустима температура в камерах 20...30 °С/год. Для

та водонепроникності,

класу бетону, а також для виробів з

опоряджувальними шарами рекомендується знижувати температуру зі швидкістю не більш як $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Швидкість остигання розгалублених виробів зменшується відповідно на $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Вивантажувати вироби з камер можна при температурному перепаді між поверхнею виробів і оточуючим середовищем не більш як $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, щоб запобігти погіршенню структури поверхневого шару бетону.[20]

Для паропрогрівання бетону в термоформах і касетах пару подають у теплові відсіки їх. Бетон нагрівається від стінок теплових відсіків, заповнених паром.

Виготовляючи вироби в касетах, можна здійснювати однобічне і двобічне прогрівання виробів, залежно від розміщення парових та формувальних відсіків.

Попереднє витримування виробів перед тепловою обробкою при прогріванні в термоформах і касетах недоцільне, оскільки замкнуті порожнини формувальних відсіків устачовок створюють сприятливі умови для формування структури бетону, запобігаючи температурним деформаціям. Підвищувати температуру у формувальних відсіках можна зі швидкістю $60\text{...}70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ без побоювання, що станеться обезводнювання бетону, тому що площа відкритої поверхні касет незначна, а в пакетах горизонтальних форм усі площини залізобетонних виробів закриті.

Ізотермічне прогрівання виробів виконують при температурі $90\text{...}95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура стінки теплового відсіку повинна бути не вищою за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ але й не нижчою ніж $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для рівномірного прогрівання виробів по всій площі контакту з паровим відсіком перепад температур по цій площі не повинен перевищувати $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.[20]

Тривалість ізотермічного прогрівання складається з двох періодів: подавання пари в теплові відсіки і термосного витримування після припинення подавання пари. Тривалість цих двох періодів приблизно однакова і залежно від проектної марки бетону та товщини виробів коливається від 3,5 до 5,0 год.

Спеціального охолодження формувальних відсіків при касетному виробництві не вимагається. До кінця термічного витримання температура виробів знижується до 55 °С.

Для збільшення оборотності касетних установок в деяких випадках можна розпалублювати вироби при досягненні бетоном міцності розпалублення (40...50 % проектної міцності), достатньої для виконання транспортних операцій, тобто після 5...8 год прогрівання в касетах. Досягти відпускну міцності можна тепловою обробкою в камерах наступного пропарювання розпалублених виробів протягом 4...5 год при температурі 60°C або витриманням у цеху чи на складі при температурі не нижче 5°C.

При теплової обробці виробів у пакетах горизонтальних термоформ ефективність процесу тверднення підвищується за рахунок надлишкового тиску пароповітряного середовища, яке утворюється внаслідок випаровування вологи з бетону під час прогрівання. Крім того, при прогріванні підтримується зростаюча відносна вологість середовища (50...60 % на стадії розігрівання і 90...95 % при ізотермічному прогріванні). Надлишковий тиск середовища створює всебічне обтискування бетону та запобігає розвитку деструктивних процесів у період підвищення температури. Таку теплову обробку застосовують для виготовлення виробів крупнопанельного домобудування на конвеєрних лініях. Пости теплової обробки комплектують пересувними або стаціонарними пакетувальниками.[32]

Тверднення виробів за пакетною технологією розробленою в УкрНДІ, здійснюється в умовах короткочасного контактної прогрівання протягом 1,5...2,0 год з наступним термічним витриманням, що базується на максимальному використанні ентальпійної теплоти гідратації цементу. При цьому враховується позитивний ефект тиску (0,005...0,007 МПа) на бетон від маси вищерозміщених у пакеті виробів. Тривалість тверднення 8,5 год, з них без підведення теплоти – 6 год.

1.7.2 Технологічні прийоми скорочення тривалості теплової обробки

Тривалість теплової обробки становить 75...80 % тривалості технологічного циклу виготовлення виробів, визначає обсягність форм і, таким чином, суттєво впливає на формомісткість виробництва.

Можливість зниження енерговитрат слід шукати як за рахунок усунення непродуктивних витрат теплоти, так і за рахунок скорочення тривалості теплової обробки.

Великі втрати теплоти пов'язані з остиганням огорджувальних конструкцій камер під час вивантаження та завантаження виробів через циклічність роботи ямних камер прещарювання, а також через те, що немає надійної теплоізоляції стінок та кришок камер і порушується герметичність затворів.

Застосовуючи, різні теплоізоляційні матеріали, можна знизити теплову ємність огорджувальних конструкцій камер і у 1,5 - 2 рази зменшити витрати теплоти на прогрівання виробів.

Економічнішими за енерговитратами є камери безперервної дії. У них витрати пари на 30...40 % нижчі, ніж у ямних камерах.

Непродуктивні витрати теплоти значно знижуються, якщо як теплоносії використовувати електроенергію та продукти згоряння природного газу, оскільки відпадає потреба будувати котельні та паропроводи, де втрати теплоти становлять 50 %.[31]

Зниження відпускнуї міцності бетону у виробих до 50...60 % замість 70 % за рахунок наступного збільшення міцності бетону під час перебування на складі заводу чи будівельних майданчиках дає змогу скоротити тривалість теплової обробки на 3...5 год. Двоетапна теплова обробка сприяє збільшенню оборотності форм та формувальних установок і знижує формо місткість виробництва. Поєднуючи застосування ОШТЦ, добавок-прискорювачів тверднення та зниження відпускнуї міцності чи попереднього розігвання бетонної суміші і зниження відпускнуї міцності, можна скоротити тривалість

теплової обробки на 5...7 год. Прискоренню теплової обробки сприяють способи формування, які дають змогу застосовувати жорсткіші бетонні суміші для утворення щільної структури бетону. Так, формування виробів вібропротягувальними пристроями з використанням бетонних сумішей жорсткістю Ж1, Ж2 прискорює теплову обробку на 3...4 год. При безвібраційному роликовому формуванні тротуарних плиток з жорсткого піщаного бетону тривалість теплової обробки становить 4...5 год.

Важливе значення в економії енергетичних витрат на теплову обробку мають організація виробничого процесу і коефіцієнт змінності виробництва. Безперервність використання теплових установок не допускає їхнього остигання і зберігає частину енергії, яка витрачалась на нагрівання огорожувальних конструкцій і земи. Перспективним напрямом зниження енергоємності виробництва збірного залізобетону є застосування низькотемпературних режимів теплової обробки з врахування теплоти гідратації цементу під час прогрівання виробів.

Ефективною технологією прискорення твердіння плоских плит, розробленою Україною, є безкамерний спосіб, який базується на створенні літучого масиву бетону пакуванням, що дає змогу максимально використати екзотермію цементу в поєднанні з електропрогріванням та «активним термосом». Витрати енергії при цьому знижуються у 2,5 рази.

Принцип використання теплоти тверднучого цементу закладено і в інтенсивно розроблюваний останнім часом спосіб теплової обробки з використанням сонячної енергії.[31]

Оптимальний спосіб теплової обробки слід вибирати, виходячи з умов зниження металомісткості обладнання, тривалості теплової обробки, економії цементу та теплової енергії.

1.7.3 Механічна активація тверднучих систем

Механічна активність цементних розчинів і бетонів заснована на ефекті збільшення міцності та інших фізико-механічних характеристик за рахунок механічних впливів.

В теперішній час усі бетонні вироби виготовляються за вібраційною технологією, згідно якої механічні впливи виконуються в основному одразу після замішування, без урахування фактору часу їх прикладання.

В процесі вібраційної обробки збільшення міцності, густини і водонепроникності бетону відбувається за рахунок видалення бульбашок повітря із нього і компактного розташування часток суміші в об'ємі [31]. При механічному впливі кожна часточка бетонної суміші починає кочуватись, внаслідок чого на межі часточок із дисперсним середовищем відбувається тиксотропне розрідження суміші до стану тимчасової текучості. Ці зміни реологічних властивостей цементних розчинів і бетонних сумішей під впливом механічних коливань, дозволяють досягти їх однорідності, а також збільшити ступінь гідратації цементу.

Однак після закінчення вібрування відбувається контракція об'єму системи цемент - вода і утворюється тиксотропна коагуляційна структура.

Коли складається коагуляційна структура цементного тіста із тиксотропно - зворотніми властивостями при повторному вібруванні або при механічних впливах з після певної витримки, відбувається її ущільнення і утворюється більш міцна структура цементного каменю.

При повторному вібруванні, коли вже склалась коагуляційна структура цементного тіста, молекули води дезорієнтуються, у зв'язку із чим відбувається її перерозподіл, плівки, що огортають, стають тоншими, а інтенсивність сил зчеплення між частинками зростає. В результаті втручання в коагуляційний процес цементного тіста утворюється більш щільна структура цементного каменю.[32]

Отже, ущільнення бетонної суміші вібраванням, або іншими способами доцільно проводити при більш повній сольватації частинок цементу тоді, коли цементне тісто ще здатне проявляти тиксоетропні властивості.

Повторні вібрації дозволяють виникаючим «трі» структуроутворенні внутрішнім напруженням релаксувати і лікувати структурні дефекти, що утворились. Завдання повторних вібрацій полягає в тому, щоб зруйнувати структурні зв'язки, здатні тиксоетропно поновлюватися (типу коагуляційних) і не порушувати структурних зв'язків, не здатних до оборотного поновлення (кристалізаційних). В іншому випадку, разом із релаксацією шкідливих внутрішніх напружень, кількість структурних дефектів і мікротріщин буде збільшуватися, а наявні дефекти - розвиватися.

Вібраційну активацію найбільш ефективно здійснювати наприкінці першої стадії структуроутворення, коли сформований просторовий каркас колоїдної структури [82].

Контракція системи при механічних впливах відбувається більш повно і в значній мірі залежить від частоти і терміну прикладання вібраційних дій. Максимальне ущільнення і збільшення міцності отримані в результаті впливів ультразвуку. Інші механічні дії (струшування, перемішування, вібравання), особливо прикладені у кінці першої стадії структуроутворення також дають високі результати. Рекомендований термін повторного вібравання через 30 хв. після замішування. У той же час Тихоня і Бондар виявили, що гідратація цементу прискорюється при повторному вібраванні зразків через 1,5 – 2 год. після замішування з водою.

Щільність, міцність і інші фізико - механічні властивості бетону залежать в значній мірі від гомогенної суміші, досягає її на стадії її приготування. Рівномірний розподіл в'язкоеластичної складової (цементного гелю) в бетонній суміші ускладнюється процесом коагуляції, що сприяє утворенню мікрошматків, які не підлягають дезагрегації в бетонозмішувачах. Шматки створюють місцеві

"дефекти" і суттєво знижують міцність бетону на ранній стадії твердіння цементного гелю.

Для підвищення гомогенності бетонної суміші було запропоновано перемішувати її в бетонозмішувачі із лопатями, що вібрують. У даному випадку значно збільшується однорідність і на 20 - 80% міцність бетону [32].

На відміну від віброущільнення бетонної суміші, при якому в результаті короткочасного розрідження цементного гелю досягається компактна упаковка всієї твердої фази, при віброперемішуванні спостерігається зворотна дія - розпушити бетонну суміш, щоб більш рівномірно обводнити цементні частинки і розподілити цементний гель між зернами заповнювача. Внаслідок підвищеної гомогенності суміші при віброперемішуванні відбувається інтенсивний ріст міцності вже в першу добу.

Дослідники звертають увагу, що середня густина бетону зростає разом із збільшенням тривалості повторного вібрування. При цьому чим менше в/ц тим менше часу необхідно вібрувати цементний гель для досягнення максимальної середньої густини.

Дещо збільшується відсоток часу, що характеризує початок тужавіння і прискорюється період часу, що відповідає кінцю тужавіння за приладом Віка. Значно скорочується інтервал часу між початком і кінцем тужавіння цементного гелю. Це пояснюють наступним: Інтенсифікація іонообміну супроводжується збільшенням іонів Ca^{2+} , які зерешкоджають ближній коагуляції, у зв'язку із чим відкладається початок тужавіння, цементного гелю. Одночасно відбуваються ретривні процеси, пов'язані із утворенням $Ca(OH)_2$ і насиченням дифузної води іонами мінералів цементу і в першу чергу C_3S і C_4E . Ці явища призводять до прискорення перенасичення існого розчину, тобто до закінчення індукційного періоду, який визначається кінцем тужавіння за приладом Віка.[34]

Слід відмітити, що оптимальний час повторного вібрування, визначений за кінетикою електроопору, не співпадає із початком тужавіння і знаходиться приблизно посередині між ним і кінцем тужавіння.

Деякі спеціалісти на основі досліджень не вважають доцільним віброущільнення бетонної суміші в терміни, які співпадають із початком тужавіння, але це можливо за рахунок використання вібраторів із частотою коливань близько 50 Гц, бажана більш висока частота коливань.

1.8 Висновки з розділу

- 1) Зола-винос є важливим сировинним компонентом для одержання пуцоланового цементу. Застосування золи і шлаку ТЕС в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів давно отримало наукове обґрунтування та практичне підтвердження.
- 2) Протягом багатьох десятиліть світова наукова спільнота наполегливо працює у напрямку суттєвого прискорення робіт на будівництві, де за основний будівельний матеріал виступає бетон.
- 3) В'яжучі на основі золи можуть знайти найширше застосування там, де тужавіння відбувається при тепловологісній обробці.
- 4) Найбільш перспективним напрямком, на думку ряду фахівців, є застосування золи як складової частини цементів, що цілком зрозуміло з точки зору різномірного розподілу часток золи в обсязі цементу. Однак, незважаючи на позитивний досвід застосування золи в цементній промисловості, досі проблема забезпечення надійності та довговічності виробів і конструкцій, виготовлених із застосуванням цементно-золяних в'яжучих, не вирішена повною мірою.

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета: дослідити кінетику змін міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту: концентрації техногенної мінеральної добавки та часу активації суміші компонентів в'язучого.

Задачі досліджень:

1. Підібрати раціональну концентрацію техногенної мінеральної добавки – золи-виносу.
2. Визначення нормальної густоти цементного тіста (НГТ) з техногенною мінеральною добавкою.
3. Дослідити вплив змішування матеріалів у кульовому млині на кінетику процесів структуроутворення цементного тіста і міцності цементного каменю.
4. Дослідження прискореного вилугочування зразків з використанням нітрату амонію.
5. Провести аналіз зміни міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту.
6. Провести аналіз зміни термінів тужавіння зразків залежно від змінних факторів експерименту.

Об'єкт дослідження: процеси гідратації портландцементу з техногенною мінеральною добавкою.

Предмет дослідження – золомісні композиційні цементи.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Планування експерименту

Планування експерименту – це комплексна процедура вибору числа дослідів й умов їх проведення, необхідних та достатніх для розв'язання поставленої задачі з необхідною точністю.

Планування експерименту починається з постановки задачі та вибору об'єкта дослідження. Об'єктом дослідження називають об'єкт, який є носієм деяких властивостей і якостей, що підлягають вивченню згідно із задачею експерименту.

Рекомендується застосовувати активні експерименти, тобто ті, якими можна керувати. В цьому випадку параметрам об'єкта чи факторам задаються деякі визначені значення та підтримуються під час дослідів сталими. Контрольні змінні (фактори) позначають буквою «X». Вихідні показники експерименту позначають буквою «Y» і називають відгуком об'єкта дослідження на деякі факторів «X».

Математична модель об'єкта дослідження – це система рівнянь, яка відображає зміст, структуру та кількісні зв'язки, що характеризують об'єкт дослідження. В теорії планування експерименту застосовують регресивні математичні моделі у вигляді: $Y = \varphi(x, \theta)$, де θ – вектор параметрів моделі. Для одержання лінійних регресивних моделей використовують плани першого порядку: $y(x, b) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_jx_j + \dots + b_nx_n$. У цьому рівнянні визначенню підлягають коефіцієнти регресії «b»

Планування експериментів та вибір складу цементного тіста з використанням математично-статистичних методів рекомендується проводити при використанні складу цементного тіста з вмістом різних добавок; при побудові залежностей, необхідних для коригування складу у процесі його виготовлення, а також у випадку використання автоматичних систем керування технологічним процесом.

Планування дослідів і вибір складу цементного тіста з використанням математично-статистичних методів заключається у виборі математичної

залежності між заданими властивостями цементу, витратою використовуваних матеріалів. Отримана математична залежність використовується для пошуку та призначення оптимальних складів.

При проведенні дослідів у залежності від умов задачі усі фактори варіюються або на трьох рівнях: середньому (головному), нижньому та верхньому, відстаючих від головного на однакову величину, яка має назву інтервал варіювання, або на двох рівнях – верхньому та нижньому.

Існує декілька різновидів планів першого порядку: однофакторний (класичний) експеримент; повний факторний експеримент; дробний факторний експеримент.

В нашому випадку було проведено двохфакторний експеримент. Матриця планування експерименту наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Матриця планування експерименту

№ п/п	Рівні різних факторів	
	Час активації	Концентрація добавки
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	0
6	0	+1
7	+1	-1
8	+1	0
9	+1	+1

Експеримент, у якому реалізуються всі можливі поєднання рівнів факторів, називається повним факторним експериментом – ПФЕ, кількість дослідів у якому: $N=K^n$, де N – кількість дослідів; K – кількість рівнів; n – кількість факторів.

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

Часто при записі плану проведення експерименту цифру 1 не вказують і кодовий запис рівнів факторів має вигляд відповідно: “+”, “0” “-”.

Для досягнення поставленої мети експериментальним шляхом було встановлено, що варіювати необхідно часом активації і кількістю техногенної мінеральної добавки. Інтервал варіювання для часу активації становить 10 хвилин. Середній час активації складає 20 хвилин. Інтервал варіювання концентрації добавки становить 15%. Середня кількість складає 30%.

Таблиця 3.2 Матриця планування експерименту з числах

№ п/п	Рівні різних факторів	
	Час активації	Концентрація добавки
1	10	15
2	10	30
3	10	45
4	20	15
5	20	30
6	20	45
7	30	15
8	30	30
9	30	45

3.2. Визначення нормальної густоти цементного тіста

Нормальна густота цементного тіста визначається за допомогою методикою, що викладена в ДСТУ Б.В.2.7-18. Методи визначення нормальної густоти цементного тіста змінюють об'єму [15].

Суть методу:

Нормальну густоту цементного тіста визначають шляхом вимірювання об'єму пробки діаметром $\varnothing 10 \pm 0,1$ мм в цементному тісті.

Пробку

м

дл:

[14].

, що
методи
и об'єму

дованим проміжків часу, за
, з цементне тісто нормальної

нормальної густоти визначають
а (часу додавання води) до того часу,

коли голка при зануренні в тісто не доходить до пластинки на відстань від 2 мм до 4 мм.

Кінцем терміну тужавіння цементного тіста нормальної густоти вважають строк від початку замішування тіста до часу, коли голка занурюється у тісто не більше ніж на відстань від 1 мм до 2 мм.

3.4. Визначення характеристик міцності на стиск

Метод включає визначення міцності на стиск зразків-кубиків розмірами $3 \times 3 \times 3$ см.

Ці зразки виготовлялись із чистого цементного тіста, ущільнювались на струшуючому столику за 20 струшувань (оптимальна кількість струшувань була встановлена експериментально). Зразки витримувались у формі 1 добу. Набір міцності зразків відбувався в приміщенні з температурою $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Графіця міцності при стиску випробовувалася у віці 7 і 28 діб.

Для виготовлення зразків-кубиків цемент зважували із точністю до 1 г, воду відміряли із точністю 1 мл.

Ущільнення суміші проводили на допомогою струшувального столика. Конструкція столика повинна забезпечувати позитивний безперервний підйом рухомої частини на висоту $(10 \pm 0,5)$ мм та її вільне падіння з цієї висоти до удару об нерухому перепону. Маса частини столика, що переміщується, повинна складати (3500 ± 100) г.

За робочий цикл визначання ущільнення кількість ударів-струшувань має складати 20 з періодичністю одне струшування за секунду.

На рисунку 3.1 наведено струшувальний столик за допомогою кулачка, який приводиться в дію від приводу, рухома частина, що складається з диска і штока піднімається на задану висоту $(10 \pm 0,5)$ мм і потім вільно падає з цієї висоти до удару об нерухому перепону – станину. Диск має бути виготовлений з корозійостійкого матеріалу та мати гладку поліровану поверхню.



Рис. 3.1 Спрушувальний столик

Столик був встановлений горизонтально і закріплений на металевій плиті масою 30 кг. Негоризонтальність робочої поверхні диска діаметром 200 мм не повинна перевищувати 1 мм на 200 мм.

Форми для зразків виготовлені зі сталі, що відповідає умовам їх експлуатації і забезпечує жорсткість форм та стабільність розмірів зразків.

Для розформування і чистки форм використовувалися пристрої, які не ушкоджують зразків і деталей форм.

Для визначення міцності використовували гідравлічний прес з максимальним руйнівним навантаженням 10кН, що відповідає вимогам по визначенню міцності зразків.

Зважування проводилось на вагах лабораторних з похибкою зважування не більше ніж $\pm 0,01$ г.

Безпосередньо перед виготовленням зразків-кубиків внутрішню поверхню стінок форм трохи змащують машинним мастилом.

Для кожного строку випробувань, що встановлений згідно з програмою випробувань, виготовляють по 6 зразків-кубиків.

Після закінчення терміну зберігання зразки обережно розформували, відповідним чином маркували водостійким чорнилом для подальшої ідентифікації, роблять відповідні заміри кубика для подальшого визначення площі перерізу грані кубика.

Зразок-кубик разом із пластинками центрують на елорній плиті машини і визначають руйнівне навантаження.

Для отримання більш достовірних результатів визначення міцності необхідно буде скоригувати коефіцієнт варіації видаляючи із вибірки найбільше і найменше значення. У зв'язку з тим, що максимально допустимий коефіцієнт варіації складає 13,5%, в даних дослідженнях буде розраховуватись коефіцієнт варіації для серії зразків із математичного планування експерименту, ще буде випробовуватись.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Портландцемент

Для проведення досліджень застосовувався портландцемент марки ПЦ І-500-Н ВАТ «Євроцемент -Україна», м. Балаклія ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови і ДСТУ Б В.2.7-112-2002 Будівельні матеріали. Цементи. Загальні технічні умови.[14]

Для перевірки властивостей дачого цементу було проведено дослід з визначення нормальної густини цементного тіста, тонкості помелу, термінів тужавіння та марки за міцністю

Таблиця 4.1 Характеристики цементу ПЦ І-500-Н

Найменування показників	Вимоги нормативного документу	Результати випробувань
1	2	3
Тонкість помелу, %	Проходження через сито №0,075 не менше 85%	86
Нормальна густина цементного тіста, (НГТ)	5-7 мм	7 мм (27,5%)
Терміни тужавіння цементного тіста, год/хв	Початок – не раніше 00:60 год/хв Кінець – не раніше 10:00 год/хв	2:40 – початок 4:20 – кінець
Міцність при стиску у віці 28 діб, МПа	50	51

4.2 Вода

Вода для проведення випробувань повинна відповідати вимогам ДСТУ ISO 3696:2003 Вода для застосування в лабораторіях. Вимоги та методи перевіряння (ISO 3696:1987, IDT) [19]. Вода для зразків використовувалась водопровідна.

4.3 Техногенна мінеральна добавка

Золи-виносу - побічний продукт, який одержують при спалюванні пиловидного вугілля, техногенна активна мінеральна добавка, яка повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-128.[11]

Таблиця 4.2 Характеристики техногенної мінеральної добавки

Найменування показників	Результати випробувань
Насипна густина, г/см ³	0,5263
Піщинна густина г/см ³	2,4

Зола виносу належить до алюмосилікатної групи та представлена кулоподібними сферичними частинками діаметром близько 100 мкм, що проявляють кудоланові властивості за рахунок реакційно здатних Al_2O_3 та SiO_2 . За дисперсністю зола належить до класу А ($S_{90} > 300 \text{ м}^2/\text{кг}$, фракції $\phi \leq 10$, $\phi \leq 20$ і $\phi \leq 60$ мкм становлять відповідно 42,38, 65,45 та 88,46 %, а вміст зерен D50 і D90 дорівнює відповідно 12,01 і 66,32 мкм). Гідравлічна активність золи виносу становить 42,3 мг/г.

РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Виготовлення зразків

Для контролю методики дослідження було виготовлено зразки з чистого портландцементу. На першому етапі для вибору числа дослідів в її умов їх проведення було проведено пілотний експеримент. У якому пропонувалося частину портландцементу замінювати золою-винос у кількості 10, 15 та 20%. Для проведення експерименту виготовлялися три зразка-блочки розмірами $4 \times 4 \times 16$ см у стандартних формах. Результати які були отримані не відповідали марці цементу тому було вирішено варіювати часом активації перемішування суміші сухих компонентів у кульовому млині та кількістю техногенної мінеральної добавки.

Згідно матриці математичного планування двохфакторного дослідження виготовлялися зразки-кубики розміром $3 \times 3 \times 3$ см із чистого цементного тіста при нормальній густоті 20,5%. Використовувався портландцемент марки ПЦ І-500-Н ЗАТ «Євроцемент-Україна», м. Балаклія.

Для визначення міцності було виготовлено 20 зразків та випробувано їх згідно з наведеною вище методикою. Проведено розрахунки складів суміші відповідно до математичного планування експерименту. Витрати матеріалів для проведення дослідження наведені в табл.5.1.

Обробка результатів виконувалася в середовищі табличного процесора MS EXCEL, а також в програмі STATISTICA 10.

Таблиця 5.1 Витрати матеріалів для проведення досліджень

№ досліду	Час активації (X1), хв	Концентрація добавки (X2), %	Цемент, г	Зола-винос, г
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

5.2 Визначення термінів тужавіння цементного тіста з використанням техногенної мінеральної добавки

Термини тужавіння визначалися по вище наведеній методиці. На рис 5.1 зображено проведення дослідів. Результати досліджень наведені в табл.5.2.



Рис. 5.1. Визначення термінів тужавлення

Таблиця 5.2 Вплив техногенної мінеральної добавки на термін тужавіння цементу

№з.п	Концентрація добавки (X2), %	Час активації (X1), хв	Терміни тужавіння, год/хв	
			Початок	Кінець
1	Цемент без добавок	-	2 ⁴⁰	4 ²⁰
2				5 ⁴⁰
3				5 ²⁰
4				5 ⁵⁵
5				5 ⁵⁰
6				5 ²⁰
7				5 ¹⁰
8				5 ⁵⁰
9				6 ⁰⁵
10				5 ⁰⁰

Результати дослідження початку термінів тужавіння на максимальному, середньому, мінімальному рівні наведені на рис. 5.2 – 5.5.

При знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша тривалість початку тужавіння цементу отримана при використанні добавки в кількості 30 % та часу активації 30 хв, а менша – 15 % та 30 хв. Мінімум спостерігається в точці 1, а максимум в точці – -1.

При знаходженні факторів на середньому рівні найбільша тривалість початку тужавіння цементу отримана при використанні добавки в кількості 30 % та часу активації 20 хв, найменша – 45 % та 20 хв.

При знаходженні факторів на мінімальному рівні найбільша тривалість печатку тужавинця цементу отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 10 хв, найменша – 45 % та 10 хв. Мінімум спостерігається в точці – -1, а максимум в точці – 1.

Рис. 5.5 Апроксимуюча поверхня зміни тривалості початку тужавіння цементу
міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту

Аналіз одержаних результатів показує вплив техногенної мінеральної
добавки на терміни тужавіння цементу. Початок тужавіння настає найшвидше
при часі активації 20 хв і концентрації 45 %, а при 30 хв і 30 % – найдовше.

Результати дослідження кінця термінів тужавіння на максимальному,
середньому, мінімальному рівні наведені на рис. 5.6 – 5.9.

При знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша тривалість кінця тужавіння цементу отримана при використанні добавки в кількості 30 % та часу активації 30 хв, найменша - 15 % та 30 хв. Мінімум спостерігається в точці 0, а максимум в точці - 1.

При знаходженні факторів на середньому рівні найбільша тривалість кінця тужавіння цементу отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 20 хв, найменша – 45 % та 20 хв. Мінімум спостерігається в точці – - 1, а максимум в точці – 1.

При знаходженні факторів на мінімальному рівні найбільша тривалість кінця тужавіння цементу отримана при використанні добавки в кількості 45 % та часу активації 10 хв, найменша – 30 % та 10 хв. Мінімум спостерігається в точці 0, а максимум в точці – 1.

Рис. 5.9 Апроксимуюча поверхня зміни міцності тривалості кінця тужавіння цементу зразків залежно від змінних факторів експерименту

Аналіз одержаних результатів показує, вплив техногенної мінеральної добавки на терміни тужавіння цементу. Кінець тужавіння настає найшвидше при часі активації 20 хв і концентрації 45 %, а при 30 хв і 30 % – найдовше.

5.3 Визначення міцності зразків на стиск

Випробування на стиск виконуємо згідно наведеної методики. Для передачі навантаження на кубик розміром $3 \times 3 \times 3$ см кубик розміщують на пресі так, щоб бічні грані, які при виготовленні прилягали до стінок форми, збігалися з робочими поверхнями. Випробування зразків-кубиків на стиск проводилися через 7 та 28 діб.

Границя міцності при стиску досліджених зразків до оптимізації у віці 7 діб наведена в табл.5.3.

Таблиця 5.3. Границя міцності при стиску досліджених зразків до оптимізації у віці 7 діб

У зв'язку з тим, що максимально допустимий коефіцієнт варіації складає 13,5%, було проведено оптимізацію даних.

Границя міцності при стиску досліджених зразків після оптимізації у віці 7 діб наведена в табл.5.4.

Таблиця 5.4. Границя міцності при стиску досліджених зразків після оптимізації у віці 7 діб

Середні значення міцності цементного каменю в залежності від змінних факторів наведені в табл.5.5.

Таблиця 5.5 Середні значення міцності цементного каменю в залежності від змінних факторів

№ досліджу	Час активації (X1), хв	Концентрація домішки (X2), %	Міцність, МПа
			7 діб
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

5.3.1. Вплив змінних факторів експерименту на міцність цементного каменю в 7-ми добровому віці

Основним чинником, який обмежує вміст мінеральних домішок, є гранично допустиме зниження міцності, особливо у ранній період. Оскільки пудравлічна і пуцоланова активність домішок нижча від активності портландцементного клінкеру, то багатоконпонентні цементи потребують тонкішого помелу, ніж портландцементи типу П з вмістом клінкерної складової до 75 мас.%. Склади цементів готували шляхом сумісного помелу компонентів в лабораторному кульовому млині.

Пуцоланова активність залежить від багатьох чинників, з яких найважливішими є хімічний склад пуцолани, її мінералогічний склад та питома поверхня. Для оцінки пуцолановості більш доцільними порівняно з хімічними є фізико-механічні методи, оскільки вони передбачають введення золи до складу портландцементу та полягають у визначенні впливу цієї домішки на міцність отриманих цементних розчинів.

Згідно математичного планування експерименту рівняння має вигляд:

Вплив змінних факторів експерименту на міцність порландцементу в 7-ми добовому віці інтерпретовано на рис. 5.10 – 5.13.

При знаходженні факторів на максимальному рівні, найбільша міцність цементного каменю отримана при використанні дозавки в кількості 30 % та часу активації 30 хв, найменша 45 % та 30 хв . Мінімум спостерігається в точці – -1, а максимум в точці 1.

При знаходженні факторів на середньому рівні, найбільша міцність цементного каменю отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 20 хв, найменша 30 % та 20 хв. Мінімум спостерігається в точці 0, а максимум в точці – 1

При знаходженні факторів на мінімальному рівні, найбільша міцність цементного каменю отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 10 хв, найменша 30 % та 10 хв. Мінімум спостерігається в точці 1, а максимум в точці — 1.

Рис. 5.13 Апроксимуюча побудова зміни міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту, у віці 7 діб

Аналіз сдержаних результатів показує, що вплив техногенної мінеральної добавки на міцність цементного каменю через 7 діб при часі активації 30 хв і концентрації 45 % отримуюмо найменшу міцність, а при 15 % та 20 хв найбільшу міцність.

5.3.2. Вплив змінних факторів експерименту на міцність цементного каменю в 28-ми добовому віці

Згідно математичного планування експерименту рівняння має вигляд:

$$Y = 28,212 - 1,569X_1 + 2,3048X_2 + 10,294X_3 + 4,4658X_1X_2$$

Границя міцності при стиску досліджених зразків до оптимізації у віці 28 діб наведена в табл.5.6.

Таблиця 5.6 Границі міцності при стиску досліджених зразків до оптимізації у віці 28 діб

У зв'язку з тим, що максимально допустимий коефіцієнт варіації складає 13,5%, було проведено оптимізацію даних.

Границя міцності при стиску досліджених зразків після оптимізації у віці 28 днів наведена в табл.5.7.

Таблиця 5.7 Границя міцності при стиску досліджених зразків після оптимізації у віці 28 днів

Середні значення міцності цементного каменю в залежності від змінних факторів наведені в табл.5.8.

Таблиця 5.8 Середні значення міцності цементного каменю в залежності від змінних факторів у віці 28 діб

№ досліду	Час активації (X1), хв	Концентрація добавки (X2),%	Міцність, МПа
			28 діб
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Вплив змінних факторів експерименту на міцність портландцементу в 28-ми добовому віці інтерпретовано на рис. 5.14 – 5.17.

При знаходженні факторів на максимальному рівні, найбільша м'якість цементного каменю отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 30 хв, найменша 45 % та 30 хв . Мінімум спостерігається в точці 0, а максимум в точці – 1.

При знаходженні факторів на середньому рівні, найбільша міцність цементного каменю отримана при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 20 хв, найменша 30 % та 20 хв .

При знаходженні факторів на мінімальному рівні, найбільша міцність цементного каменю отримала при використанні добавки в кількості 15 % та часу активації 10 хв, найменша 45 % та 10 хв. Мінімум спостерігається в точці 0, а максимум в точці – -1.

Рис. 5.17 Апроксимуюча поверхня зміни міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту у віці 28 діб

Аналіз одержаних результатів показує, що вплив техногенної мінеральної добавки на міцність цементного каменю через 28 діб при часі активації 30 хв і концентрації 45 % отримує найменшу міцність, а при 15 % та 30 хв найбільшу міцність.

5.4 Визначення прискореного вилугування зразків

Випробування на корозійну стійкість тривають дуже довго, звідси зрозуміло прагнення дослідників знайти такі методи, щоб отримати надійні результати в найкоротший термін. Для випробування цементів на стійкість до хімічної агресії зазвичай зразки поміщають у відповідне агресивне середовище. Потім спостерігають за зміною зовнішнього вигляду, випробовують їх на міцність, визначають величину розширення тріщин, динамічного модуля пружності і т.д. [20]

У зарубіжній практиці застосовували найрізноманітніші підходи до вибору та розробки методів прискореного випробування матеріалів в агресивних середовищах.

У роботі [38] запропоновано для проведення прискорених випробувань на вилугування зразки поміщати в розчин нітрату амонію, що дозволяє скоротити

випробування до 16 діб. Скориставшись цим методом ми отримали незначну зміну міцності. Появи тріщин та відколів на зразках не спостерігалось.

Аналіз одержаних результатів зміни рН середовища показує, що середовище з нейтрального (водневий показник рН = 7,8) змінилося на лужне (рН = 9,3). Результати наведені в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 Вплив нітрату амонію на рН середовища

Номер досліджу	рН до занурення в розчин NH_4NO_3	рН після занурення в розчин NH_4NO_3
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Також було встановлено незначне зниження міцності. Результати наведені в табл.5.10

Таблиця 5.10 Різниця між показниками

Номер досліджуваного зразка	Різниця між показниками
1	62
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Отримані результати міцності в такі короткі терміни змінюються в межах змінних коефіцієнта варіації. Що говорить про необхідність збільшення терміну витримки зразків.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори стандартом поділяються на фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні й нервово-психічні перевантаження, а інші – на конкретні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

В процесі роботи на підприємстві на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини, що рухаються, автотранспорт і механізми;
- рухомі незахищені елементи механізмів, машин і виробничого обладнання;
- падаючі вироби техніки, інструмент і матеріали під час роботи;
- ударна хвиля (вибух посудини, що працює під тиском пари рідини);
- струмені газів і рідин, що стікають, із посудин і трубопроводів під тиском;
- підвищене ковзання (через зледеніння, зволоження й замаслювання поверхонь, по яких переміщується робочий персонал);
- підвищена чи знижена температура поверхонь техніки, обладнання й матеріалів;
- підвищена чи знижена температура, вологість і рухомість повітря;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень статичної електрики,
- гострі кромки, задирки й шорсткість на поверхнях обладнання й інструментів;
- знижена контрастність об'єктів в порівнянні з фоном;
- підвищений рівень ультрафіолетової й інфрачервоної радіації;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини);
- хімічні речовини, що проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) і продукти їхньої життєдіяльності;
- перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні чинники (емоційні перевантаження, черенапруга аналізаторів, розумова черенапруга, монотонність праці).

6.2 Технічні засоби і організаційні заходи із усунення дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів

В процесі праці людина перебуває в контактi з предметом праці, знаряддям праці та іншими людьми. Крім цього, на людину діють різні фактори виробничого середовища, зокрема температура, вологість та швидкість руху повітря, параметри котрих не відповідають нормативним значенням, надмірний шум, вібрація, шкідливі виділення, електромагнітне та радіоактивне випромінювання тощо. Все це характеризує умови, в яких працює людина.

Таким чином, поняття умов праці складається з комплексу факторів, які впливають на діяльність людини. Усунути негативний вплив, тобто забезпечити нешкідливі та сприятливі умови праці, можна, виключаючи на робочих місцях шкідливі виробничі фактори, послаблюючи їх дію до допустимих норм чи меж, або забезпечуючи оптимальні умови праці.

Практика підприємств свідчить про те, що оцінка поліпшення умов праці може бути здійснена шляхом зіставлення фактичних умов праці з нормативними, прийнятими для базового періоду.

В сучасних умовах господарювання все більшого значення набуває проблема поліпшення умов праці не за рахунок компенсаційних виплат, а шляхом впровадження нової техніки, технологій, оздоровлення виробничого середовища, врахування вимог естетики праці. Оцінка умов праці на робочих місцях - установлення ступеня шкідливості й небезпеки факторів виробничого середовища, вазі й напруженості праці на конкретному робочому місці. Фактичний стан умов праці оцінюється в практиці роботи підприємств тільки на робочих місцях, передбачених галузевими переліками робіт з важкими й шкідливими, особливо важкими й особливо шкідливими умовами праці. Оцінка умов праці виробляється на основі інструментальних вимірів рівнів факторів виробничого середовища або за результатами чергової атестації робочих місць.

Несприятливі умови праці примушують організм людини витрачати енергію на переборювання впливу шкідливих факторів. Внаслідок цього зростає навантаження організму, що підвищує ймовірність нещасного випадку, оскільки зморений організм не може з необхідною ефективністю реагувати на зміни, що відбуваються навкруги, навіть якщо ці зміни безпечні для нього. Дія несприятливих умов праці може бути також причиною захворювань робітників – професійних чи виробничо зумовлених.

На підприємствах і в організаціях (незалежно від форм власності і господарювання), де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, проводиться атестація робочих місць. Основна мета атестації полягає в урегулюванні відносин між власником або уповноваженим ним органом і працівниками щодо реалізації їхніх прав на здорові і безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги та компенсації за роботу в несприятливих умовах.

Робоче місце за умовами праці оцінюється з урахуванням впливу всіх факторів виробничого середовища і трудового процесу на працюючих. На підставі комплексної оцінки робочі місця відносяться до одного із видів умов праці:

- з особливо шкідливими й особливо важкими умовами праці;
- зі шкідливими і важкими умовами праці;
- зі шкідливими умовами праці.

Ці дані заносяться до Карти умов праці.

За результатами атестації складаються переліки:

- робочих місць, виробництв, робіт, професій і посад, працівникам яких підтверджено право на пільги і компенсації, передбачені законодавством;
- робочих місць, виробництв, робіт, професій і посад, працівникам яких пропонується встановити пільги і компенсації за рахунок коштів підприємства;
- робочих місць з несприятливими умовами праці, на яких необхідно здійснити першочергові заходи щодо їх поліпшення.

Умови праці визначаються певними критеріями факторів виробничого середовища і трудового процесу (додаток).

На кожному робочому місці на працездатність впливають, здебільшого, декілька факторів, а не всі, і їх вплив можна подати через інтегральну оцінку умов праці. Крім особистих факторів, вплив яких неможливо врахувати прямими показниками, а лише через показники приросту виробітку за одиницю часу в разі незмінних умов виробничого середовища і якісного стану робочої сили.

Умови праці можна розглядати у вузькому та більш широкому значенні слова. По-перше, умови праці на робочому місці чи в цеху — це сукупність факторів, які впливають на працездатність та здоров'я в процесі праці. Зазначені фактори можна розподілити за такими групами: санітарно-гігієнічні, психофізіологічні, естетичні, соціально-психологічні. Вони діють самостійно або в будь-якій сукупності, створюючи відповідні загальні умови праці людини.

Санітарно-гігієнічні умови праці створюють зовнішнє середовище на робочому місці. До них відносять температурний режим, вологість, рух повітря та його тиск, освітлення, загазованість, зашумленість, величину шуму, вібрацію.

Психофізіологічні фактори характеризують дію на організм людини фізичних зусиль, ступінь їх тяжкості, темпу та ритму роботи, а також вибір раціональної трудової пози, монотонність праці, нервово-психічне навантаження тощо. Їх оптимізація дозволяє захистити людину від перевантаження, втрати здоров'я, підвищує працездатність і сталість в праці.

Естетичні умови дозволяють шляхом впливу на психіку людини надати праці відповідне емоційне забарвлення, моральне задоволення і підвищити продуктивність праці. Вони охоплюють естетизацію робочого середовища, архітектурне та колірне оформлення цеху. Соціально-психологічні фактори характеризують взаємовідносини між членами трудового колективу, психологічний клімат в колективі. Умови праці в більш широкому значенні слова охоплюють також питання належного стану обладнання, якості матеріалів та інструментів та їх наявність на робочому місці, вчасне постачання для якісного виконання відповідних енергоносіїв, своєчасне забезпечення робочого місця необхідною технічною документацією.

Указані фактори створюють відповідний організаційно-технічний рівень виробництва і праці, який обумовлює виконання також умов праці у більш вузькому значенні слова. Наприклад, незадовільний стан техніки та технології виробництва може викликати порушення температурного режиму, техніки безпеки праці, раціоналізації виробничого та трудового процесу тощо. Умови праці не повинні стати причиною простою не з вини працівника.

При розробленні норм праці приймаються нормальні умови праці, потім повинні чітко забезпечуватися власником при їх застосуванні на виробництві. Отже, нормальні умови праці при розробленні норм праці — це такі умови, які є оптимальними при проектуванні структури виробничого та трудового процесу на підставі раціоналізації трудових рухів і витрат робочого часу. Враховуючи

нерозривний зв'язок виробничого та трудового процесів як при проектуванні норм, так і при їх застосуванні на конкретному підприємстві, можна вважати за нормальні умови праці такі організаційно-технічні умови, які забезпечуються науково обґрунтованим матеріально-технічним обслуговуванням.

В сучасних умовах господарювання все більшого значення набуває проблема поліпшення умов праці не за рахунок компенсаційних виплат, а шляхом впровадження нової техніки, технологій, оздоровлення виробничого середовища, врахування вимог естетики праці.

Основними факторами успіху у вирішенні проблем покращення праці на підприємствах є:

1. Розробка ефективної кадрової політики.
2. Постійне удосконалювання кадрової роботи на підприємстві.
3. Турбота керівництва про підвищення рівня кваліфікації своїх співробітників.
4. Поєднання ефективного навчання персоналу, підвищення кваліфікації і мотивації для розвитку здібностей працівників.
5. Чітка система управління коштами, виділеними на навчання і підвищення кваліфікації, облаштування робочого місця, виплату заробітної плати.
6. Усвідомлення значення людського чинника як елементу конкурентоздатності підприємства.
7. Формування позитивного морально-психологічного клімату в колективі, який забезпечить найповніше використання потенціалу працівників.
8. Створення на підприємстві умов для зменшення числа звільнених.
9. Продумана соціальна політика, в якій важливу роль відіграє матеріальне стимулювання персоналу, програми щодо покращення умов праці, відпочинку, пільгове харчування.
10. Здійснення комплексу заходів зі створення високопродуктивних виробничих колективів.

11. Координація і контроль виконання намічених кадрових заходів. Слід зазначити, що в практиці вітчизняних підприємств варто використовувати таку багатоваріантність заходів щодо підвищення ефективності кадрового менеджменту та подолання проблем, пов'язаних з побудовою системи кадрового менеджменту на підприємстві. Подальші наукові розробки, апробація цих пропозицій дадуть змогу визначити пріоритетність впровадження окремих підходів[8].

Основними заходами щодо зниження фізичної й нервово-психічної напруженості є наступні:

- підвищення рівня механізації й автоматизації трудомістких виробничих процесів, використання сучасної високопродуктивної техніки;
- удосконалення організації робочих місць;
- організація прийомів і методів праці;
- оптимізація темпу роботи;
- оптимізація режиму праці й відпочинку;
- поліпшення транспортного обслуговування робочих місць, пов'язаних з важкими предметами праці;
- науково обґрунтоване встановлення норм обслуговування встановлення й норм часу його обслуговування з урахуванням обсягу інформації, що працівник може правильно сприйняти, переробити й прийняти своєчасно й правильне рішення;
- чергування робіт, що вимагають участі різних аналізаторів (слуху, зору, логіки й ін.);
- чергування робіт, що вимагають переважно розумових навантажень із роботами фізичними;
- чергування робіт різної складності й інтенсивності;
- оптимізація режимів праці й відпочинку;
- попередження й зниження монотонності праці шляхом підвищення змістовності праці;

- ритмізація праці (робота із графіка зі зниженої на 10-15% навантаженням у першій і останній години робочої зміни),
- комп'ютеризація обчислювальних і аналітичних робіт, ширше використання персональних комп'ютерів у практиці керування виробництвом, організація комп'ютерних банків даних по різних аспектах виробничої діяльності й інші.

Одним з важливих проп'яктичних засобів попередження стомлення при дії інтенсивності шуму є чергування періодів роботи й відпочинку при дії шуму. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, якщо тривалість і кількість відпочинку відповідає умовам, при яких відбувається найбільш ефективно відновлення мір впливу, що дратуються, шуму нервових центрів, тому при виборі засобів підвищення працездатності для конкретного виробництва необхідно врахувати вплив відпочинку на обмеження впливу інтенсивного шуму на організм людини.

Для обмеження й усунення шкідливої дії вібрації на виробництві необхідний: ретельний догляд за встаткуванням, використання різних типів глушителів, усунення контактів фундаменту агрегатів з фундаментами будинків і, головне, можливість зміни технології – замна виробничих операцій, пов'язаних із шумами й вібрацією, безшумними виробничими процесами, раціональне чергування періодів відпочинку й роботи при впливі вібрації.

Для забезпечення найкращих умов освітлення, оптимальна освітленість повинна встановлюватися з урахуванням світлових властивостей (коефіцієнта відбиття) робочої поверхні, розмірів оброблюваної деталі, частоти й тривалості періодів відпочинку протягом робочого дня, характеру трудового процесу зокрема, точності зорової роботи.

До пасивних засобів підвищення працездатності, що одержує все більше поширення на виробництві, ставляться методи оздоровчого впливу на організм людини – аерація, водні процедури, аеріолізація, ультрафіолетове опромінення. Найбільший ефект одержують при їхньому використанні при роботі в

екстремальних умовах (у шахтах, у гарячих цехах із застосуванням більших фізичних зусиль, при дії інтенсивного шуму і вібрації й т.д.).

Аерація – інтенсивна вентиляція, при якій під впливом різниці питомих ваг зовнішнього й внутрішнього повітря й впливом вітру ка отіни й покрівлі вдало створюється керований і регульований повітрообмін через відкриваючі фрамуги й стулки вікон. При використанні природної вентиляції не можна надмірно збільшувати обмін зовнішнього й внутрішнього повітря, тому що це може привести до підвищення концентрації сторонніх газів і пилу в повітрі й до переохолодження організму працюючих внаслідок збільшення швидкості руху повітря, або зменшити повітрообмін, оскільки не буде необхідного припливу свіжого повітря.

Для захисту від статичної електрики необхідно застосовувати слабоелектризуючі або електризуючі матеріали, усувати чи обмежувати тертя, розпорошення, розбризкування, плескання діелектричних рідин. Усунення зарядів статичної електрики досягається насамперед заземленням корпусів обладнання. Заземлення для відводу статичної електрики можна поєднувати з захисним заземленням електрообладнання. Якщо заземлення використовується тільки для зняття статичної електрики, то його електричний опір може бути істотно більше, ніж для захисного опору електрообладнання (до 100 Ом). Достатньо навіть тонкого дроту, щоб електричні заряди постійно стікали в землю.

Відомо відбудовний вплив на організм людини інших оздоровчих методів – водних процедур (душ, обтирання, вмивання, гігієнічні ванночки й т.д.). В умовах виробництва вони є засобами відновлення працездатності й засобами адаптуванні до екстремальних умов. Для відновлення працездатності водні процедури застосовуються, як правило, при середній і важкій фізичній роботі в гарячих цехах, у шахтах, при ремонті нагрівальних печей і казанів і т.д. З метою підвищення працездатності водні процедури можуть застосовуватися й протягом робочого дня, і по його закінченні.

До оздоровчих засобів підвищення працездатності ставиться ультрафіолетове опромінення. Фізіологічними й клінічними дослідженнями встановлено, що при обмеженні або позбавленні людини природного світла настає так зване світлове голодування, в основі якого ультрафіолетова недостатність вона виражається у виникненні гіпо- і авітамінозу (недолік вітаміну Д), порушення фосфорно-кальцієвого обміну (з'являється карієс зубів, рахіт і ін.), ослаблення захисних сил організму, зокрема, схильності до багатьох захворювань. Ці зміни погіршують самопочуття й спричиняють зниження працездатності, швидку стомлюваність і збільшення стресів відновлення сил. Для профілактики світлового голодування доцільно використовувати стимулюючу дію ультрафіолетових променів. Відомо, що застосування додаткових до ультрафіолетових променів спрямовано впливає на організм людини, підвищує його працездатність, поліпшує самопочуття й сприяє зниженню захворюваності.

До оздоровчих засобів підвищення працездатності також ставиться іонізація повітря на виробництві. Нормативні величини іонізації повітряного середовища виробничих приміщень регламентуються санітарно-гігієнічними нормами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я.

Іонізація повітря - процес перетворення нейтральних атомів і молекул повітряного середовища в електричні заряджені частки (іони). Іони в повітрі виробничих приміщень можуть утворюватися внаслідок природної, технологічної й штучної іонізації.

Природна іонізація відбувається повсюдно й постійно в часі в результаті впливу на повітряне середовище космічних випромінювань і часток, що викидаються радіоактивними речовинами при їхньому розпаді. Технологічна іонізація відбувається при впливі на повітряне середовище радіоактивних, рентгєнівських випромінювань, термоемісії, фотоєфекта й ін. іонізуючих факторів, обумовлених технологічними процесами. Іони, що утворюються при цьому, поширюються в основному в безпосередній близькості від технологічної

установки. Важливо, щоб рівень іонізації повітряного середовища підтримувався на певному рівні, тобто не перевищував і не був нижче гранично допустимих значень.

Для цього проводиться штучна іонізація. Штучна іонізація здійснюється спеціальними пристроями – іонізаторами. Іонізатори забезпечують в обмеженому обсязі повітряного середовища задану концентрацію іонів певної полярності.

Вимоги безпеки до виробничого обладнання конкретних груп, видів, моделей розробляються відповідно до вимог з урахуванням призначення, виконання та умов його експлуатації.

Безпека виробничого обладнання забезпечується.

- ◆ вибором принципів дії, джерел енергії, параметрів робочих процесів;
- ◆ мінімізацією енергії, що споживається чи накопичується;
- ◆ застосуванням вмонтованих в конструкцію засобів захисту та інформації про можливі небезпечні ситуації;
- ◆ застосуванням засобів автоматизації, дистанційного керування та контролю;
- ◆ дотриманням ергономічних вимог, обмеженням фізичних і нервовопсихологічних навантажень працівників.

Виробниче обладнання при роботі як самостійно, так і в складі технологічних комплексів повинно відповідати вимогам безпеки протягом всього періоду його експлуатації.

Матеріали конструкції виробничого обладнання не повинні бути фактором можливої небезпечної і шкідливої дії на організм працюючих, а виникаючі в процесі роботи обладнання навантаження в окремих його елементах не повинні досягати небезпечних значень. При неможливості реалізації останньої вимоги в конструкції обладнання необхідно передбачити засоби захисту, огороження і т. ін.

Небезпечні зони виробничого обладнання (рухомі вузли, елементи з високою температурою тощо) як потенційні джерела травм безпеки повинні бути огорожені, теплоізовані або розміщені в місцях, що виключають контакт з ними персоналу.

Зажимні, вантажозахоплювальні та вантажоприймальні пристрої тощо повинні виключати можливість виникнення небезпеки при раптовому відключенні енергії, а також самовільну зміну стану цих пристроїв при відновленні енергоживлення.

Виробниче обладнання повинно бути пожеже- та вибухобезпечним в передбачених умовах його експлуатації та не накопичувати зарядів статичної електрики в небезпечній для працюючих кількості. Виробниче обладнання, робота якого супроводжується виділенням шкідливих речовин чи мікроорганізмів або пожеже- та вибухонебезпечних речовин, повинно включати вмонтовані пристрої для локалізації цих виділень. За відсутності таких пристроїв, в конструкції обладнання мають бути передбачені місця для підключення автономних пристроїв локалізації виділень. За необхідності задані пристрої мають бути виконані з урахуванням чинних вимог щодо стану повітря робочої зони та вахисту докільця.

Якщо виробниче обладнання є джерелом шуму, ультра та інфразвуку, вібрації, виробничих випромінювань (електромагнітних, лазерних тощо), то воно повинно бути виконане таким чином, щоб дія на працюючих перерахованих шкідливих виробничих факторів не перевищувала меж, встановлених відповідними чинними нормативами.

Виробниче обладнання повинно бути забезпечене місцевим освітленням, виконаним відповідно до вимог чинних нормативів з урахуванням конкретних виробничих умов, якщо його відсутність може спричинювати перенапруження органів зору або інші небезпеки, пов'язані з експлуатацією цього обладнання.

Однією із складових безпеки виробничого обладнання є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів

відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Розробляючи конструкції робочого місця слід дотримуватися вимог чинних нормативів. При цьому розміри робочого місця і його елементів мають забезпечувати виконання операцій в зручних робочих позах і не ускладнювати рухи працюючих. Перевагу слід віддавати виконанню робочих операцій і якому положенні, або чередуванні положень сидячи і стоячи — якщо виконання робіт не вимагає постійного переміщення працівника. Конструкція крісла і підставки для ніг повинна відповідати ергономічним вимогам.

Система управління виробничим обладнанням має забезпечувати надійне і безпечне його функціонування на всіх режимах роботи і при можливих зовнішніх впливах, передбачених ТЗ. На робочих місцях повинні бути написи, схеми та інші засоби інформації щодо послідовності керуючих дій. Конструкція і розміщення засобів попередження про небезпечні ситуації повинні забезпечувати безпомилкове, достовірне і швидке сприйняття інформації.

Центральний пульт управління технологічним комплексом обладнується сигналізацією, мнемомеханою або іншими засобами відображення інформації про порушення нормального режиму функціонування кожної одиниці виробничого обладнання, засобами аварійної зупинки всього комплексу або окремих його одиниць — якщо це не призведе до подальшого розвитку аварійної ситуації.

Пуск виробничого обладнання в роботу, а також повторний пуск після його зупинки, незалежно від її причини, має бути можливим тільки шляхом маніпулювання органами управління путом. Органи аварійної зупинки після спрацювання повинні залишатися в положенні зупинки до їх повернення у вихідне положення обслуговуючим персоналом. Повернення органів аварійної зупинки у вихідне положення не повинно приводити до пуску обладнання.

Повне чи часткове припинення енергопостачання з наступним його відновленням, а також пошкодження мережі управління енергопостачанням не повинно призводити до виникнення небезпечних ситуацій.

Засоби захисту, що входять в конструкцію виробничого обладнання, повинні: забезпечувати можливість контролю їх функціонування; виконувати своє призначення безперервно в процесі роботи обладнання; діяти до повної нормалізації відповідного небезпечного чи шкідливого фактора, що спричинив спрацювання захисту; зберігати функціонування при виході із ладу інших засобів захисту. За необхідності ввічлення засобів захисту до початку роботи виробничого обладнання, схемою управління повинні передбачатися відповідні блокування тощо. [28]

Виробниче обладнання під час монтажу, ремонту, транспортування та зберігання якого застосовуються вантажопідіймальні засоби, повинно мати відповідні конструктивні елементи або позначені місця для приєднання вантажозахоплювальних пристроїв з зазначенням маси обладнання. Якщо технічними умовами передбачено переміщення обладнання без застосування вантажопідіймальних засобів, то таке обладнання повинно мати відповідні елементи або форму для захоплення рукою.

Основними вимогами безпеки до технологічних процесів є: усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, що є вірогідними чинниками небезпек; заміна технологічних процесів та операцій, що пов'язані з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих факторів, процесами і операціями, за яких зазначені фактори відсутні або характеризуються меншою інтенсивністю; комплексна механізація та автоматизація виробництва, застосування дистанційного керування технологічними процесами і операціями за наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів; герметизація обладнання; застосування засобів колективного захисту працюючих; раціональна організація праці та відпочинку з метою профілактики м'язової втоми й гіподинамії, а також обмеження важкості праці, своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях (системи

отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів необхідно виконувати за принципом пристроїв автоматичної дії з виводом на системи попереджувальної сигналізації); впровадження систем контролю та керування технологічним процесом, що забезпечують захист працюючих та аварійне відключення виробничого обладнання; своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, що є джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, забезпечення пожежної та вибухової безпеки.

При визначенні необхідних засобів захисту потрібно керуватися вказівками відповідних розділів стандартів ССБТ за видами виробничих процесів та групами виробничого обладнання, що використовуються у цих процесах. Перелік діючих стандартів стосовно процесів дається у покажчиках Держстандарту, що видаються кожен рік.

Вимоги безпеки при проведенні технологічного процесу повинні бути передбачені у технологічній документації. Контроль повноти викладення цих вимог повинен здійснюватися відповідно до Вказівок РД 29-134-78. Загальні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки виробничих процесів.

Виробничі будівлі та споруди, залежно від вибраного архітектурно-будівельного та об'ємно-планувального вирішення, можуть впливати на формування умов праці: освітлення, шуму, мікроклімату, загазованості та запиленості повітряного середовища, виробничих випромінювань. Крім того, неправильне кольорове або архітектурне вирішення інтер'єру призводить до несприятливого психологічного впливу на працюючих.

У виробничому приміщенні умови праці залежать від таких факторів, як розташування технологічного обладнання, організація робочого місця, сировина та заготовки гатова продукція. У кожному конкретному випадку вимоги безпеки до виробничих приміщень та площадок формуються, виходячи з вимог діючих будівельних норм та правил.

Різні небезпечних та шкідливих виробничих факторів на робочих місцях повинні відповідати вимогам стандартів безпеки за видами небезпечних та

шкідливих факторів. Робочі місця повинні мати рівні та показники освітленості, встановлені діючими будівельними нормами.

Розташування виробничого обладнання, вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва у виробничих приміщеннях і на робочих місцях не повинно являти собою небезпеку для персоналу. Відстані між одиницями обладнання, а також між обладнанням та стінами виробничих приміщень, будівель і споруд повинна відповідати вимогам діючих норм технологічного проектування, будівельним нормам та правилам.

Зберігання вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва потребує розробки і реалізації системи заходів, які виключають виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів; використання безпечних пристроїв для зберігання; механізацію та автоматизацію вантажо-розвантажувальних робіт тощо.

При транспортуванні вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва необхідно забезпечувати використання безпечних транспортних комунікацій, застосування засобів нересування вантажів, що виключають виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів, механізацію та автоматизацію перевезення.

До факторів, що визначають умови праці, відносяться також раціональні методи технології і організації виробництва. Зокрема, велику роль відіграє зміст праці, форми побудови трудових процесів, ступінь спеціалізації працюючих при виконанні виробничих процесів, вибір режимів праці та відпочинку, дисципліна праці, психологічний клімат у колективі, організації ітарного й побутового забезпечення працюючих.

У формуванні безпечних умов праці велике значення має врахування медичних протипоказань до використання персоналу у окремих технологічних процесах, а також навчання й інструктаж з безпечних методів проведення робіт.

До осіб, які допущені до участі у виробничому процесі, ставляться вимоги щодо відповідності їх фізичних, психофізичних і, в окремих випадках,

антропометричних даних характеру роботи. Перевірка стану здоров'я працюючих має проводитися як при допуску їх до роботи, так і періодично згідно з чинними нормативами. Періодичність контролю за станом їх здоров'я повинна визначатися залежно від небезпечних та шкідливих факторів виробничого процесу в порядку, встановленому Міністерством охорони здоров'я.

Особи, які допускаються до участі у виробничому процесі, повинні мати професійну підготовку (у тому числі з безпеки праці), що відповідає характеру робіт. Навчання працюючих із безпеки праці проводять на всіх підприємствах і в організаціях незалежно від характеру та ступеня небезпеки виробництва відповідно до ДНАОП 0.00-4.12-99.

Основними заходами забезпечення безпеки праці має бути комплексна механізація й автоматизація виробництва, це є передумовою для корінного покращання умов праці, зростання продуктивності праці та якості продукції, сприяє ліквідації відмінності між розумовою й фізичною працею. Але при автоматизації необхідно враховувати психічні та фізіологічні фактори, щоб узгоджувати функції автоматичних пристроїв з діяльністю людини-оператора. Зокрема, необхідно враховувати антропометричні дані останнього та його можливості до сприйняття інформації.

6.3 Заходи пожежної безпеки у цеху

Об'єкти сучасного виробництва у своїй більшості є пожежонебезпечними. На багатьох із них застосовуються технології з наявністю високих температур, тиску, парів легкозаймистих рідин, горючих газів, палу тощо. Для сучасних підприємств характерні концентрація на невеликій площі значної кількості обладнання великий об'єм сучасних виробничих будівель, недостатній рівень протипожежного захисту.

Пожежі на промислових об'єктах можуть призводити до загибелі людей, величезних матеріальних втрат, екологічних катастроф. Тому пожежна безпека на підприємствах і в технологічних процесах виробництва має стати одним із

пріоритетних завдань менеджменту та персоналу таких об'єктів. Забезпечення пожежної безпеки – це досить складне соціально-економічне завдання, спрямоване на запобігання пожежам та ліквідацію пожеж, у випадку їхнього виникнення, з мінімальними наслідками.

Пожежну безпеку забезпечують системи запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно-технічні заходи. Управління пожежною безпекою передбачає підвищення безпеки стану приміщень, обладнання та виробничих процесів.

Система пожежної безпеки – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збиткам від неї.

Пожежобезпека об'єкта – стан об'єкта, за якого з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Рівень забезпечення пожежної безпеки – кількісна оцінка попереджених збитків у разі можливої пожежі.

Об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до масового враження людей на них та на навколишній території, підприємства з небезпечними та шкідливими виробничими факторами, а також небезпекою пожежі повинні мати системи пожежної безпеки для зведення до мінімуму ймовірності виникнення пожежі. Конкретні значення такої ймовірності визначають проєктувальники та технологи.

Системи пожежної безпеки мають запобігти впливу на людей небезпечних факторів пожежі, у тому числі їхніх вторинних проявів. Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків.

Пожежну безпеку забезпечують такі основні компоненти виробництва:

- технічна система, яка передбачає надійність обладнання, використання безпечних технологій, визначає обсяг

вибухопожежонебезпечних речовин, проєктні рішення впровадження систем виявлення та гасіння пожеж, розміщення обладнання тощо;

- персонал, його підготовка, забезпечення регламентами та правилами роботи;
- система управління.

Системи пожежної безпеки спрямовані на:

- визначення вихідних причин ситуацій ризику виникнення пожеж внаслідок характерних властивостей та особливостей продуктів, речовин і матеріалів, які використовуються у виробничих процесах, енергії, яка споживається у виробництві, а також відповідних факторів людської діяльності;
- комплексний аналіз із метою створити ефективні засоби попередження пожежі шляхом нейтралізації дії сприяючих їй обставин;
- вивчення засобів і методів локалізації та гасіння пожеж;
- запобігання виникненню пожежі;
- пожежну безпеку людей та матеріальних цінностей.

Системи пожежної безпеки мають відповідати також економічним критеріям ефективності з урахуванням усіх стадій життєвого циклу об'єктів (проекування, будівництво, експлуатація).

Аналіз пожежної небезпеки

Оскільки пожежа являє собою процес неконтрольованого горіння, то контроль за процесами, які сприяють умовам її виникнення, є основним інструментом запобігання пожежі.

На території підприємства це досягається попередженням створення горючого середовища та утворення в ньому джерел загорання. Система запобігання пожежі має забезпечувати контроль горючого середовища, речовин і матеріалів, джерел теплової енергії та їхньої взаємодії з горючими речовинами та матеріалами.

Оцінка пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів передбачає визначення комплексу показників, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу) та умов їхнього використання. Дані про пожежонебезпечні властивості мають подаватися для всіх речовин, матеріалів, сумішей тощо, які застосовуються на виробничому об'єкті, з урахуванням особливостей і параметрів технологічних процесів. При відсутності таких параметрів їх визначають дослідним шляхом на установках, які пройшли атестацію на право отримання експериментальних даних, або за допомогою стандартизованих розрахункових методів.

Аналіз пожежної безпеки технологічних процесів включає:

- оцінку пожежної безпеки речовин і матеріалів, які використовуються в технологічному процесі;
- з'ясування технологічного процесу з метою визначити обладнання, ділянки або місця зосередження горючих матеріалів або можливого утворення парогазових горючих сумішей;
- визначення можливості утворення в горючому середовищі догорел загоряння;
- моделювання різноманітних варіантів аварій, шляхів розповсюдження пожежі та вибір проектною аварії;
- розрахунок категорії приміщень, будівель, установок за вибухопожежною і пожежною безпекою;
- визначення складу систем попередження пожежі та протипожежного захисту технологічних процесів;
- розробку заходів підвищення пожежної безпеки технологічних процесів і окремих їхніх ділянок.

Пожежна безпека технологічних процесів визначається на основі вивчення технологічного регламенту, технологічної схеми виробництва, показників вибухопожежонебезпеки речовин і матеріалів, які використовуються

у технологічному процесі, конструктивних особливостей апаратів, машин та агрегатів, схеми розташування небезпечного обладнання.

Заходи з попередження пожеж на підприємстві

На основі проведеного аналізу на підприємстві розробляється система заходів щодо попередження пожежі та протипожежного захисту технологічних процесів згідно з вимогами нормативних документів.

Протипожежні заходи базуються на вимогах щодо виключення джерела загоряння. Якщо це джерело не може бути ізольованим за умовами технологічного процесу, то об'єкт (приміщення, устаткування) необхідно забезпечити надійною системою протипожежного захисту.

Технологічне обладнання за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним, а на випадок несправностей та аварій необхідно передбачати захисні заходи, які обмежують масштаб та наслідки пожежі.

Виробництво, де є вибухопожежонебезпечні речовини й матеріали, повинно бути оснащено автоматичними засобами контролю параметрів вибухопожежонебезпечності процесу, сигналізацією граничних значень і системами блокування, які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій.

Технологічне устаткування, апарати й трубопроводи, в яких утворюються вибухопожежонебезпечні пари, повинні бути герметичними.

Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівель промислових об'єктів повинні мінімізувати наслідки пожежі. У разі виникнення пожежі споруда, яку проектували й будували правильно, має протягом певного часу зберігати несучу здатність своїх конструкцій. Поява та поширення вогню й диму взередині будівлі мають бути обмеженими. Проекти та будівельники повинні також ужити заходів, аби обмежити поширення пожежі на сусідні будівлі, дати можливість людям вільно залишити будівлю, а пожежно-рятувальним підрозділам – загасити пожежу. [8]

РОЗДІЛ 7

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Підібрано раціональну концентрацію техногенної мінеральної добавки. Оптимальна кількість золи, це дає зменшення міцності не більше ніж на одну марку цементу за міцністю становить 15 %.
2. Визначено нормальну густину цементного тіста (НГТ) з техногенною мінеральною добавкою – 27,5%.
3. Проведено аналіз зміни міцності зразків залежно від змінних факторів експерименту. Найбільшу міцність зразків у віці 28 діб ми отримали при використанні добавки в кількості 15% та часі активації суміші 30 хв – 51,64 МПа. Найменшу міцність при 45% добавки та 30 хв – 25,37 МПа.
4. Проведено аналіз зміни термінів тужавіння зразків залежно від змінних факторів експерименту. Використання техногенної мінеральної добавки збільшує терміни тужавіння порівняно з чистими цементними зразками в яких початок тужавіння настає через 2 год 40 хв, а кінець через 4 год 20 хв. Мінімальне збільшення відбувається при часі активації 20 хв, концентрації добавки 45%, початок настає через 2 год 40 хв кінець – 5 год 10 хв. Максимальне збільшення відбувається при часі активації 30 хв, концентрації добавки 30%, початок настає через 3 год 50 хв, кінець – 6 год 5 хв.
5. Дослідили прискорене вилуговування зразків з використанням нітрату амонію. Вплив техногенної добавки на стійкість до корозії визначався за запропонованою Agostini F. експрес – методикою протягом 16 діб. Однак отримані результати міцності змінюються в межах змінних коефіцієнта варіації. Що говорить про необхідність збільшення терміну витримки зразків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гоц, В. І. Ефективні будівельні матеріали та вироби на основі активованих паливних зол і шлаків : дис... д-ра техн. наук В. І. Гоц. К., 2009.– 397 с.
2. Кривенко П. В. Роль золи у формуванні в'язучих властивостей цементних композицій П. В. Кривенко, Г. Р. Блажис, В. І. Гоц, Г. С. Ростовська Вісн. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. 2002. - № 8. - С. 23-31.
3. Рунова Р. Ф. Конструктивні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво : монографія Р. Ф. Рунова, В. І. Гоц, І. І. Назаренко, В. Й. Сівко, П. С. Шилок - К. : УВПК "ЕксОБ", 2008. - 360 с.
4. Використання паливних зол України для отримання пуццоланових цементів К. К. Пушкарьова, В. І. Гоц, В. В. Павлюк, О. А. Гончар, Я. В. Яценко Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2009. - № 655. - С. 230-234.
5. Дворкін Л. Й. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів: навч. посіб. для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підгот. "Будівництво" ВНЗ Київ. Основа, 2014. 303 с.
6. ДСТУ Б А.1.1-43:94 Ресурсозбереження. Терміни та визначення.
7. Будівельне матеріалознавство: Підручник Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б., Кочевий М.О., Гасан Ю.Р., Констатинівський Б.Я., Ракша В.О. (3-є видання) К.: «Діра-К», 2012. 624 с.
8. Будівельне матеріалознавство: Підручник Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін. К.: ТОВ УВПК "ЕксОБ", 2010. 704 с.
9. Бетони і будівельні розчини: Підручник Гоц В.І., К.: ТОВ УВПК «ЕксОБ», К.: КНУБА, 2003. 472 с.
10. Інженерна екологія: Підручник з теорії і практики сталого розвитку В.А.Баженов, В.М.Ісаєнко, Ю.М.Саталкін, В.В.Грофімович та ін.К.Книжкове вид-во НАУ, 2006. 492 с.
11. Споряджувальні будівельні матеріали. Навчальний посібник Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Рівне: НУБГП, 2011. 291 с.

12. Суханевич М.В. Поводження з відходами та їх використання для одержання будівельних матеріалів”: навчальний посібник. К., КНУБА, 2011 с.152.
13. Екологія в будівництві: Навчальний посібник За редакцією Р.А.Кизими Харків: Бурун Книга, 2007, 224 с.
14. О.Г.Левченко, О.І. Полукаров, В. В.Зацарчій, Ю. О. Полужаров, О. В. Землянська Охорона праці та цивільний захист: підручник, Київ: Основа. 2019. 472 с.
15. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.
16. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах».
17. ДБН В.1.1-8:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
18. ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови (ГОСТ 23732-79, MOD)
19. ДСТУ Б В.2.7-128:2006 Добавки активні мінеральні та добавки наповнювачі до цементу. Технічні умови
20. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск
21. ДСТУ Б В.2.7-44-96 Будівельні матеріали. Цементи. Відбір і підготовка проб.
22. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
23. ДСТУ Б.В.2.-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму
24. Дворкін Л. Й. Будівельні матеріали та виробництво із застосуванням промислових відходів: навч. посіб. Нівне, НУВГП, 2019, 298 с.
25. Хоменко О.Г. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посіб. Глухів, 2019. 112 с.

26. Дзядикевич Ю.В. Економічні основи ресурсозбереження. навч. посіб.: Тернопіль. 2015, 76 с.
27. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Пушкальова К.К., Кочегія М.О., Мохорт М.А. навчальний посібник: Використання техногенних продуктів у будівництві НУВГП, Рівне, 2009. 340 с.
28. Санницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві. Навчальний посібник: Друге видавництво, виправлене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 236 с.
29. Дворкін Л. Й. Бетони на нецементних зв'язуючих навчальний посібник : Рівне, НУВГП, 2021. 145 с.
30. Дворкін Л. Й. Зв'язуючі матеріали: Бетони і розчини у сучасному будівництві. Навчальний посібник: Рівне, НУВГП, 2012. 168 с.
31. Ратушняк Г. С., Ратушняк О.Г. Управління енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель: навчальний посібник: Вінниця. УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. 130 с.
32. Радювенчик В. М., Гомеля М. Д., Радювенчик Я. В. Утилізація та рекультивація відходів: підручник. Київ: Кондор, 2021. 248 с.