

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

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на тему: «Дослідження впливу вмісту золошлаків на
основні фізико – механічні властивості
важкого бетону»

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
Копиця Юрій Романович

Керівник: Бондар Л.В.

Полтава 2024 року

ВСТУП

Утилізація відходів теплових електростанцій, що працюють на твердому паливі, є однією з найгостріших екологічних проблем в Україні. Поблизу потужних теплових електростанцій накопичується десятки мільйонів тон золи і шлаків, завдаючи суттєвої шкоди навколишньому середовищу.

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основними джерелами утворення відходів є підприємства гірничорудного, хімічного, металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного та агропромислового комплексів. Тільки на одній з найбільших у Європі Придніпровській ДРЕС щодоби надходять у відвали тисячі тон золошлакових сумішей.

Відходи є одним з найбільш вагомих факторів забруднення довкілля і негативного впливу фактично на всі його компоненти. Навпаки ситуація, що складається навколо відходів паливно-енергетичного комплексу, а саме відходів теплових електростанцій не може, не привернути уваги вчених-дослідників та особливо держави в цілому. Тому пріоритетним напрямком України, як держави є розроблення принципів нових методів утилізації золошлакових відходів спираючись на світовий досвід вирішення проблем.

Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є використання золошлакових сумішей у будівництві як заповнювачів для бетонів.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Золошлакові відходи утворюються при спалюванні твердого палива в топках теплових електростанцій при температурі 1200–1700 °С, являючи собою золу і шлак, які змішані пневмо-транспортом подаються на золовідвали. Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації золошлакових відходів є виробництво з них пористих заповнювачів для бетонів. В даний час золошлакові відходи широко використовуються в дорожньому будівництві, де їх застосовують як засипку при влаштуванні основи для асфальтобетонних покриттів. Золю використовують як наповнювач для виробництва рулонних покривальних матеріалів. [8]

Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі, що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії. Розвиток теплової енергетики прогнозується з переважним використанням вугілля, частка якого в у 2030 році в паливному балансі становитиме 85,1 %. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії на ТЕС утворюється значна кількість золи та шлаків. На території України нараховується 25 потужних теплоелектростанцій (ТЕС) та значна кількість котелень, теплоцентралей і інших підприємств цієї галузі.

При спалюванні твердих видів палива в топках теплових електростанцій утворюються відходи у вигляді шлаку і золи. Зола і шлак є великотоннажними відходами. Так, наприклад, теплова електростанція потужністю 1 млн кВт/добу спалює близько 10000 т вугілля, при цьому утворюється близько 1000 тон золи і шлаку. Вони є продуктами високотемпературної (1200–1700 °С) обробки мінеральної частини палива. Золю уловлюють за допомогою води в спеціальних бункерах і видаляють у вигляді гупли гідротранспортом в золовідвали. Шлаки гранулюють шляхом швидкого охолодження водою і видаляють у відвали сухим або гідравлічним способом разом із золою. Вихід золашлакових відходів залежить від виду палива і складає: в бурому вугіллі 10–15 %, в кам'яному 3–40

%, в горючих сланцях 50–80 %, в мазуті 0,15–0,20 %. Паливо спалюють у шарі над колосниковою решіткою у вигляді дрібних шматків або при вдмухуванні в пилоподібному стані. Золи пило-подібного спалювання проходять високо-температурну обробку. Вони мають порівняно однорідний хімічний склад і незначний вміст незгорілих часток палива. Деяка частина золи осідає на трубах казана та стінках димки, але основна її маса (зола-винесення) несеється з димовими газами, уловлюється й накопичується в бункерах, звідки видаляється потоком води або пневмотранспортом [14].

Численні наукові дослідження і дослідно-промислове впровадження переконливо доводять, що введення золи до складу бетонів і розчинів з метою економії цементу і піску в деяких випадках не погіршує їх властивостей. Однак вміст золи при цьому обмежено 5-50%. Заміна цементу золою при великих дозах призводить до різкого зниження фізико-механічних властивостей бетону. Отже, для використання бетонів з підвищеним вмістом золи необхідні елективні методи їх модифікації [10].

Зола-винесення являє собою тонкодисперсний матеріал, що складається в основному із часток розміром 0,005–0,1 мм. Її хіміко-мінералогічний склад відповідає складу мінеральної частини палива, що спалюється. При згоранні кам'яного вугілля зола являє собою обпалену глинисту речовину із включенням дисперсних часток кварцового піску. При випалі мінеральної частини палива дегідратується глиниста речовина й утворюються низькоосновні алюмінати й силікати кальцію. Основним компонентом золи-винесення є слоноподібна алюмосилікатна фаза, що складає 40–65 % з її маси й має вид часток кулястої форми розміром до 100 мкм. Із кристалічних фаз у золах можуть бути присутнім α -кварц і муліт, а при підвищеному вмісті Fe_2O_3 також гематит. Якщо мінеральна частина палива містить значну кількість карбонатів, то в золі утворюються низькоосновні силікати й ферити кальцію, здатні взаємодіяти з водою. У невеликій кількості в золу входять наступні домішки: вільні оксиди кальцію й магнію, сульфат, сульфід й ін. У золах, як правило, міститься

вуглець у вигляді різних модифікацій коксових залипків. Вміст їх для кам'яного вугілля – 3–12 %, причому незгорілих частин у тонкодисперсних фракціях золи менше, ніж у грубодисперсних [27].

За якісними показниками золи можна розділити на 4 види:

- застосовувані в залізобетонних конструкціях і виробках з легкого і важкого бетону.
- для будівельних розчинів і виробів з легкого і важкого бетону.
- для пористого бетону.
- для з/б конструкцій і бетонів, що працюють у важких умовах (в хімічно агресивному середовищі, при високих навантаженнях (дороги, злітні смуги)). [6]

Залежно від кількості оксиду кальцію [14] у складі золи-виносу, можна золи поділити на 2 групи:

1. до 10% - кислі.
2. від 10% - основні.

А в залежності від типу палива [25], з якого отримують золи, їх можна розділити на:

- Антрацитові (з антрациту, вивантрациту і худого кам'яного вугілля)
- Буровугільні
- Кам'яновугільні.

Мінеральний склад золи-виносу [6].

За мінералогічним складом і властивостями зола-виносу може бути розділена на два види, які відрізняються один від одного головним чином вмістом кальцію. Зола-виносу першого виду, містить зазвичай менше 5% оксиду кальцію CaO , є в основному продуктом спалювання антрациту і бітумінозного вугілля.

До другого виду відноситься зола-виносу, що містить зазвичай 15-35% аналітично обумовленого CaO . Вона представляє собою продукт спалювання бурого вугілля і низькобітумінозного вугілля.

Низько кальцієва зола-винесення завдяки високому вмісту кремнезему і глинозему складається в основному з алюмосилікатного скла. У печі, де відбувається повільне і неоднорідне охолодження великих об'єктів розплавленого скла, спостерігається кристалізація алюмосилікатів, а саме силіманіту і муліту у вигляді тонких голчастих кристалів усередині скляних сфер. Це часткове розкльовування скла в низько кальцієвій золі віднесенні пояснюється присутністю кристалічних алюмосилікатів, які відносно не придатні для реакції.

Дані мікроскопічних досліджень золи-винесення після хімічних реакцій в бетоні або після травлення зразків для видалення склоподібної фази [28] свідчать про присутність кристалічних фаз, укладених в тверді склоподібні сфери. Можливо також залежно від товщини помелу вугілля перед спалюванням присутність в золі залишків α -кварцу в первісному (незміненому) кристалічному стані. Дифракційний рентгенівський аналіз підтверджує, що основними кристалічними мінералами в Низько кальцієва золі-винесення є α -кварц, муліт, силіманіт, і магнетит.

Оскільки кристалічні мінерали придатні для реакції при нормальній температурі при гідратації портланд цементу, то, якщо вони присутні у великих кількостях натомість некристалічного компонента або скла, реакційна здатність золи збільшується.

Наведене у стандарті ASTM C618 [16] твердження про те, що всі оксиди, присутні в пуцолані (кремнезем, глинозем і оксид заліза), потенційно придатні для реакції з вапном (і тому виступають в некристалічних формі), представляється спірним, оскільки на практиці значні кількості цих оксидів зустрічаються у вигляді нереакційноздатних кристалічних мінералів: SiO_2 у формі кварцу, муліту і силіманіту, глинозем - у вигляді муліту і силіманіту, оксид заліза - у вигляді гематиту і магнетиту. Висококальцієва зола-винесення, яка також може містити значні кількості оксиду магнію, лугів і сульфатів, структурно більш складна ніж низько кальцієві золи з антрациту і

бітумінозного вугілля. Звідси випливає, що склад некристалічної або склоподібної фази відрізняється від склоподібної фази зазвичай присутньої в низько кальцієвій золі-винесенні.

Основним кристалічним мінералом в висококальцієвій золі-винесенні є зазвичай C_3A який являє собою найбільш реакційноздатні мінерал, присутній в портландцементі [11]. У деяких видах висококальцієвій золі-винесення виявлені кристалічні C_4A_3S , CS і вільний CaO , які спільно з C_3A легко реагують з утворенням алемінатів кальцію і гідратів сульфоалюмінатів з в'язучими властивостями. У висококальцієвій золі-винесення також виявлені невеликі кількості кварцу і кристалічного оксиду заліза. Можна зробити висновок, що кристалічні мінерали в низько кальцієвій золі-винесення не реакційноздатні, в той час як багато з кристалічних мінералів в висококальцієвій золі-винесення реакційноздатні і можуть надавати золі в'язучі властивості. Наприклад, спостерігалось швидке скопювання деяких летючих зол класу C по ASTM, що відбувається завдяки швидкому утворенню C_4AH_{13} , C_4ASHig і етерінгіта [16].

У зв'язку з тим, що некристалічна фаза або скло є основним компонентом золі-винесення (ноді 80% або більше), виявляється, що висока реакційна здатність високо кальцієвої золі-винесення може бути віднесена до хімічного складу скла, який відрізняється від складу скла в низько кальцієвих золах. Положення дифузійної смуги може дати деякі вказівки щодо складу скла [26].

Шлак в суміші портландцементу з гранульованим доменним шлаком зазвичай починає давати приріст міцності через 3 доби після гідратації, а низько кальцієва зола-винесення в суміші портландцементу з золою-винесення не показує будь-якого істотного приросту міцності раніше двох тижнів після гідратації. З цього випливає, що кальцієве алюмосилікатне скло в високо кальцієвій золі-винесення, яке за складом подібно скла в гранульованому доменному шлаку, буде більш реакційноздатним, ніж алюмосилікатне скло в низькокальцієвих золах [17].

Іншим характерною відмінністю між низькокальцієвою і висококальцієвою золою-виносу є те, що остання зазвичай не містить або містить незначну кількість незгорілого вуглецю. У першій золі, що характерно для промислової золи-виносу, рідко спостерігається поздне згорання вуглецю який присутній в кількості від 2 до 10% і може бути легко визначений за втратами при прожарюванні. Деяка кількість цього вуглецю може бути вкращені в скло, але основна його частина проявляється у вигляді пористих або мереживо-різних частинок, які мають велику внутрішню поверхню і тому здатні абсорбувати значні кількості води і хімічних добавок з водного розчину. Якщо щільність ніздрюватих або мереживоподібних частинок вуглецю, розмір яких зазвичай перевищує 45 мкм., в золі-віднесенні більше, то використання золи-виносу як мінеральної доправки в бетоні збільшує водопотребу і призводить до необхідності застосування доправок. Однак співвідношення між змістом фракції <math>< 45 \text{ мкм.}</math> і вмістом вуглецю в золі-виносу обов'язково має бути прямо пропорційним, так як грубі частинки можуть складатися з кварцу і, більше того, деяка кількість незгорілого вуглецю може бути присутнім в склі [6].

Хімічний склад золи сильно коливається залежно від виду палива. Активність золи називають її здатність при змішуванні з тонкоподрібненим вигляді повітряної вапном і змішуванні водою тверднути в різних умовах. Активність підвищується при наявності в золі кремнеземистого компонента збо обпалених глинистих матеріалів і при підвищенні спе питомої поверхні. Зола є активним компонентом змішаного в'язучого і бетону, що обумовлює можливість її ефективного використання для виробництва вапно-зольних в'язучих, в якості активної мінеральної доправки і в цементі та бетони, для виробництва пористих бетонів. Хімічна активність золи підвищується при тепловій обробці бетону. Деякі золи, отримані при спалюванні сланців і окремих видів торфу і бурового вугілля, після тонкого помелу можуть використовуватися як низькомарочні в'язкі речовини [9].

Щільність золи становить $1,75 \dots 2,4 \text{ г/см}^3$, однак щільність окремих фракції може значно відрізнятися від середніх значенні. Щільність залежить від виду палива і температури спалювання. Розміри частинок золи залежать від сировини, місця відбору проби і зазвичай коливаються в межах $5 \dots 100 \text{ мкм}$ [7].

Зола повинна витримувати стандартні випробування на рівномірність зміни об'єму [7], при цьому зразки виготовляють з розчину нормальної густоти. Золи використовують як тонкомолоті добавки для зниження витрати цементу і тепловиділення в виріб для гідротехнічних споруд, замінюючи частину цементу золою, а також у тих випадках, коли по міцності бетону потрібно менша витрата цементу, ніж мінімальна допустимий за умов одержання щільного бетону. Золи використовують для приготування штучних пористих заповнювачів: аглопоритного і зольного гравію. Аглопоритний гравій із зол ТЕГ готують методом спікання серцевих гранул на решітках агломератійних машин. Зольні пористі заповнювачі наближаються за своїми властивостями до керамзиту, але дешевші. На зольних пористих заповнювачах можна отримувати ефективні легкі бетони.

В даний час все ширше застосовується зола-виносна у виробництві збірних залізобетонних конструкцій. Суху золу вводять в бетон класів В7,5-В40 в кількості до 5-30% від маси цементу. Однак при надмірному вмісті золи можливе спучування поверхні пропарюваних виробів [12].

Однією з істотних характеристик золи як активної мінеральної добавки в бетон є її гідралічна активність. Традиційними методами вона визначається за здатністю золи поглинати вапно з вапняного розчину, а також проявляти в'язучі властивості в поєднанні з гідратної вапном. Прискореним методом визначення активності золи є мікроскопометричний метод, відповідно до якого активність золи визначається за величиною теплоти її змочування в полярних і неполярних рідинах, враховуючи коефіцієнт гідрофільності і ряд інших параметрів [22].

Вимоги до зол, як до активних мінеральних добавок в бетонну суміш, обумовлені фізико-хімічним механізмом їх впливу чи процеси твердіння і структуроутворення бетону. Гідравлічна активність зол, як і інших речовин пуцоланового типу, значною мірою обумовлена хімічною взаємодією. Відносять до них оксиди кремнію та алюмінію з гідроксидом кальцію, що виділяється при гідролізі клінкерних мінералів, з утворенням гидросилікатів і гидроалюмінатів кальцію. Гідrataція зол сприяє їх склоподібна фаза, кристалічна фаза в цьому процесі практично інертна. Хімічна активність зол безпосередньо пов'язана також з їх дисперсністю.

За сучасними уявленнями міцність цементів і бетонів з добавкою золи залежить від товщини порушеного хімічними процесами поверхневого шару зольної частинки.

Позитивному впливу золи на структуроутворення бетону сприяє також «ефект дрібних порочків», що розширюють вільний простір, в якому осідають продукти гідrataції, що прискорює процес твердіння цементу [19].

Чинні нормативні документи [7] дозволяють застосовувати золу-виношення в якості добавки для приготування бетонів збірних і монолітних конструкцій будівель і споруд, крім конструкцій експлуатованих в середовищі далі із середньою і сильною агресивністю.

У залежності від області застосування золу поділяють на види [16]:

I - для залізобетонних конструкцій і виробів;

II - для бетонних конструкцій і виробів;

III - для конструкцій гідротехнічних споруд. У межах окремих видів додатково виділяють класи золи для бетонів. А - важкого; Б - легкого.

Питома поверхня золи класу А повинна бути не менше 2800 г/см^2 , а класу Б - $1500 \text{ - } 4000 \text{ г/см}^2$. Залишок на ситі № 008 для золи класу А не повинен перевищувати 15% за масою. Велічість золи сухого відбору повинна бути не більше 3%. Для застосування в бетонах зразки із суміші золи і цементу перевіряють кип'ятінням у воді на рівномірність зміни об'єму [9].

Підбір складів бетону з добавкою золи [27] полягає у визначенні такого співвідношення компонентів, включаючи золу, при якому необхідні властивості бетонної суміші та бетону досягаються при мінімальній витраті цементу. В бетонній суміші зола виконує роль не тільки активної мінеральної добавки, що збільшує кількість зв'язуючого, але й мікрозаповнювача, що поліпшує гранулометрію піску і активно впливає на процеси структуроутворення бетону. Враховуючи поліфункціональний характер зольної добавки, введення її лише взамін частини цементу або частини піску не дозволяє вирішити завдання оптимізації складів.

Зменшення витрати цементу при введенні золи-виносу насамперед доцільно при «зайвій активності» цементу, тих випадках, коли марка застосовуваного цементу вище рекомендованої. При застосуванні золи ФЕС добувається зниження мінімальної норми витрати цементу для неармованих бетонних виробів до 140 кг/м^3 , а для армованих залізобетонних – до 180 кг/м^3 . Сумарна витрата цементу і золи при цьому мають бути відповідно не менше 200 і 220 кг/м^3 . Кількість золи визначається пропорційно необхідному відсотку зниження «зайвої активності» цементу [13].

Введення золи-виносу в оптимальній кількості не підвищує водопотребу бетонних сумішей, що пояснюється зм'якшенням і відносно правильною формою зерен. При високій дисперсності золи і незначному вмісті в ній незгорілого вугілля легкоукладність суміші підвищується. Пластифікуючий ефект золи підвищується при наявності в бетонній суміші дрібного заповнювача з недостатньою кількістю тонких фракцій [13].

Кулясті частини золи можуть розглядатися як тверді «шарикопідшипники» в суміші, вони аналогічно пухирцям емульгованого повітря при використанні повітрянозатягаючих добавок надають пластифікуючу дію на бетонну суміш [4].

Підвищення дисперсності зол і зниження їх водопотреби можуть бути досліджені відбором їх з остатніх полів електророзтрів або помелом.

Введення золи-виношення сприяє зниженню водододження бетонної суміші. Пластифікуюча і водоутримуюча здатність золи обумовлює перспективність її застосування в литих бетонах [17].

Бетонні суміші з оптимальною добавкою золи мають досить високу життєздатність і придатні для транспортування на далекі відстані.

Вплив золи на міцність бетону залежить від її властивостей і дисперсності, змісту та хіміко-мінералогічного складу цементу, стику та умов обробки бетону. Для оцінки впливу золи на міцність бетону введено поняття її «цементуючої ефективності», яке характеризується коефіцієнтом $K_{ц}$ [12].

Цементуюча ефективність золи-виношення характеризує кількість цементу в кг. заміненої без зниження міцності бетону 1 кг золи. Встановлено, що подібно відомому в технології бетону правилу цементно-водного (або водоцементного) відношення, констатує однозначний зв'язок даного параметра з міцністю бетону, справедливо правило наведеного (Ц/В). Визначивши значення (Ц/В) і залиши оптимальний вміст золи з відомим значенням, можна знайти необхідну (Ц/В) золовмісних бетонів і проектувати їх склад.

Більшість дослідників відзначають позитивний вплив підвищення дисперсності золи на міцність бетону. Встановлено, що активність золи істотно підвищується при доведенні розмірів її часток до ≤ 30 мкм. Вироблення питомої поверхні золи на вміст у ній склоподібної фази близько до коефіцієнту K у формулі Фере, з якою прямо пропорційно пов'язана міцність бетону. Відповідно до формули Фере міцність бетону на стиск у віці 28 діб:

$$R_6 = k \left(\frac{V_{ц}}{V_{ц} + V_{в} + V_{п}} \right)^2$$

де $V_{ц}$ – об'єм цементу; $V_{в}$ – об'єм води; $V_{п}$ – об'єм повітря [11].

Дослідивши міцність розчинів з цементів, отриманих змішуванням клінкеру і золи, подрібнених до значень питомої поверхні 2500-6400 і 3000-8000 г/см³ відповідно, М. Беню встановив [5] необхідне відповідність між

гранулометричним складом золи і тонкістю помелу клінкеру. Найбільш значно підвищення дисперсності золи позначається на міцності бетону в ранньому віці.

У порівнянні з роздільним помелом кращі результати отримані при спільному подрібненні цементу і золи. Спільний помел дозволив обґрунтувати можливість отримання трьохкомпонентного з'єднання (35% цементу - 25 золи - 40 шлаку), міцність якого при стисненні становить через 60 діб - 84, при розтягуванні - 90% міцності бетону на цементі без добавок.

Значний ефект від підвищення дисперсності спостерігається після обробки їх бетону, якій до 28-добового віку послаблюється.

Характерно, що вплив дисперсності золи на міцність бетону проявляється помітно сильніше, ніж цементу. Це обумовлено пластифікуючим ефектом тонких фракцій золи на бетонні суміші, незважаючи на можливе при цьому збільшення нормальної густоти золовмісних елементів. Домелення навіть малоактивних зол до $4000-5000 \text{ см}^2$ дозволяє заощадити 20-30% цементу без зниження класу бетону. Більш доцільним є мокрий домол, при якому золи НЕ підсушують і досягається більш висока дисперсність [15].

У ранні терміни твердіння (до 28 діб), особливо при введенні грубодисперсної золи, міцність бетону знижується, хоча і не пропорційно кількості добавки, потім спостерігається дорівнювання, а іноді і більш висока міцність у бетонів з зольної добавкою [11].

Для досягнення високої міцності золовмісних бетонів певне значення має хіміко-мінералогічний склад клінкеру. У ранньому віці зростання міцності бетону сприяє підвищений вміст в клінкері лугів, що прискорюють хімічну взаємодію золи і цементу; в більш пізньому - для прояву пуццоломової реакції золи переважніше цементу з підвищеним вмістом аліту, які при гідролізі утворюють підвищену концентрацію $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Міцність золовмісного бетону, пропареного при 95°C , на 12-15% перевищує міцність бетону, пропареного при 80°C . Підвищення температури дозволяє на 1-2 години скоротити час теплової обробки.

Для бетонів з добавкою золи характерний порівняло інтенсивний ріст міцності в пізні терміни твердіння. За даними японських дослідників, міцність при стисненні бетонів, що містять 190 і 240 кг/м³ цементу і 30% -у добавку золи в 10-річному віці, відповідно в 1,44 і 1,43 рази перевищує міцність бетону у віці 3 міс. Відзначається можливість і більш інтенсивного зростання міцності при стисненні. При випробуванні кернів з бетонного дорожнього покриття, в якому 30% цементу замінено золою, спостерігалася міцність при стисненні 37 МПа через 3 місяці і 61 МПа - через 9,5 років [3].

При тривалому твердінні інтенсивно росте міцність золовмісних бетонів не тільки при стисненні, але також при розтягуванні і згині. Зразки у вигляді стрижнів і брусків, вирізані з дослідної бетонної кладки, показали міцність при згині золовмісних бетонів через 3 міс. - 80% і через 10 років - 150% міцності контрольного бетону. У бетонів з золою, так само як і з іншими активними мінеральними добавками, більш високе відношення міцності на розтяг до міцності на стиск [3].

Для золовмісних бетонів значний ефект дає введення добавок ПАР (поверхнево-активні речовини) [19]. Пластифікуючі ПАР надають дефлокулюючу дію на високодispersні золи, схильні до агрегування. Частка флокул в золі становить 10-15%, і вони поглинають на кожні 100 кг 6-9 л води.

Представляє інтерес вплив на міцність бетону добавок прискорювачів твердіння, зокрема хлориду кальцію. В одній з робіт відзначається, що введення 1,2-1,5% хлориду кальцію від маси змішаного в'язучого дозволило збільшити міцність золовмісного бетону в 7-добовому віці на 18-20%, а у віці 28 діб - на 10-13% [14].

Заміщення частини цементу золою призводить до зменшення усадочних деформацій бетону, яке проявляється при зниженні водопетрібності бетонної суміші. Зменшення усадки пояснюється тим, що зола адсорбує з цементу розчинні луки та утворює стійкі, нерозчинні алюмосилікати.

Зола сприяє підвищенню сульфатостійкості цементних бетонів так само, як і інші активні мінеральні добавки. Результати 10 річних випробувань [11] показали, що бетон, який містить зольний цемент, більш стійкий до впливу морської води навіть у порівнянні з бетоном на шлагопортландцементі.

Найбільш значне поліпшення сульфатостійкості зазначалося для бетонів на портландцементі з високим вмістом C_{3A} . Найкращі результати відзначені для бетонів при введенні зол з найбільшим вмістом $SiO_2 + Al_2O_3$, тобто найбільш кислих за хімічним складом.

При використанні в бетонній суміші реакційноздатних заповнювачів, що містять опал, халцедон, кремнієві сланці, вулканічні туфи. Зола може бути застосована лише в тому випадку, якщо сумарний вміст лужних оксидів у в'язкому в перерахунку на Na_2O буде не більше 0,6% за масою. У золах такого відбору зазвичай міститься 1-5% лужних оксидів, використання їх в сумішах з реакційноздатними заповнювачами можливо при добавці в практично безлужні цементі. У той же час ряд досліджень показав, що заміщення цементу усіма видами золи зменшує взаємодію між лугами та заповнювачами. Верхній допустима межа можливого сумарного вмісту лужних оксидів у цементно-зольному в'язкому рекомендується 1,5% [13].

Зниження витрати цементу при введенні в бетонну суміш золи призводить до зменшення тепловиділення бетону і його розігріву в початковий період. Детальні дослідження застосування зольних цементів в гідротехнічних бетонах показали, що тепловиділення в бетоні на цементах з 25% золи на 15-25% нижче тепловиділення бетону на цементі без добавок.

Введення до складу цементів або безпосередньо в бетонні суміші значної кількості мінеральних добавок для зменшення тепловиділення виправданий лише в тих випадках, коли вони не викликають підвищення водопотреби. До таких добавок, поряд з доменним шлаком, відноситься зола. При використанні золи зниження спостерігається 50%-ве зменшення екзотермії бетону, що твердіє у віці 28 діб [5].

У світовій практиці гідротехнічного будівництва є безліч прикладів, коли введення золи позитивно позначилося на термічній трітійостійкості масивних бетонних споруд. При укладанні бетонної суміші з добавкою 15% золи від маси в'язучого, наприклад, на будівництві Братської ГЕС розігрів бетону в блоках був приблизно на 6°C нижче, ніж без добавки.

Зола, як і інші активні мінеральні добавки, при помірному вмісті в бетонній суміші підвищує водонепроникність бетону. Це пояснюється гідралічними властивостями золи і підвищенням щільності бетону. Значно підвищує водонепроникність введення в бетондобавки SiO_2 і хлористого кальцію. Найбільш ефективним виявилось спільне введення двох добавок. Водонепроникність бетону в цьому випадку підвищується вже у віці 28 діб до $W12$.

До негативних наслідків введення золи в бетонну суміш можна віднести зниження стійкості до стирання і кавітації.

Добавка золи в бетон не рекомендується при виробництві робіт в осінньо-зимовий період методом «термоса», так як вона уповільнює твердіння бетону при низьких температурах. При будівництві в районах з жарким і сухим кліматом дотримання за бетоном, що мають в своєму складі золу, повинен бути більш тривалим, ніж в районах з помірним кліматом.

Як і інші гідралічні добавки, зола-винесення знижує морозо- і повітряну стійкість бетону. У бетонах морозостійкістю $F50$ і вище або підлягають періодичному зволоженню і висушуванню можливість застосування золи встановлюється спеціальними дослідженнями. Зниження морозостійкості бетону можна компенсувати введенням повітрозатримуючих добавок.

Ступінь зниження морозостійкості бетонів при введенні в них золи різна і залежить від їх характеристик. До значного розкльоду основних фізико-механічних властивостей бетону, в тому числі і морозостійкості, призводить неоднорідність складу і властивостей золи-винесення.

Результати довгострокових випробувань показали, що при використанні золи не повинно виникати особливих побоювань через корозію сталеві арматури, якщо дотримані загальні вимоги, пропозовані до проектування виготовлення залізобетону [2].

Випробування бетону з тривалими навантаженнями показали, що введення золи значно знижує повзучість бетону. Так, при випробуванні протягом 240 діб повзучість бетону з добавкою золи-вищесення виявилася на 20-5% нижче показника контрольного бетону. При введенні добавки ПАР деформації повзучості золемісних бетонів мало відрізняються від деформацій бетонів без золи.

Дослідженнями виявлено [4], що золи знижують коефіцієнт лінійного температурного розширення розчину бетону в повітряно-сухому стані, наближаючи його до значень, які характерні для заповнювачів. Так, при температурі 20 ° С коефіцієнт лінійного розширення для звичайних розчинів дорівнює 8,8, розчинів з 25% золи і добавкою ПАР - 5,8, граніту - 3,8. Ці дані показують, що введення золи в бетон має підвищувати його термічну тріщиностійкість в умовах нагрівання та охолодження.

Внаслідок порівняно невисокої водопотреби бетонних сумішей заміна до 20% цементу золою практично не відбивається на усадочних деформаціях бетону при твердінні його на повітрі.

Накопичений позитивний досвід щодо застосування литих золемісних бетонних сумішей в монолітних тонкостінних залізобетонних конструкціях. До складу бетону вводять 100-150 кг/м³ золи-пластифікуючі добавки. Бетони з литих сумішей з добавкою золи мають досить високі фізико-механічні властивості, а конструкції з них - гарну якість поверхні. Пластичність бетонних сумішей завдяки введенню до їх складу золи істотно збільшується.

Типова технологічна лінія з виробництва бетонної суміші з добавкою золи-вищесення включає приймальний пристрій, склад, видатковий бункер і

дозатор. Золю доставляють залізничним транспортом у вагонах типу «Хоппер». Можлива її доставка і іншими спеціальними транспортним засобами.

Після розвантаження золи стиснене повітря подається в ємність для аерування та створення необхідного тиску, а також в змішувальне відділення для утворення повітряної середовища певної розрахункової концентрації. Розпушена стисненим повітрям аерована зола надходить під дією різниці тисків у змішувальну камеру, звідки по транспортному трубопроводу на склад. Робочий тиск стисненого повітря на вході трубопроводу пневмосистеми залежить від концентрації золи-винесення і дальності подачі.

За допомогою розподільного пристрою, що входить в комплект установки, золю-винесення розподіляють по силосам. Для очищення повітря, що входить з силосів, передбачені фільтри і циклони, під якими встановлені пилозбирачі. Пил відсмоктується і транспортується на склад. За допомогою струменевих, або камерних насосів зола подається в бункер осаджувач, встановлений в надбункерних відділеннях бетонозмішувального вузла, а потім у витратні бункери.

Механізми тракту подачі золи вмикаються автоматично по сигналу показника рівня, встановленого у віддатковому бункері. Неосіла зола разом з повітрям потрапляє в циклони де суміш вдруге очищається і осідає. З дозатора зола подається безпосередньо в бетонозмішувач. Повітря, що надходить з приймального пристрою і струменевий насос, проходить масловодоочистку. При використанні неочищеного повітря зола налипає на стінки трубопроводів і вся система виходить з ладу.

Таким чином для зберігання, транспортування та дозування золи сухого відбору застосовують, в основному, такі ж технологічне обладнання і транспортні засоби, що і для цементу.

Золю застосовують як компонент будівельних розчинів, в якому поєднуються властивості мінеральної добавки, пластифікатора і мікронаповнювача. Зола покращує пластичність і водоутримуючу здатність

розчинних сумішей, властивості затверділих розчинів. При застосуванні у розчинах тонкодисперсних зол, що відбираються з останніх полів електрофільтрів, істотно знижується витрата в'язучих. Застосування зол як добавки раціонально при стрімкій ефективних розчинів для кам'яної кладки і зведення стін з великорозмірних елементів. Однак розчини з добавкою золи не слід застосовувати в зимовий час у зв'язку з уповільненим темпом їх твердіння при зниженій температурі.

У будівельних розчинах застосовують як суху золу, так і золу гідровидалення.

В цементних розчинах оптимальний вміст золи рекомендується 100-200 кг/м³, при цьому в «худих» малоцементних розчинах воно становить 80-125% маси цементу, в більш «жирних» - 40-50%. При витраті цементу більше 400 кг/м³ введення золи до складу розчину малоефективно. Тонкодисперсна зола-принесення може застосовуватися замість частини цементу і піску. Крупнодисперсну золу раціонально застосовувати замість частини піску без зміни витрати цементу.

При застосуванні золи-випілення в цементних розчинах необхідна витрата цементу зазвичай знижується на 30-50 кг/м³ при одночасному поліпшенні легкоукладності розчинної суміші. Перевитрата цементу при повній заміні піску золою усувається добавкою невеликої кількості вапняного піску.

При повній заміні піску золою підвищуються деформації усадки в часі і деформації при попереминому зволоженні і висушуванні. Вони в 2-3 рази вище, ніж у цементно-піщаних розчинів. У цементно-вапняних розчинах золою можна замінювати частину цементу, вапна або піску. При цьому економиться до 30-50 кг цементу і 40-70 кг вапняного тесту на 1 м³ розчину без погіршення легкоукладності і міцності.

Зола у важких бетолах застосовується без додаткового помелу. Підсилення теплових електростанцій по всій країні дозволяє знизити

транспортні витрати на її доставку. Важкі бетони з домішкою золи можуть застосовуватися у всіх конструкціях, якщо до них не пред'являються особливі вимоги. Вміст золи в бетоні встановлюється з урахуванням властивостей в'язучого та умов експлуатації конструкцій.

Дослідження бетонів з добавками зол ТЕС дозволили визначити властивості гідротехнічних бетонів з домішкою золи і рекомендувати їх впровадження в будівництво. Є позитивний досвід введення золи до складу бетонної суміші у вигляді водної суспензії.

Властивості важкого бетону з підвищеною дозуванням золи при вертикально-касетному способі формування описали в роботах С.І. Павленко. Встановлено, що при оптимальному дозуванні золи (150-200 кг) і при використанні пластифікуючої добавки, можна заощадити до 90-120 кг цементу на 1 м^3 бетону.

Використання золи ТЕС в якості алітної мінеральної добавки при виробництві порцеляноцементу і пуцоланового порцеляноцементу регламентоване [7].

У різних дослідженнях показано можливість заміни до 30 % цементу золою без погіршення його властивостей [13,16].

Гольдштейн Л.Я., Штефурт Н.П. пропонують використовувати золу і шлак в якості добавки при виробництві цементу С25. Окис заліза і частинки незгорілого палива, що входить в склад золи, викликають спучування матеріалу при випалюванні. Цю властивість використовують при отриманні чистого зольного гравію. Зола як заміник піску використовують в теплоізоляційних і конструкційно-теплоізоляційних бетонах.

РОЗДІЛ 2**МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Мета роботи: дослідити
винос котлів з цирку

Об'єкт дослідження

Предмет дослідження

Задачі

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Визначення характеристик вихідних матеріалів

3.1.1 Цемент

У придбаного цементу визначалися наступні параметри (результати можна побачити у розділі 4 цієї роботи).

- тонкість помелу [21];
- нормальну густоту [19];
- марку [20].

3.1.2 Щебінь

Для дослідів щебню визначалися такі параметри як:

- насипна густина;

Вищевказані характеристики визначалися згідно з [18];

3.1.3 Зола-виносу

Для виготовлення зразків у межах даної роботи використовувався зола-виносу. Для неї визначалися наступні показники:

- істина густина [9];
- насипна густина [9];
- модуль крупності [9];
- водопотреба [19].

3.1.4 Пісок

Для приготування контрольної серії зразків був використаний річковий пісок, для якого були визначені такі характеристики:

- насипна густина [24];
- модуль крупності [24];

Результати усіх випробувань вихідних матеріалів наведені у розділі 4.

3.2 Підбір складу важкого бетону

Склад для зразків підбирався на основі [23] і приведений нижче.

Оскільки теоретично дуже важко підібрати склад для бетону з певним значенням стійкості до замочування і висушування, то для встановлення оптимального складу в даній роботі було використано рекомендації тематичної літератури.

Враховуючи дані, що наведені у попередньому розділі з проектний клас майбутнього бетону було обрано В20.

Згідно (1) проводимо підбір складу бетону:

Визначають водоцементне відношення, яке забезпечує отримання бетону заданої міцності при використанні цементу певної активності. В/Ц розраховують за наступними емпіричними формулами:

$$f_{cm} \leq 1,2R_{ц}, \frac{В}{Ц} = \frac{AR_{ц}}{f_{cm} + 0,5AR_{ц}}, f_{cm} > 1,2R_{ц}, \frac{В}{Ц} = \frac{1,2R_{ц}}{f_{cm} - 0,5A_1R_{ц}}, \quad (1)$$

де f_{cm} - проектна середня міцність бетону;

$R_{ц}$ - активність цементу, яка вказується згідно з ДСТУ Б В.2.7-187;

A і A_1 - коефіцієнти, що залежать від якості заповнювача

Для визначення необхідного вмісту щебеню у складі бетонної суміші було використано формулу (2):

$$Ц_{щ} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_{i,г}^{щ}} + \alpha \frac{1}{\rho_{н,г}^{щ}} \times V_{пуст.}}, \quad (2)$$

де $\rho_{i,г}^{щ}$ - істинна густина зерен щебеню, г/см³;

$\rho_{н,г}^{щ}$ - номінальна густина щебеню, г/см³;

$V_{пуст.}$ - пористість щебеню, частки одиниці;

α - коефіцієнт розсування зерен

$V_{пуст.}$ - об'єм пустот, котрий визначався на основі даних розділу 4 цієї роботи по формулі (3):

$$V_{пуст} = 1 - \frac{\rho_c^{щ}}{\rho_i^{щ}} = 0,486 \quad (3)$$

Дрібний заповнювач підбирався згідно вимог [20].

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_c} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + В \right) \right] \rho^п. \quad (4)$$

де Ц, Щ, В - витрати цементу, щебеню (гравію) та води, кг;

ρ_c , $\rho_{щ}$, $\rho^п$ - істинна густина цементу, щебеню та піску, г/см³

В результаті обчислень було отримано склади бетонів на 1 м³ (таблиця 3.2), з котрих потім отримувалися робочі склади для експерименту.

Таблиця 3.2 Склади бетону на об'єм 1000 л

Склади на 1 м ³						
№	Цемент, кг	Вода, л	Щебінь, кг	ЗУ, кг	Пісок, кг	Пластифікатор, кг
1						
2						
3						
4						
5						
6						

3.3 Методика виготовлення зразків

Спочатку відбулося дозування вихідних компонентів (щебеню, цементу, піску та золи-винос ТЕС) на електронних лабораторних вагах відповідно до складів. Потім приготування до замісу бетонозмішувача (був вибраний примусовий спосіб перемішування). Вологою ганчіркою протиралися його внутрішні поверхні для того, щоб нівелювати витрати води замішування на змочування стінок.

У працюючий змішувач всипалися сухі компоненти (щебінь попередньо був промитий, для відокремлення пиловидних домішок). Потім компоненти

перемішувалися певний час, котрий був однаковим в усіх випадках, без присутності води.

Вода та пластифікатор вводилися сумісно. Після їх введення суміш перемішувалася до досягнення однорідної консистенції, котра отримувалася приблизно через 3 хв.

Зі свіже приготованої бетонної суміші формувалися зразки-кубики $100 \times 100 \times 100$ мм (форми для цього попередньо змащувалися мастилом, а місця з'єднання стінок герметизувалися силіконовим герметиком). Потім зразки ущільнювалися на лабораторній віброплощині. Зразки витримувалися протягом 28 діб у камері нормальної твердіння.

3.4 Підготовка до випробувань

Зразки детально маркувалися, висушувалися, зважувалися та вимірювалася площа на яку буде прикладене навантаження.

До випробування зразки готувалися згідно пунктів 4.5-4.10 [7].

3.5 Випробування

Замочування зразків у воду на дві доби та висушування їх до сталої маси, приблизно зафіксувавши час висихання.

У кожній серії зразків визначалися такі параметри, як середня густина з [13], межа міцності на стиск згідно з [22], водопоглинання - [13].

Для забезпечення експерименту надійності та задля порівняння, використовуючи ті ж самі компоненти (цемент, щебінь, добавка-суперпластифікатор та вода) та обладнання, була виготовлена серія контрольних зразків у яких замість золи-фініс, повною мірою використовували цемент. Для цієї суміші всі інші компоненти підбиралися адекватно до пункту 3.3. Склад для цієї суміші наведено у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Склад контрольної суміші

Компонент	Одиниці виміру	
Цемент	кг	
Вода	л	
Щебінь	кг	
Пісок	кг	
Пластифікатор	л	

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Цемент

Для проведення експерименту використовувався цемент ПЦ І-500-Н. Виробник АО «Євроцемент-Україна» місто Балаклея Харківської області.

Згідно даних виробника даний цемент відзначається високою ранньою міцністю, а високий вміст у клінгелі C_3S і низький вміст C_3A свідчить про можливість стримання на основі такого цементу бетону високої стійкості.

4.1.1 Тонкість помелу

Тонкість помелу цементу визначалася згідно [21], використовувався метод визначення вищезказаної характеристики за залишком на ситі. Нижче приведені результати, у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Результати визначення тонкості помелу цементу

№ дослідів	Маса наважки, г	Залишок на ситі, г	Тонкість помелу, %

4.1.2 Нормальна густина

Нормальна густина визначалася згідно [19]. Результати наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Результати визначення нормальної густини цементного тіста

№ дослідів	Кількість води замішування, мл	Показання приладу Віка, мм	Нормальна густина, %

4.1.3 Марка за міцністю на стиск

Марка за міцністю на стиск визначалася на зразках-балочках розмірами 40x40x160 мм згідно з вимогами [20]. Результати наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Результати визначення марки цементу за міцністю на стиск

№	Вік зразка, днів	Руйнуюче зусилля, кН	Границя міцності, МПа	Марка

4.2 Щебінь

Для випробувань використовувався щебінь лабораторії ТБКВіМ. Перед початком випробувань він був просіаний через сита для відбору фракції 5-10. Це пов'язано із особливістю конструкції бетонозмішувача, котра не дозволяє змішувати суміші, що містять у своєму складі зерна заповнювача розмірами понад 10 мм.

Окрім того щебінь для випробування був промитий та висушений, для того, щоб такі параметри як запиленість та вологість не впливали на результати дослідів.

4.2.1 Насипна густина

Насипна густина визначалася згідно вимог [18]. Результати наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 Результати визначення насипної густини лабораторного
щебню фракції 5-10

4.3 Зола-винос

Для дослідів використовувався зола.

4.3.1 Істинна густина

Істина густина визначалася просторовим методом, згідно з вимогами [9].

Результати випробувань наведені у таблиці 4.6

Таблиця 4.6 Результати визначення істинної густини золи-винос

Маса об'єктоміра з водою, г	Маса об'єктоміра з золю-винос, г	Маса навески золи-винос, г	Об'єм, см ³	Істинна густина, г/см ³

4.3.2 Насипна густина

Насипна густина визначалася згідно з вимогами, котрі окреслені у [9].

Результати випробування наведені у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 Результати визначення насипної густини золи-винос

№ дослідів	Об'єм циліндра, см ³	Вага циліндра, г	Вага циліндра з золю-винос, г	Вага золи-винос, г	Густина, г/см ³

У подальшому за насипну густину золошлаку приймалося середнє значення, котре становить 0.526 г/см³.

4.3.4 Водопотреба

Водопотреба визначалася згідно вимог [19]. Результати випробувань наведені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 Результати визначення водопотребі золи-виносу

№ дослідю	Кількість води замішування, мл	Водопотреба, %

4.4 Пісок

Пісок був використаний у якості дрібного заповнювача. Це – звичайний річковий пісок, характеристики якого наведені нижче.

4.4.1 Насипна густина

Насипна густина визначається згідно з [24]. Результати випробувань наведені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 Результати визначення насипної густоти піску

№ дослідю	Об'єм циліндра, см ³	Вага циліндра, г	Вага циліндр з піском, г	Вага піску, г	Густина, г/см ³

За значення насипної густоти піску приймалося середнє значення котрє становить 1,4 г/см³.

4.4.2 Істина густина

Істина густина визначається згідно з [24]. Результати випробувань наведені у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 Результати визначення істинної густоти піску

Маса об'ємоміра з водою, г	Маса об'ємоміра з золашляком, г	Маса наважки золашляку, г	Об'єм, см ³	Істина густина, г/см ³

4.4.3 Модуль крупності

Модуль крупності визначається згідно вимог [24]. Результати його визначення наведені у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 Результати визначення модуля крупності піску

№ сит	Пісок		
	Г	a_i , %	A_i , %
Мкр		1	

Окремо слід відзначити, що при підборі складу бетону з використанням піску у якості заповнювача було прийняте значення істинної густини рівне 2,64 г/см³.

Для дослідів використовувалась також добавка-суперпластифікатор BASF GLENUM 51.

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводилися в лабораторних умовах. Випробування проводились на бетонних зразках розміром 100x100x100 мм. У кожній серії зразків визначалися такі параметри як середня густина, межа міцності на стиск, водопоглинання. Результати досліджень наведені нижче.

5.1 Середня густина

Для визначення середньої густини в кожному кубині вимірювалися: F – середнє арифметичне площ обох опорних граней зразка, висота зразка в см, L – середнє арифметичне з двох вимірювань по протилежних гранях, V – об'єм зразка, обчислений як добуток робочої площі перерізу на висоту, M – маса зразка.

$$F = \frac{(10 \times 9,5) + (10 \times 9,5)}{2} = 95 \text{ см}^2.$$

$$V = 95 \times 10,15 = 965 \text{ см}^3.$$

$$M = 2255 \text{ г.}$$

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{2255}{965} = 2.336 \text{ г/см}^3 = 2336 \text{ кг/м}^3$$

Результати вимірювань середньої густини наведені в таблицях 5.1 – 5.6

Таблиця 5.1 Результати визначення середньої густини в сталених зразках

№	$F, \text{ см}^2$	$V, \text{ см}^3$	$M, \text{ г}$	$\rho_{\text{сер}}, \text{ кг/м}^3$
1	95			
2	96			
3	95			
4	96			

Таблиця 5.2 Результати визначення середньої густини в зразках з 5% золи-виносу

№	F, см ²	V, см ³	M, г	$\rho_{\text{сеп}}$, кг/м ³
1	95			
2	95			
3	97			
4	96			

Таблиця 5.3 Результати визначення середньої густини в зразках з 10% золи-виносу

№	F, см ²	V, см ³	M, г	$\rho_{\text{сеп}}$, кг/м ³
1	95			
2	97			
3	96			
4	96			

Таблиця 5.4 Результати визначення середньої густини в зразках з 15% золи-виносу

№	F, см ²	V, см ³	M, г	$\rho_{\text{сеп}}$, кг/м ³
1	95			
2	95			
3	95			
4	95			

Таблиця 5.5 Результати визначення середньої густини в зразках з 20% золи-виносу

№	F, см ²	V, см ³	M, г	$\rho_{\text{сеп}}$, кг/м ³

Таблиця 5.6 Результати визначення середньої густини в зразках з 25% золи-виносу

№	F, см ²	V, см ³	M, г	$\rho_{\text{сеп}}$, кг/м ³

Діаграма 5.1 Результати визначення середньої густини у зразках – кубах

5.2 Межа міцності на стиск

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса і прикладають навантаження, швидкість росту якого 0.6 ± 0.2 кН/с. Зразки доводять до повного руйнування. Межу міцності бетону на стиск (R_c , в МПа) обчислюють як кратне від ділення величини руйнівного навантаження (P_{max}) на робочу площу перерізу.

Результати визначення межі міцності на стиск наведені в таблицях 5.7 – 5.12

Таблиця 5.7 Результати визначення межі міцності на стиск в еталонних зразках

№	Вік зразка, діб	F, см ²	Руйнуюче зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28			
2	28			
3	28			
4	28			

Таблиця 5.8 Результати визначення межі міцності на стиск в зразках з вмістом 5% золи-виносу

№	Вік зразка, діб	F, см ²	Руйнуюче зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28			
2	28			
3	28			
4	28			

Таблиця 5.9 Результати визначення межі міцності на стиск в зразках з вмістом 10% золи-виносу

№	Вік зразка, діб	F, М ²	Руйнуюче зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28			
2	28			
3	28			
4	28			

Таблиця 5.10 Результати визначення межі міцності на стиск в зразках з вмістом 15% золи-виносу

№	Вік зразка, діб	F, см ²	Руйнуюче зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28			
2	28			
3	28			
4	28			

Таблиця 5.11 Результати визначення межі міцності на стиск в зразках з вмістом 20% золи-виносу

№	Вік зразка, діб	F, см ²	Руйнуюче зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28	95		
2	28	95		
3	28	95		
4	28	95		

Таблиця 5.12 Результати визначення межі міцності на стиск в зразках з вікстом 25% золи-виносу

№	Вік зразка, діб	F, см ²	Руйнівне зусилля, кгс	Межа міцності, МПа
1	28	97		
2	28	96		
3	28	96		
4	28	96		

Діаграма 5.2 Результати визначення межі міцності на стиск у зразках – кубах.

5.3 Водопоглинання

Зразки, попередньо висушені до сталої маси та охолоджені, очищують відпилу і зважують з точністю до 0,1 г. Потім занурюють у воду (рівень води над зразками не менше ніж 20 мм) і витримують не менше ніж 48 годин. Після витримки, зразки зважують повторно. Водопоглинання за масою (B_m) визначається за формулою:

$$B_m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

де, m_1 - маса насиченого зразка, г

m_0 - маса сухого зразка, г

Результати вимірювань наведені в таблицях 5.13 – 5.15

Таблиця 5.13 Результати визначення водопоглинання в еталонних зразках

№	m_0 , г	m_1 , г	B_m , %

Таблиця 5.14 Результати визначення водопоглинання в зразках з вмістом 5% золи-виносу

№	m_0 , г	m_1 , г	B_m , %

Таблиця 5.15 Результати визначення водопоглинання в зразках з вмістом 10% золи-виносу

№	m, г	m ₁ , г	B _m , %

Таблиця 5.16 Результати визначення водопоглинання в зразках з вмістом 15% золи-виносу

№	m, г	m ₁ , г	B _m , %
1			
2			
Σ			

Таблиця 5.17 Результати визначення водопоглинання в зразках з вмістом 20% золи-виносу

№	m, г	m ₁ , г	B _m , %
1			
2			
Σ		3,37	

Таблиця 5.18 Результати визначення водопоглинання в зразках з вмістом 25% золи-виносу

№	m, г	m ₁ , г	B _m , %
1			
2			
Σ		3,28	

Діаграма 5.1 Результати визначення водопоглинання у зразках – кубках

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Основними шкідливими факторами на заводі з виробництва дорожніх залізобетонних плит є: забруднення повітря, пилоутворення, вібрація, шум. Головними джерелами пилоутворення на заводі є такі виробничі фактори як дроблення сировини, транспортування сировини конвеєрними стрічками, приготування суміші, пресування на пресах, робота автотранспорту.

На заводі передбачено в кожному виробничому цеху витяжна вентиляція, яка зменшує вміст пилу в повітрі робочої зони.

Джерелами вібрації і шуму є установки для електропідігріву арматурних стержнів, бетоукладники, віброплощини, устаткування, що утворює порожнечу, металеві форми і притисувачі, установки для виготовлення бетонних заливочок та інше обладнання. Для виявлення шкідливих виробничих факторів на робочих місцях один раз на 5 років проводиться оцінка робочих місць.

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Організаційні причини

Відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення

норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; викривлення устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини

Несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисного огороження, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції кондиціонування повітря; теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування.

Заходи з техніки безпеки передбачають систему організаційних та технічних заходів та засобів, що запобігають впливу на працюючих небезпечних виробничих чинників. До них належать: розроблення та впровадження безпечного устаткування; механізація та автоматизація технологічних процесів; використання запобіжних пристосувань, автоматичних блокувальних засобів; правильне та зручне розташування органів керування устаткуванням; впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та регулювання технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; додержання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення

оглядів, лекційної та наочної агітації за пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних і вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском.

Засоби індивідуального захисту

На підприємстві повинен працювати працівник, який працює на виробничих роботах, забезпечується спеодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту. Усім робітникам які контактують з віброструментом, видаються рукавиці з вібропогасаючих матеріалів, допущених до використання органами санітарного нагляду.

Робота працівників в одязі, яка не відповідає вимогам, на підприємстві карається. Робітники, які зайняті на роботах з очищення деталей або виробів із іржі, фарби, бруду забезпечується захисними окулярами і респіраторами. Незастосування виданих засобів індивідуального захисту карається штрафом.

Робітники, які зайняті на роботах, при виконанні яких виділяється пил, іскри або відлітають оскільки стружки, забезпечуються на підприємстві окулярами, респіратором та рукавицями.

Вимоги до розміщення підприємств

Підприємства з виробництва дорожніх залізобетонних плит повинні розташовуватися відповідно до вимог затверджених в установленому порядку будівельних норм і правил, санітарних та протипожежних норм проектування промислових підприємств.

Підприємства, їх окремі будівлі та споруди з виробничими процесами, які є джерелами виділення шкідливих факторів в навколишнє середовище, повинні бути відділені від меж житлових районів санітарно-захисними зонами.

При розміщенні на території санітарно-захисних зон підприємств, їх окремих будівель і споруд повинні дотримуватися вимоги Санітарних норм проектування промислових підприємств (СН 245-71), затверджених Держбудом.

Виробничі шкідливі фактори, що виділяються підприємствами, не повинні робити негативного впливу на працівників, обладнання та продукцію поблизу розташованих підприємств.

Для запобігання цьому слід передбачати заходи щодо утилізації виробничих шкідливих факторів і максимального зменшення їх виділень.

Вимоги до улаштування та стану майданчиків підприємства

Майданчики промислових підприємств повинні відповідати вимогам затверджених Держбудом «Санітарних норм проектування промислових підприємств».

Прохідні пункти повинні бути розташовані з боку основних підходів або під'їздів робітників до підприємств.

Відстань від прохідних пунктів до входів в побутові приміщення основних цехів має повинно перевищувати 800 м, а в північній будівельно-кліматичній зоні - 400 м.

Доставка робітників від прохідних до санітарно-побутових приміщень, розташованих на відстані більше 800 м від прохідних пунктів, і назад повинна здійснюватися транспортними засобами.

Ширина воріт автомобільних в'їздів на майданчик підприємства повинна бути найбільшої ширини застосовуваних автомобілів на 1,5 м, але не менше 4,5 м. Ширина воріт для залізничних в'їздів не повинна бути менше 4,9 м.

Ворота для в'їзду на майданчик підприємства транспортних засобів повинні бути забезпечені замками, що усувають можливість довільного їх відкривання. Відкривання і закривання воріт повинно бути механізовано.

Схеми руху транспортних засобів і підходів повинні бути вивішені перед входом і в'їздом на майданчик підприємства, а також на видних місцях в цехах і на ділянках робіт.

Порядок руху транспортних засобів на внутрішніх автомобільних дорогах промислових підприємств встановлюється Правилами дорожнього руху, затвердженими МВС.

Дорожні знаки повинні бути добре видно як у денний так і в нічний час і забезпечувати надійну орієнтацію водіїв на майданчику підприємства.

Розмітка проїзної частини повинна бути виконана із зносостійкого матеріалу. При необхідності (особливо в районах з тривалим сніговим покривом) розмітку слід дублювати дорожніми знаками і покажчиками.

Адміністрацією підприємства повинні бути розроблені і доведені до відома всіх працівників схеми руху транспортних засобів і пішоходів по майданчику підприємства.

Для стоянки автомобілів у вантажно-розвантажувальних фронтів, у прохідних і в інших місцях на майданчику підприємства повинні бути передбачені спеціальні смуги або майданчики, що знаходяться за межами проїжджої частини доріг.

Розміри смуг і майданчиків повинні визначатися розрахунком залежно від кількості, типу і схеми розміщення транспортних засобів на стоянці.

До малогабаритних віднесені моторні візки шириною до 2,1 м, призначені для міжцехових перевезень: акумуляторні - чалантажувачі, трактори з причепами, електрокари; з двигунами внутрішнього згоряння - автонавантажувачі, автокари, автотягачі з причепами.

Вентиляція та опалення

Системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря повинні відповідати вимогам затверджених Держбудом «Санітарних норм проектування промислових підприємств», «Опалення, вентиляція і кондиціонування».

Примітка. Робочою зоною вважається простір заввишки до 2 м над рівнем підлоги або майданчика, на яких знаходяться робочі місця.

У штатних розкладах промислових підприємств повинен бути передбачений персонал для обслуговування і ремонту в експлуатації систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря.

Усі вентиляційні установки, які знову змонтовані, і вводяться в експлуатацію після реконструкції або капітального ремонту, повинні бути випробувані з метою

визначення їх ефективності. За результатами випробувань на кожну вентиляційну установку повинен бути складений паспорт.

Порядок випробування, регулювання і налагодження вентиляційних установок повинні відповідати вимогам затверджених Держбудом «Санітарно-технічне обладнання будівель і споруд».

Викиди в атмосферу повітря, що видаляється вентиляційними установками і містить шкідливі і неприємний запах речовини, повинні передбачатися так, щоб концентрація цих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів і в повітрі, що надходить зсередини будівель, не перевищувала гранично допустимих величин, встановлених вимогами затверджених Держбудом «Санітарних норм проектування промислових підприємств».

При зміні або інтенсифікації технологічного процесу, а також при перестановці обладнання, що виділяє виробничі шкідливості, вентиляційні установки, що забезпечують необхідну чистоту, вологість і рухливість повітря на робочих місцях у виробничих приміщеннях, повинні бути приведені у відповідність з новими виробничими умовами.

Паркан зовнішнього повітря приточними системами вентиляції не повинен проводитися на висоті менше 2 метрів від землі і в місцях, забруднених різними шкідливими речовинами.

Сумі пиловловлювачі вентиляційних систем повинні бути забезпечені бункерами з герметичними затворами, що допускають механізацію робіт щодо очищення бункерів. Безпильність навантаження уловлених матеріалів на транспортні засоби. Мокрі пиловловлювачі експлуатація яких пов'язана з постійним застосуванням води, повинні мати механізовані щамовідстійні пристрої.

Для опалення будівель і споруд підприємств повинні передбачатися системи, прилади та теплоносії, що не створюють додаткових виробничих шкідливих факторів.

Опалювальні прилади у виробничих приміщеннях зі значним виділенням пилу для зручності очищення повинні мати гладкі поверхні.

Робочі місця, на яких проводяться операції, пов'язані з постійним зіткненням з мокрими і холодними предметами, повинні бути обладнані пристроями для обігрівання рук.

Опалювальні прилади, розташовані в сходових клітках, не повинні зменшувати ширину маршів і перехідних майданчиків, а також утворювати виступи з площини стін на рівні руху людей.

Температура повітря, що надходить на постійні робочі місця через відкриті ворота, двері або технологічні отвори в холодний період року, не повинна бути нижче 14°C при легкій фізичній роботі, 12°C при роботі середньої тяжкості, 8°C при важкій роботі.

НАОП 1.6.10-1.01-77 Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в промисловості будівельних керамічних матеріалів. Для забезпечення необхідних температур відкриваються ворота, двері або технологічні отвори повинні бути обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами.

Температура повітря в приміщеннях для обігріву працюючих не повинна бути нижче 22°C .

Площа приміщення для обігріву працюючих визначається з розрахунку $0,1\text{ м}^2$ на одного працюючого в найбільш численній зміні, але не повинна бути менше 12 м^2 .

Відстань від робочих місць, що розміщуються в будівлях, до приміщень для обігріву працюючих не повинно бути більше 75 м, а від робочих місць на майданчику підприємства - понад 150 м. У приміщеннях для обігріву працюючих повинні бути столи лави для сидіння, умивальник з милом, питна вода, вішалка для верхнього одягу.

Забороняється проводити ремонт або вносити будь-які зміни в системи вентиляції та опалення (приєднувати додаткові лінії, знімати і замінювати

електродвигуни, вентилятори і т. д.) без відома і дозволу осіб, відповідальних за їх стан.

За справність опалювальної системи на заводі відповідальність несе начальник тепловодопостачання. У зимовий період для опалення будівель і цехів підприємства в роботі знаходяться 5 котелень, що працюють на твердому паливі.

Щорічно для контролю за дотриманням санітарних норм на підприємство з перевіркою приїжджає міська санітарно-епідеміологічна станція. Якщо на підприємстві порушуються вимоги до умов праці в приміщеннях, порушення фіксуються в протоколі та усуваються.

В якості вентиляції в приміщеннях робітників цехів і службових приміщень встановлені витяжні осьові вентилятори та відсмоктувачі (в залежності від виду виконання робіт у приміщенні).

Ремонт, обслуговування та спостереження за справним станом і ефективністю роботи вентиляційних установок виробляє служба головного механіка підприємства, контроль здійснює відділ з контролю за роботою обладнання.

У відділення для обслуговування і ремонту автомобілів (транспортний цех) передбачена загально обмінна і загальна вентиляція. Карбораторні відділення (моторний цех), акумуляторна, шиноремонтні відділення оснащені відсмоктувачами і припливною вентиляцією.

У фарбувальному цеху підприємства передбачені камери для проведення фарбувальних робіт, які забезпечені витяжною вентиляцією. У цеху по фарбуванню повинна бути припливно-витяжна вентиляція.

Водопостачання і каналізація

Господарсько-питні водопроводи, що живляться від міського водопроводу, не повинні мати безпосереднього з'єднання з іншими господарсько-питними водопроводами, що живляться від місцевих джерел водопостачання.

Для користування питною водою повинні бути влаштовані фонтанчики, з'єднані з господарсько-питним водопроводом. При відсутності господарсько-

питного водопроводу необхідно встановлювати заохочені питні бачки з фонтануючими насадками.

Питні бачки повинні бути виготовлені з легко очищаються і дезінфікуючих матеріалів, які не впливають на якість питної води, і щільно закриватися замикаються на замок кришками.

Насадки питних бачків і фонтанчики господарсько-питного водопроводу повинні розташовуватися на висоті 1 м від підлоги.

Вода в питних бачках повинна щодня замінюватися свіжою питною водою. Питні бачки слід регулярно промивати гарячою водою і дезінфікувати.

Температура питної води повинна бути від 8 до 20 °С.

При охолодженні питної води льодом повинна бути виключена можливість її забруднення.

У гарячих цехах робітники повинні забезпечуватися для пиття підсленою газованою водою з вмістом солі до 0,5% з розрахунку 4-5 л за зміну на одну людину.

Спуск отруйних продуктів і реагентів в каналізацію, в тому числі і при аваріях, забороняється. Ці продукти повинні направлятися в спеціальні технологічні смісті для подальшої утилізації або знешкодження.

Стічні води підприємств, що містять небезпечні бактеріальні забруднення, перед спуском в зовнішню каналізацію повинні знешкодуватися.

Відпрацьовані реактиви лабораторій перед спуском їх у каналізацію повинні бути знешкодовані засобами лабораторій.

Об'єднання стоків, при змішуванні яких утворюються займісті, шкідливі або вибухонебезпечні сполуки, не допускається.

Освітлення будівель і цехів.

Правильно спроектоване і виконане освітлення на підприємстві забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Забезпечення зору людини, стан його центральної нервової системи і безпека на виробництві значною мірою

залежать від умов освітлення. Від освітлення залежать також продуктивність праці і якість продукції, що випускається.

На заводі з виробництва і виробництва дорожніх залізобетонних плит освітлення в цехах і службових приміщеннях повинно бути виконано люмінесцентними лампами з рівномірним розміщенням світильників по площі приміщення.

Для перевірки відповідності освітленості на робочих місцях на підприємстві є прилад, люксметр, за допомогою якого 2 рази на рік фахівці з охорони праці роблять виміри освітленості.

Рекомендоване освітлення робочих приміщень для заводу з виробництва дорожніх залізобетонних плит визначається в межах 200 - 500 лк (в залежності від призначення приміщення на заводі). Результати показників освітленості повинні бути в нормі. На робочих місцях, де освітленість не відповідає нормі, повинні бути поставлені місцеві світильники.

6.2 Заходи пожежної безпеки у цеху (на ділянці цеху і т.п.) при виготовленні дорожніх залізобетонних плит.

Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики і активного пожежного захисту. Проектування та експлуатація всіх промислових підприємств регламентуються «Будівельними нормами і правилами», «Правилами улаштування електроустановок» та інших правил пожежної безпеки на підприємстві. У відповідності зі СНІП II-2-80 всі виробництва діляться на пожежно вибухової та вибухопожежної небезпеки на категорії. Підприємство з виробництва будівельно облицювальних матеріалів відноситься до категорії «Д» - виробництво яких обробляються негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно з правилами протипожежного захисту передбачені такі основні заходи щодо попередження виникнення пожежі у виробничих приміщеннях, а також щодо її ліквідації або локалізації:

- використання у всіх цехах вогнестійких дверей;

- використання у всіх камерах з електроустаткуванням незаймистих кріплень, а також встановлення біля входів у камери протипожежні двері;
- для ліквідації пожеж на початковій стадії і цехах мають бути вогнегасники.

Протипожежний захист будівель та споруд забезпечується дотриманням протипожежних розривів між будівлями, забезпечення вільних під'їздів до пожежних гідрантів, встановлення протипожежних щитів з пожежним інвентарем.

Запас води на підприємстві для протипожежних потреб зберігається в резервуарах місткістю по 250 м³ кожен, які розташовані в межах промислового майданчика. За протипожежну безпеку на заводі відповідальною особою призначений начальник служби охорони.

Електробезпека

Електробезпека це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Пристрій і технічна експлуатація електроустановок, електричних мереж електрообладнання на заводі проводиться згідно з вимогами спеціально навченими особами. За порушення вимог електробезпеки відповідальність несе головний енергетик підприємства.

6.3 Розрахунок штучного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку

Основні поняття та вимог до штучного освітлення. Штучне освітлення нормується у люксах залежно від категорії робіт за зоровою точністю і визначає мінімальну освітленість робочої поверхні.

- Типи штучного виробничого освітлення за розташуванням:
 - загальне освітлення – освітлює все приміщення або відкритий майданчик і залежно від технологічного процесу виконується

- рівномірним по всій площі об'єкта або локалізованим в окремій частині;
- комбіноване освітлення — одночасне використання загального та місцевого освітлення. місцеве освітлення призначене тільки для освітлення робочих поверхонь (наприклад, письмового стола).

Види штучного виробничого освітлення за призначенням:

- 1) робоче освітлення - освітлення, що забезпечує робочий процес;
- 2) аварійне освітлення - для продовження роботи при відключенні робочого освітлення (наявність автономного джерела живлення);
охоронче освітлення - для спостереження за об'єктом у неробочий час (невисокий рівень);
- 3) евакуаційне освітлення - для забезпечення евакуації людей із приміщення. Види ламп за принципом дії:

- 1) лампи розжарювання (вакуумні, галогенові) - електричний струм проходить через вольфрамову дрітятьку, яка нагрівається і світиться; переваги - не мерехтять, недоліки - великі питомі витрати електричної енергії ($ККД > 10\%$), спектр далекій від природного, відносно короткий строк служби (1000 год.);
- 2) лампи газорозрядні (люмінесцентні, ртутні, металогенні, натрієві, ксенонні) - розряд електричного струму в газі змушує світитися люмінофор унаслідок бомбардування його зарядженими елементарними часточками або безіосередньо газ; переваги - малі питомі витрати електричної енергії ($КК < 50\%$), спектр близький до природного (люмінесцентні) і може змінюватися, досить довгий строк служби (8000 год.), недоліки мерехтять із частотою, відчутною для очей.

Види освітлювальних приладів:

- 1) світильники - пристрій для закріплення та живлення лампи і розсіювання, відбиття та концентрації світла в певному напрямку;
- 2) прожектори - світильники, що можуть підключувати світловий потік у визначеному напрямку більше ніж у 5 разів.

Залежно від умов виробництва конструктивні рішення світильників можуть бути відкритими, водонепрохідними, пилонепроникними та вибухозахищеними і т. ін.

Висота підвісу світильників загального освітлення над робочим місцем не може бути меншою за 2,5 м, або в світильнику застосовується напруга 42 В.

Розрахувати штучне освітлення у виробничому приміщенні або на відкритій площадці означає підібрати тип лампи та світильника, підібрати потужність і кількість освітлювальних приладів, висоту і місце розташування світильників на плані.

Даний метод полягає в урахуванні коефіцієнта світловідбиття від основних поверхонь у приміщенні та співвідношення геометричних розмірів приміщення.

Розрахунок

Вихідні дані: лампи типу ДРЛ-250, приміщення $A \times B \times H = 78 \times 42 \times 7,2$ м, коефіцієнти відбиття для стелі $x_1 = 70\%$, для стін $x_2 = 50\%$, $h_p = 0,7$ м, $h_c = 0,3$ м, .

1) розрахунок висота підвіски світильника

$$h = H - h_p - h_c = 7,2 - 0,7 - 0,3 = 6,2 \text{ м,}$$

2) оптимальна відстань між світильниками при багатободному розташуванні

$$L = 1,5 h = 1,5 \cdot 6,2 = 9,3 \text{ м;}$$

3) оптимальна кількість світильників

$$n = \frac{A \cdot B}{L^2} = \frac{78 \cdot 42}{9,3^2} = 38 \text{ шт,}$$

4) визначення індексу приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{[h \cdot (A + P)]} = \frac{78 \cdot 42}{[6,2 \cdot (78 + 42)]} = 4,4 ;$$

5) при маємо за потрібними параметрами лампу потужність 250Вт і світловим потоком 11000 лм у кількості

$$n = \frac{E_n \cdot k \cdot A \cdot B \cdot z}{\Phi \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 78 \cdot 42 \cdot 1,15}{11000 \cdot 0,695} = 144 \text{ шт.},$$

Де $E_n = 200$ лк – нормативна освітленість;

$k = 144$ – коефіцієнт запасу на запилення;

$\eta = 0,695$ – коефіцієнт використання світлового потоку;

$z = 1,15$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Відповідь: $n = 144$ шт.

6.4 Розрахунок штучного заземлення в електроустановках напругою до 1000 В методом коефіцієнта використання електродів

Вихідні дані:

1. Питомий опір ґрунту $\rho_{вим} = 400 \text{ Ом} \times \text{м};$
2. В якості вертикального заземлювача (електрода) використовуються сталеві труби діаметром 45 мм;
3. Довжина вертикального електрода 4,6 м;
4. Горизонтальний електрод із круглої сталі діаметром 7,5 мм;
5. Електроди розташовуються по контуру;
6. Відношення $l/a = 2;$
7. Кліматична зона III;
8. Ґрунт малої вологості;
9. Довжина горизонтального електрода $l/a = 2 \Rightarrow a = 2l = 2 \cdot 4,6 = 9,2$

Розрахунок заземлення:

1) Розрахунок дійсного питомого опору ґрунту:

$$\rho_p = \rho_B \cdot \psi = 400 \cdot 1,4 = 560 \text{ Ом} \times \text{м},$$

де ψ – коефіцієнт сезонності, залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору;

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_B = G - S + \frac{L_B}{2} = 0,8 - 0,2 + \frac{4,6}{2} = 2,9 \text{ м}$$

3) опір розтікання струму одиночного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left(\text{Ln} \cdot \frac{2 \cdot L_B}{d_B} + 0,5 \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) =$$

$$\frac{560}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,6} \cdot \left(\text{Ln} \cdot \frac{2 \cdot 4,6}{0,045} + 0,5 \cdot \text{Ln} \frac{4 \cdot 2,9 + 4,6}{4 \cdot 2,9 - 4,6} \right) = 100,9 \text{ Ом}$$

4) потрібна кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_n \cdot \eta_B} = \frac{100,9}{10 \cdot 1} \approx 10 \text{ шт};$$

де η_B - коефіцієнт використання вертикального електрода;

5) довжина горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L_G = L_T \cdot n = 9,2 \cdot 10 = 92 \text{ м};$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода:

$$t_G = G - S = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м};$$

7) опір розтіканню струму всіх горизонтальних електродів:

$$R_G = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L_G} \cdot \text{Ln} \cdot \frac{L^2}{b \cdot t_G} = \frac{560}{2 \cdot 3,14 \cdot 92} \cdot \text{Ln} \cdot \frac{92^2}{0,025 \cdot 0,6} = 12,8 \text{ Ом};$$

8) коефіцієнт використання вертикального електрода:

$$\eta_B = 0,58;$$

9) коефіцієнт використання горизонтального електрода:

$$\eta_G = 0,40;$$

10) уточнений опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_G}{R_B \cdot \eta_B + R_G \cdot \eta_G} = \frac{100,9 \cdot 12,8}{100,9 \cdot 0,4 + 12,8 \cdot 0,68} = 10 \leq R_n = 10 \text{ Ом};$$

Висновок:

Оскільки при даному значенні питомого опору ґрунту ($\rho = 400 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) розрахункове значення імпульсного опору комбінованого заземлення $R_0 = 10 \text{ Ом}$

рівне виміряного значення $R_n=10 \text{ Ом}$, то остаточно приймаємо захисне заземлення із десяти вертикальних електродів з'єднаних сталевим прутком.

РОЗДІЛ 7

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При дослідженні властивостей важкого бетону з використанням золи-виносу котлів з циркуляційним киплячим шаром були виготовлені зразки-кубики розміром 100×100×100 мм.

За даними досліджень середньої густини зразків було встановлено, що найбільшу середню густину мають контрольні зразки, без додавання золи-виносу, вона склала 2334 кг/м³. З подальшим збільшення вмісту золи-виносу в зразках, значення середньої густини зменшувалось і склало відповідно 2315 кг/м³ в зразках з 5% золи-виносу, 2275 кг/м³ в зразках з 10% золи-виносу, 2254 кг/м³ в зразках з 15% золи-виносу, 2239 кг/м³ в зразках з 20% золи-виносу та 2199 кг/м³ в зразках з 25% золи-виносу.

При визначенні межі міцності на стиск було встановлено, що найбільшу міцність мають зразки без додавання золи-виносу, а саме 34,8 МПа. Зразки з вмістом 5% золи-виносу – 30,5 МПа зразки з вмістом 10% золи-виносу – 28,4 МПа, зразки з вмістом 15% золи-виносу – 27,7 МПа, зразки з вмістом 20% золи-виносу – 24,1 МПа, найменшу міцність показали зразки з вмістом 25% золи-виносу, вона склала – 21,1 МПа.

За даними визначення водопоглинання в зразках, було встановлено, що найменший відсоток водопоглинання мають зразки без вмісту золи-виносу – 2,2%. Відсоток водопоглинання в зразках з 5% золи-виносу склав 2,41%. Найбільший відсоток водопоглинання мають зразки з 10% золи-виносу – 3,62%. Водопоглинання у зразках з вмістом 15% золи-виносу – 3,44%. У зразках з 20% золи-виносу – 3,37% та з 25% золи-виносу – 3,28%.

Отже з проведених досліджень середньої густини, міцності та водопоглинання можна стверджувати, що використання золи-виносу в важкому бетоні є

доцільним і може бути використане для заміщення цементу, але рекомендований вміст золи-випіску не повинен перевищувати 10%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабанев Р. Золи і шлаки у виробництві будівельних матеріалів. Київ: Будівельник, 1987. 136 с.
2. Чехов, А. П., & Глуценко, В. М. (1994). Захист будівельних конструкцій від корозії. К.: Вища школа.
3. Байрачний, Е. І., Гульський, Г. Г., Штефан, В. В., & Токарева, І. А. (2016). Технічна електрохімія. Частина V. Сучасні хімічні джерела струму, електроліз розплавів, електроліз хімічних речовин. Харків: НТУ «ХП».
4. Пругін, А. А., Пругін, А. М., Кагановський, О. С., Градбоек, О. В. (2013). Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігаючих мінеральних в'язучих речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту, (138), 7-18.
5. Бондар Л.В., Бондар В.О. Аналіз існуючих методів захисту арматури залізобетонних конструкцій. Діп. 5.07.95 в ДНТБ України, №1673. Ук95.
6. Бондар Л.В., Бондар В.О. Особливості корозії арматури надземних залізобетонних конструкцій виробничих будівель та споруд. Діп. 10.07.95 в ДНТБ України, №1758 Ук, 95.
7. Авторське право на твір. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 118351. Стаття «Замінення арматурних сталей при виготовленні згинальних залізобетонних елементів прямокутного перерізу за невизначених статистичних характеристиках вихідних матеріалів» Автор: Бондар В.О., Бондар Л.В., Попович Н.М.
8. ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Будівельні матеріали. пісок і гільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови»

9. ДСТУ Б В.2.7-71-98 «Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Метод фізико-механічних випробувань»
10. ДСТУ Б В.2.7-273 : 2011 «Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови»
11. ДСТУ Б В.2.7-188:2009 «Цементи загальнобудівельного призначення Технічні умови»
12. ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Технічні умови
13. Бондар, Л. В., Бондар, В. О., & Полсвич, Н. М. (2021). Використання конструктивних рішень будівель і споруд, умов експлуатацій при влаштуванні електрохімічного захисту арматури залізобетонних конструкцій. Publishing House "Baltija Publishing"
14. Бондар, В. О., Бондар, Л. В., Голденіна, А. О., & Гроздь, А. В. (2016). Улаштування та розрахунок системи електрохімічного захисту від корозії арматури залізобетонних перекриттів із збірних ребристих плит. ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2(47), 117-124.
15. Стоєв П. І., Литовченко С. В., Гірка І. О., Грицина В. Т. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник : Харків, ХНУ імені В. Ч. Каразіна, 2019. 216 с. ISBN 978-966-285-548 /
16. Валовой, О. І., Валовой, М. О., & Сіянюк, Б. Г. (2022). Захист металевих будівельних конструкцій від корозії (Doctoral dissertation, Криворізький національний університет).
17. Подіювне та паралельне з'єднання провідників. <http://fizika-otzt.narod.ru/index/0-40>
18. В.Г. Поклонський, С.А. Фесенко, В.Г. Тарасюк та ін. Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2.

Практичний посібник. Київ: Інтертехнологія, 2016. 83 с. ISBN 978-966-97486-0-7 http://pb.nuczu.edu.ua/images/ppnp/Metc%20UdavnDiyal/12_.pdf.

19. Розподіл струму при послідовному з'єднанні провідників <http://ukped.com/plar-konspekti/fizika/2615-poslidovne-zednannja-providnikiv.html>
20. Л.Й. Дворкін. Гідротехнічні системи : навч. посібник. Київ : Каравела. 2023. 285 с.
21. Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник/ під заг. редакцією Гоца В.І.-К.: Основа, 2019. – 464 с.
22. О. М. Пшінько, М. В. Савицький, А. М. Зінкевич. Відновлення експлуатаційної придатності бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій : навчальний посібник. Дніпропетров. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2018. 220 с. ISBN 978-966-8471-86-5 <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inst71/0051990.pdf>
23. Гоц В. І., Павлюк В. В., Шипілок П. С. Бетони і будівельні розчини: підручник. Київ: Основа, 2016. 562 с.
24. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії загальні технічні вимоги.
25. ДСТУ Б В.2.7-112-2002 «Деталі. Загальні технічні умови»
26. ДСТУ Б В.2.7-215:2002 «Бетони. Правила підбору складу».
28. Охорона праці. Інструкція з охорони праці при експлуатації електроустановок до 1000В в установах та закладах освіти. http://otipb.at.ua/ua/instrukcija_z_ohoroni_praci_pri_ekspluatacii_elektro_ustanovok_do_1000_v_v_ustanovakh_ta_zakladakh_osviti/3-1-0-1812