

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

на тему: **«Вивчення впливу пластифікаторів на
структурні характеристики 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

Пермінова Сергія Олександровича

Керівник: Бондар Л.В.

Полтава 2024 року

ВСТУП

Як відомо, одним найбільш ефективним методом збільшення стійкості бетону в агресивних середовищах – створення сприятливої структури бетону.

Ця задача в багатьох випадках вирішується введенням до складу бетону при його виготовленні різних добавок. Важливе місце серед них займають пластифікуючі поверхнево – активні речовини, які понижають водо потребу суміші, покращують її зручність при укладанні, створюють в затверділому бетоні систему умовно замкнених пор.

Важливо вивчити механізми їх дії, ефективні дози.

Метою даної дипломної роботи було більш детальне вивчення різновидів цих добавок та їх вплив на структуру та проникність бетону. Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- ✓ визначення пористості бетону за кінетикою водопоглинання;
- ✓ визначення загального об'єму відкритих пор;
- ✓ визначення зміни середнього розміру пор;
- ✓ визначення однорідності пористої структури;

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Порова структура бетону.

Бетон – є класичним прикладом композитного матеріалу. Складається з в'язучого (цементу), заповнювачів (пісок, щебінь) і води. Бетонна суміш до затвердіння залежить від водоцементного відношення (В/Ц), може перебувати в злегка вологому стані (жорсткий бетон з $V/C = 0,3/0,4$, в'язкоподібному (пластичний бетон) з $V/C = 0,7/0,9$). Консистенція суміші приймається у відповідності зі способом транспортування і укладання бетонної суміші в опалубку і необхідною міцністю бетону.

На макроскопічному рівні бетон складається з крупних зерен кам'яного матеріалу, оточених матрицею розчину. На більш низькому структурному рівні розчин складається з зерен піску, оточених матрицею гідратованого цементного каменю. На мікроскопічному рівні необхідно мати на увазі, що гідратований цемент складається з гідросилікатів кальцію, інших продуктів гідратації і негідратованих зерен цементу, також містить пори, які можуть бути заповнені парами або парами або частково рідинами.

На суїкроскопічному рівні можна розрізнити гідросилікати кальцію, не закристалізовані частини різного виду та хімічного складу. Між ними знаходиться більш – менш безперервна система великих пор, які можуть бути пористими або частково, або повністю заповнені рідиною.

Композитному характеру бетону повинна бути приділена увага, щоб були відзначені складність його структури, кількість і характер компонентів і, крім того, була врахована роль особливостей міжфазних поверхонь, яка при хімічній дії компонентів зовнішнього середовища має, без сумніву, велике значення.

Міжфазна поверхня, а також внутрішня поверхня, яка в сумі являється поверхнею контакту фаз однієї об'єму та впливають на процеси корозії бетону як в якісному, так і в кількісному відношенні.

До дії цього фактору додається ще й дія внутрішнього напруженого стану, як первинна (наприклад, вплив схвачування та твердіння, дія внутрішніх процесів), так і вторинна (наприклад, вплив навантаження). Окремі фактори визначають властивості матеріалу своїми характеристиками та взаємодією матеріалу з зовнішнім середовищем. Ця взаємодія може мати хімічний, фізико-хімічний та фізичний характер.

Однією з найважливіших характеристик бетону являються параметри його порового простору. Поровим простором далі будемо називати об'єм, не заповнений твердою фазою.

Спектр властивостей порового простору, типових для деяких будівельних матеріалів, які за звичай застосовуються, приведені на рис. 1.1 де питома поверхня і середній радіус пор показані в логарифмічних осях.

Рис. 1.1. Середній розмір пор і питома поверхня матеріалів.

Також приведені області постійної пористості, розраховані з припущення циліндричної форми пор. Також, у випадку визначення поняття порового простору, немає однозначності в класифікації параметрів порового простору. При визначенні порового простору зазвичай, найчастіше виходять з

наступних трьох структурних властивостей: пористості – тобто частини загального об'єму, який займають пори; внутрішньої питомої поверхні пор – тобто площі або доступної поверхні в одиниці об'єму або маси даної речовини; поділу пор за розмірами, тобто поділу загального об'єму пор на пори в межах певного діапазону розмірів. Якщо враховувати геометрію реальних пор, то на поділ пор по розміру впливає також форма пор та спосіб їх взаємозв'язку, що враховується різними коефіцієнтами в залежності від застосованого методу вимірювання.

Порова структура бетону – коллоїда – формується з моменту затворення водою до затвердіння бетонної суміші. Формування пор відбувається в процесі переміщення, ущільнення свіжоприготовленої суміші та закінчується на протязі тривалого часу внаслідок тривалих процесів утворення продуктів гідратації в часі.

Властивості порової структури залежать від відносної кількості складових в одній одиниці об'єму бетонного композиту, їх властивостей, гомогенізації та ущільнення свіжо укладеної суміші, а також від умов та тривалості догляду.

Продукти гідратації не заповнюють об'єм повністю, але характеризуються пористістю 28%, утвореного об'ємом між окремими конлоїдними частинами матеріалу. Ця система частин названа цементним гелем, а простір між частинками – гелевими порами. Більшу частину гелю складають слабокристалізовані гідроксиди кальцію. Тому цей гель затверділого цементного каменю – цементного каменю, так названа модель Пауерса, яка не враховує інші складові цементного каменю – негідратовані зерна цементу, кристали гідроксиду кальцію та інші пори, наприклад повітряні.

Гелеві пори мають досить малі розміри. Їх ширина складає приблизно 1,5 нм. Ці розміри сумірні з розмірами молекул води. Тому плівкова вода і адсорбована вода відрізняються від властивостей вільної води.

Уже вказувалося, що гель володіє пористістю і що гелеві пори складають приблизно 28% загального об'єму гелю. Така величина типова для портландцементу і також не залежна від В/Ц, суміші та ступеню гідратації. Це

означає, що на всіх стадіях гідратації утворюється гель з подібними властивостями і при подальшій гідратації існуючі гідрати не змінюються.

При гідратації цементу також утворюються інші категорії пор. Внаслідок об'ємних змін в системі цемент – вода, продукти гідратації мають менший об'єм, ніж початковий об'єм складових які вступають в реакцію. Це явище було названо хімічною контракцією, воно обумовлює контракційний об'єм пористості. З початку гідратації пориста система бетону заповнюється продуктами гідратації цементу що утворюються. Мова йде перш за все про простір між більш або менш гідратованими та не гідратованими частинками цементу, цим простір називають капілярними порами. Зазвичай вони заповнені розчином компонентів цементу що гідратуються, а також повітрям. Об'єм капілярних пор з ходом гідратації зменшується, так як продукти гідратації збільшують об'єм більш ніж в 2 раз більше, ніж вихідний цемент.

Капілярна пористість цементного каменю внаслідок триваючої гідратації цементу знижується часом, так як об'єм цементного гелю з його порами в 2,2 рази більше, ніж об'єм не гідратованого цементу, тому продукти гідратації заповнюють частину об'єму, до того заповненого водою затвердіння.

Так як загальна та капілярна пористість цементного каменю з ростом ступеня гідратації знижується, гелева пористість зростає, тому що об'єм цементного гелю збільшується. Капілярна пористість залежить від водоцементного відношення, тобто від початкової кількості води в тісті на відступені гідратації. При водо – цементному відношенні вищому, ніж 0,38, утворений гель продуктів гідратації не заповнює вільний об'єм в твердіючому цементному тісті, завжди залишається певний об'єм капілярних пор і у випадку повної гідратації цементу (рис.1.2.).

Рис. 1.2. Види пор в цементному камені.

В результаті вимірювань сорбції водяної пари було визначено розмір капілярних пор близько 1,3 мкм. Капілярні пори, очевидно, в наслідок свого походження відрізняються мінливим виглядом і утворюють сусідню систему каналів. Ці взаємозв'язані капілярні пори суттєво впливають на проникність затвердлого цементного каменю і його довговічність.

Зі збільшенням ступеня гідратації збільшується об'єм певної фази в тісті, а в твердому цементному камені в певний момент настає звуження, а можливо, і взаємний розподіл деякої частини капілярних пор гелем продуктів гідратації.

Припинення взаємного з'єднання настає при поєднанні вихідного В/Ц та досить тривалого періоду вологого зберігання.

Приблизні значення В/Ц і часу, при яких починається роз'єднання капілярів, видно з таких даних [1, 2, 3].

Приблизний час, необхідний для того, щоб не стало поділення капілярних пор при В/Ц:

0,4.....	3 доби;
0,45.....	7 діб;
0,5.....	14 діб;
0,6.....	6 місяців;
0,7.....	1 рік;
більше 0,7.....	нерідко.

Значення В/Ц і часу залежать від характеристик цементу що застосовується. При В/Ц більшому, ніж 0,7, капілярні пори залишаються взаємозв'язаними. При особливо тонкомолотих цементах максимальне В/Ц було б ще більшим і дорівнює по приблизно 1, при грубомолотих цементах воно буде б менше 0,7. У так званому хорошому бетоні не повинно бути взаємозв'язаних капілярних пор.

Дослідження статистичної структури затвердлого цементного каменю показали, що на традиційний основний метод пор на гелеві та капілярні необхідно поглянути з позиції залучення прямих методів вимірювання. Ряд старих моделей, включаючи розподіл пор на гелеві та капілярні, виник без достатніх підстав на основі не прямих, наприклад сорбційних вимірювань.

Прямі методи, наприклад растрована електронна мікроскопія, показали, що цементний камінь є системою, що складалася з первинних частинок продуктів гідратації різного розміру і типу, з характерними розмірами в межах від 0,1 до приблизно 5 мкм. Складовим елементом цієї системи є порожнечі (пори розмірами до 1 мкм). Крім того, в деяких місцях гідратованого тіста можна бачити голчасті й пористі ніздрюваті області з видимими порами з розмірами приблизно 0,1 мкм.

Дослідження цементного каменю за допомогою ручної порометрії показали, що більша частина пор лежить в межах радіусів від 0,1 до 0,01 мкм. Подальші категорії пор представлені порами седиментації, які утворюються внаслідок поверхневого або внутрішнього водь відокремлення. При поверхневому відділенні частина води замішувант проникає до поверхні бетону і утворює систему орієнтованих, в більшій частині каналів що взаємоз'єднуються. При внутрішньому водь відокремленні ці пори утворюють

осідання тіста, зазвичай під пресними зернами великого заповнювача. Седиментаційні пори можуть бути розміром від 50 до 100 мкм. У разі утворення пор під зернами заповнювача вони можуть мати значно більші розміри, і їх можна бачити розбороєним оком. Було встановлено, що чим тонше прошарок розчину навколо зерна крученого заповнювача, тим менше поверхневе і тим більше внутрішнє водо відокремлення.

Такі седиментаційні пори є головними транспортними шляхами проникнення води в бетон, тому що в порі з розмірами, більшими 50 мкм, вода знаходиться у вільному стані, тобто поверхневі сили охоплюють дуже малу частину обсягу води, і вода може мігрувати під дією капілярних сил або за допомогою дуже малого гідростатичного тиску. Тому седиментаційні пори відіграють вирішальну роль при фільтрації й впливають на довговічність бетону та бетонних конструкцій.

Повітряні пори мають зазвичай сферичну форму і утворюються при випадковому або гамма-спромованому введенні повітря в бетонну суміш. В бетонній суміші завжди міститься певна кількість повітря, який був спочатку адсорбований на поверхні зерен цементу і заповнювачів і при перемішуванні суміші не був видалений з цих поверхонь. Ця кількість випадкового повітря може бути спеціально підвищена застосуванням добавок що забезпечують залучення повітря. Розміри повітряних пор можуть коливатися від 25 до 500 і більше мкм. Об'єм повітряних пор рідко перевищує 5% об'єму бетону. При випадковому залученні повітря особливо важко оброблюваних суміше можуть знаходитися роздільні пори і локальні скучення повітряних пор наслідком чого є зниження однорідності (гомогенності) та погіршення деяких, переважно механічних, властивостей бетону після його затвердіння. Навпаки, організоване залучення повітря при відповідному розмірі, кількості і взаємній відстані пор сприятливо впливає на щорозостійкість бетону.

Аналогічний поділ пор цементному камені за величиною та походженню призводить, наприклад:

пори гелю.....	0,5-30 нм;
капілярні та конденсаційні пори.....	30нм-50мкм;

мікроповітряні пори..... 0,1-1 мм;

пори ущільнення 1 мм;

При розділенні пор на категорії в цементному камені приймають до уваги причини виникнення пор в цементному камені, розмір та можливий вплив на якість цементного каменю та розрізняє 2 категорії пор:

Назва	Походження, опис	Радіус
Гідратовані мікропори		
Технологічні пори		

Далі можна ділити пори за розміром характерного радіуса на мікропори з радіусом менше 10 нм, та макропори з більшим радіусом.

Класифікація, що приймається за розмірами, прийнята міжнародною організацією ІСТАК (JUPAK), також, як і класифікація Дубініна, розділяє пори на менші 2 нм – мікропори, пори розміром від 2 до 50 нм – мезопори, та пори більші ніж 50 нм – макропори. На даний час в області цементу та бетону ця межа розширена.

Певне уявлення про класифікацію пор за розмірами в цементному камені, також про вплив окремих категорій пор на властивості цементного каменю наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Класифікація пор за розмірам в цементному камені.

Назва	Розмір	Характеристика	Стан води в порах	Властивості цементного каменю, на які впливає розмір пор



Відмінність розмірів бетонних часток та пор в цементному камені схематично зображено на рис. 1.3.

Рис.1.3. Границі розмірів часток і пор в цементному камені.

Категоріями пор, що так само представляють дефекти структури бетону, являються пори (пустоти), що утворилися в наслідок недостатнього перемішування суміші та ущільнення суміші між зернами крупного заповнювача в так званих «счиздах». Розмір таких пустот коливається в мікшах від 1 до $30 \cdot 10^6$ нм.

Наступним дефектом структури бетону є пори (пустоти) під важньою поверхнею великих плоских та довгастих зерен каменю, які утворюються внаслідок внутрішнього водо відокремлення у бетонній суміші. Окрім вже приведених дефектів структури можна привести наступні, які можуть істотно негативно подіяти на довговічність бетону. До таких дефектів відносяться наприклад, усадочні, температурні і інші тріщини. У бетоні в результаті механічної напруги можуть з'явитися тріщини і контактному шарі між плоским каменем, розчином і зернами заповнювача. Утворення цих тріщин пояснюється об'ємними змінами цементу, що гідратується, внаслідок седиментації цементу під великими плоскими зернами у бетоні.

Поровий потік бетону характеризується розміром і формою пор. Вид і його мінливість обумовлюються способом утворення, тобто затвердіння, і являються внаслідком конкретного складу цементу, заповнювача і спеціальних властивостей продуктів гідратації. Оскільки ці показники різні, не можна чекати високої міри правильності форми пор. Це стосується пор великого розміру. У повітряних пор переважає більш менш точна сферична форма. Із сказаного видно, що не можна чекати, що пори матимуть досправді циліндричну форму кругового перерізу і будуть незмінними. Це спрощене модельне представлення, яке, зокрема, використовується при інтерпретації результатів вимірів рядом методів, наприклад ртутною порометрією. Необхідно брати до уваги це спрощення при обговоренні або використанні експериментальних результатів для характеристики порового простору [5, 6].

1.2 Фактори що впливають на порову структуру бетону

Схематично вплив основних факторів, що впливають на порову структуру, представлено на рис. 1.4.

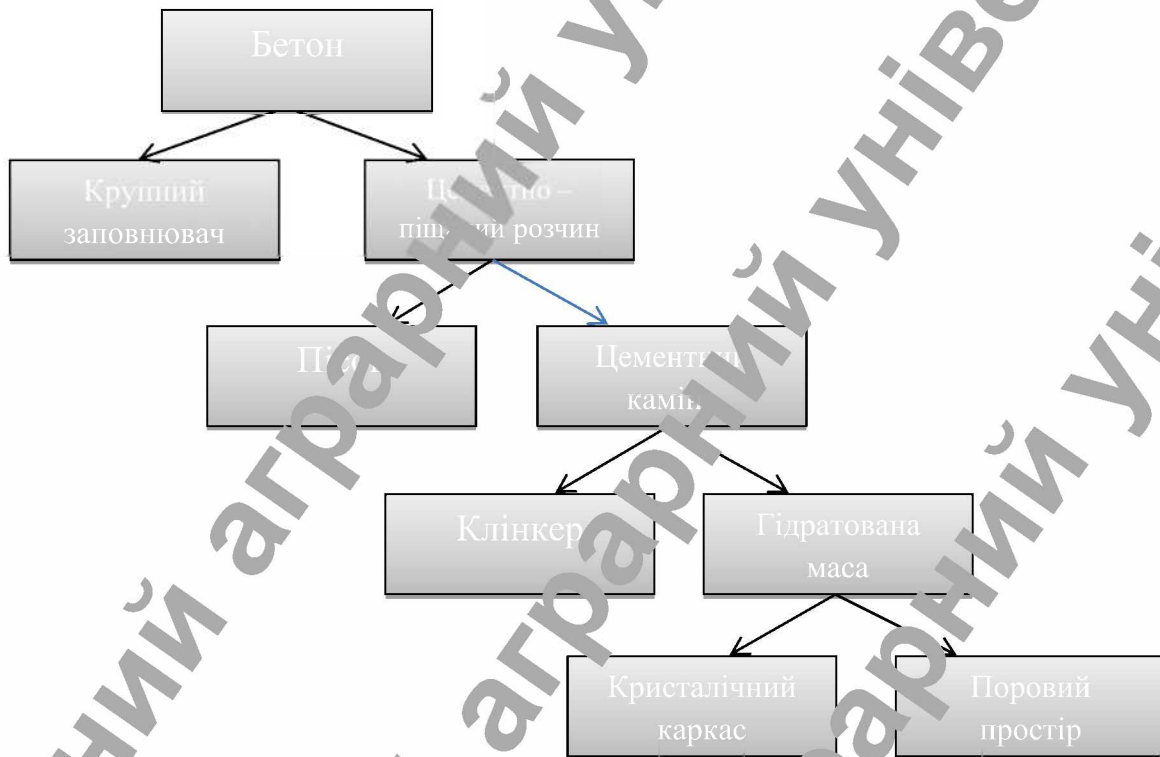


Рис. 1.4. Фактори, які впливають на пористість та міцність цементного каменю.

Вплив виду цементу. Порова структура цементного каменю визначається вихідним фізичним станом свіжоприготовленої суміші, наприклад В/Ц тощо, а також різновидами продуктів гідратації їх розмірами і морфологією. Цей факт був експериментально показаний дослідженням порової структури різних модельних складів приготівачів з кремнеземистих матеріалів $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та чистих клінкерних матеріалів C_3S і C_2A . Суміші, які дали однакові продукти гідратації, показували подібний поділ пор за розмірами (табл. 1.2)

Таблиця 1.2 Значення середнього розміру пор цементного каменю, який містить продукти гідратації цементів різного типу.

Продукти гідратації	Середній радіус пор, нм

З порівняння змін характеристик порового простору цементного каменю, походження цементів різних груп міцності випливає, що зміна пористості в часі відповідає в цілому групі порівнюваних цементів. Нижчу пористість має високоміцний портландцемент (рис. 1.5).

Рис. 1.5. Залежність міцності і пористості бетонів різного складу від строку твердіння, В/Ш = 0,3.

Різна швидкість утворення продуктів гідратації порівнюваних цементів відбивається в різних значеннях середнього радіусу пор. Так, у цементного каменю високоміцного цементу НВЦ - 550 середній радіус пір дорівнює приблизно 40 нм, у той час як у каменю зі звичайного портландцементу ПЦ - 400 - понад 170 нм, а каменю шлакопортландцементу ШПЦ - 325 значення середнього радіуса пір 730 нм.

Тонкість помелу цементу також відбивається на структурі цементного каменю. Підвищення тонкості помелу знижує загальну пористість, зменшує

відносній обсяг макропор (з радіусом більшим 100 мкм) і знижує відносний обсяг мікропор (з радіусом меншим 5 мкм). Це відноситься до алітових цементів. У білітових цементів обсяг макропор з збільшенням тонкості помелу не збільшується. Це обумовлює більш високу сульфатостійкість цементного каменю, виготовленого із застосуванням білітового цементу.

Підвищення питомої поверхні з 339 до 577,9 м²/кг проявляється у більш швидкому зниженні значень середнього радіуса пор. З графічного зображення зв'язку між значенням середнього розміру пор в залежності від питомої поверхні використаного цементу. Можна вважати, що збільшення питомої поверхні цементу до 600 м²/кг збільшує значення середнього радіуса приблизно на 30 нм вже протягом 24 годин твердіння цементного тіста.

З наведених результатів видно, що підвищення питомої поверхні цементу понад 550 м²/кг, не ефективно.

Вплив водо - цементного відношення. На порову структуру цементного каменю, розчину і бетону найбільший вплив робить водо цементне співвідношення. При дослідженні утворення структури цементного каменю слідує концентрована суспензія цементних зерен у воді змішування. Чим вище початкове В/Ц, тим більш товстий прошарок води утворюється між окремими зернами. Вода змішування утворює в цій суспензії систему взаємодієв'язаність капілярних пор, розміщених у всьому обсязі цементного каменю. Схематичне зображення змін порової структури зі зміною В/Ц наведено на рис. 1.6.

Рис. 1.6. Мікроструктура цементного каменю.

Кількість води в основному визначається необхідними реологічними властивостями цементного тіста. Воно залежить так само від властивостей цементу, які проявляються в цій воді потрібні для досягнення нормальної густоти цементного тіста.

З підвищенням В/Ц підвищується не тільки пористість, а й поділ пор за розмірами (рис. 1.7.).

Рис. 1.7. Сорбційні криві для цементного каменю.
 А, В, С – сорбція; А¹, В¹, С¹ – діорбіція.

У віці понад 28 діб максимальний розмір капілярних пор з радіусом до 100 нм при підвищенні В/Ц змінюється до більш великих капілярів. Подібна тенденція берігається і у віці більше 1 року. Значний вплив В/Ц на порову структуру цементного каменю, зображену середнім радіусом пор видно на рис. 1.7. Зі збільшенням В/Ц підвищується і середній розмір утворюються пор. Так, в цементному камені з В/Ц = 0,3 знижується середній радіус пор при значенні 50 нм за 3 дні до значення, яке досягається в цементному камені з В/Ц = 0,4 тільки до 28 днів твердіння.

Було встановлено, що при підвищенні В / Ц до 1 пористість цементного каменю з високим вмістом води зростаючи з сумішей з В / Ц = 0,8 і більше з віку 3 доби, вже практично не змінюється. При цьому, однак, при гідратації настають зміни в поровій системі, які з'являються в зниженому об'ємі великих пор. Причиною цього є те, що об'єм продуктів гідратації при більш високих В/Ц недостатній для заповнення порового простору і не поділяє більші пори на об'єми менших розмірів.

Вплив температури та вологості. Температурне середовище, в якому твердне цемент або цементний розчин, значно впливає на порову структуру. Дослідження порової структури цементного каменю в залежності від температури формування показало певну відмінність характеру поділу пор за

розміром при температурах 6 і 40 °С. У перший період, 4 доби - пори в цементному камені, які піддалися дії більш низької температури, були більшими, більш високою була і загальна пористість. У порівнянні із зразками, які тверділи при більш високій температурі. Приблизно після рідкого перебування в таких температурних умовах пористість зразків каменів, покладених при 40 °С, була дещо вищою і при цьому було більше пор розміром менше 50 мкм. Після структура цементної розчину, котрий твердіє при 100 °С, характеризується присутністю більш великих пор в порівнянні з розміром пор розчину, що зберігався при температурі 20 °С. Підвищення температури твердіння до 80 °С призводить до значного збільшення об'єму найбільш великих пор - більших 1 мкм, а при температурі 100 °С такі пори переважають (вміст до 80%).

Кількість води в просторі, в якому твердіє цемент або цементна розчин, робить істотний вплив на загальний об'єм пор, а так само на поділ пор за розмірами. Розчини, що піддаються тривалій дії вологого середовища, показують підвищений об'єм пор менше 1 мкм. При твердінні на повітрі пористість щільних розчинів змінюється мало; при цьому у пористих розчинів з часом підвищується об'єм пор більшого розміру. У щільних розчинів визначено 8 ... 10% пор діаметром менше 0,01 мкм, у зразках при В/Ц більше 0,87 зазначені пори майже не зустрічаються.

Це пов'язано з тим, що при В/Ц більше 0,7 в цементному камені утворюється взаємоз'єднана система капілярних пор. Отже, при високих В/Ц не можна отримати бетон, стійкий в агресивних середовищах, так як внутрішня поверхня цементного каменю стає доситьною для контакту з компонентами навколишнього середовища.

Несприятливі умови існування негативно впливають на поровій структурі затверділого цементного каменю, при збільшенні відносної вологості від 75 до 33% підвищується пористість гідратування цементного каменю, причому найбільш помітне зростання настає в області пор розміром більше 30 нм.

Ці зміни пояснюються тим, що з великих пір при висушуванні випаровується, а продукти гідратації вже не утворюються в них в необхідній кількості. Зміна температури від 17 до 37 °С проявляється приблизно відповідно зі зміною вологості. Вплив вказаних умов тверднення графічно представлено на рис. 1.8.

Рис. 1.8. Пористість цементного каменю тверднучого при різних значеннях вологості.

а, б, в – температура +17 °С; г, д, е – +37 °С; строки твердіння – діб.: а, г – 7 діб., б, д – 28 діб, в, е – 90 діб.

Пропаровування знижує відносний обсяг макрокапілярних пір з радіусом більшим 100 нм, що проявляється, наприклад у підвищенні сульфатостійкості.

Температурні та вологості умови в просторі навколо бетону, головним чином в ранньому віці, і загальні незадовільні умови твердіння несприятливо впливають на структуру і властивості поверхневого шару. Внаслідок зміни температури і зменшення вологості в поверхневому шарі збільшується зміна пор, а обсяг пор менше 4 нм знижується. Зміна в обсязі таких відносно малих пор пояснюється шетковим колапсом голів при висушуванні.

Вплив температури 130 °С при одночасній вологості 100% на зрілий бетон після зберігання у воді протягом року діє на порову структуру так само, як і проти укладених при 20 °С і 100% вологості в бетоні підвищується об'єм пор з розміром радіуса від 10 до 100 нм і одночасно з цим змінюється порова структура проявляється і зміна середнього розміру.

Вплив тієї ж температури при відносній вологості менше 65% призводить до збільшення обсягу пор в області розміру їх радіусів від 100 до 1000 нм. Так само підвищується і значення середнього радіуса.

Високочастотний нагрів не змінює порову структуру в поверхневих шарах порівняно з поровою структурою внутрішнього об'єму, що звично для класичних способів прискорення твердіння нагріванням.

У результаті впливу мікрохвиль виникає гомогенна структура пор. Для неї характерно зниження обсягу в інтервалі радіусів від 100 до 1000 нм. Наразі з

тим, що структура бетону гомогенна у всьому перетині, це сприятливо позначається на механічних і фізичних властивості цементу що твердіє.

Вплив віку. В процесі гідратації цементу загальна пористість і обсяг капілярних пор знижується, тому що продукти гідратації займають частину обсягу, який раніше займала вода. Вплив утворення продуктів гідратації на зміну пористості, проникності і деяких інших властивостей цементного каменю наведено на рис. 1.7.

Рис. 1.9. Швидкість створення продуктів гідратації в цементному тісті (а) і вплив її на строки тужання, пористість, проникність й міцність цементного тіста й каменю (б)

Зміни пористості і розміру пор цементного каменю в залежності від тривалості твердіння і В/Ц були описані вище.

Залежність зміни диференціальної пористості в часі для цементного каменю з високою кількістю води (В/Ц = 0,8) наведено на рис. 1.10.

Рис. 1.10. Сумарне значення кількості пор різного діаметру.

Тут видно, що з ходом гідратації криві зміщуються в область меншого розміру пор. Вплив карбонізації. Карбонізація знижує загальну пористість бетону, причому середній радіус пор в карбонізованій ділянці знижується. Було встановлено, що при цій газоподібного дію середу вуглецю змінюються взаємні пропорції пір різних розмірів. Зростає обсяг пор, великих 5 нм і знижується обсяг часу в інтервалі 5 0,04 нм. Зміни в розподілі пор за розмірами в цементному розчині внаслідок карбонізації наведено на рис. 1.11.

Рис. 1.11. Розподіл пор за розміром у некарбонізованому й карбонізованому розчині.

Зменшення пористості цементного каменю внаслідок дії діоксиду вуглецю відбувається в цементному камені на цементі з добавкою золи. Результат залежить і від ступеня карбонізації, на яку впливає так само і вологість навколишнього середовища. Наприклад, цементний камінь з $B / v'яж = 0,5$ показав найменшу пористість при 60% відносної вологості, в той час як при $B / v'яж = 0,7$ найменша пористість була при 90% відносної вологості. Карбонізація не змінює обсягу пор розміром більше 10 нм.

1.3 Вплив на порову структуру у добавок і домішок

Вплив добавок і домішок. Значний вплив на порову структуру цементного каменю і бетону можуть надати хімічні добавки різного виду (рис. 1.12).

Рис. 1.12. Диференціальна пористість цементного каменю з добавками

а – електроліта; б – структуроутворюючими добавками; 1 – без добавок В/Ц=0,25; 2 – без добавок В/Ц=0,4; 3 – 3% Na_2SO_4 при В/Ц=0,4; 4 – 0,2% СДФ при В/Ц=0,4; 5 – 0,1 % ГКЖ при В/Ц = 0,4; 6 – 3% комплексної добавки при В/Ц=0,4.

При використанні добавок NaCl_2 , CaCl_2 , MgCl_2 в кількості 2% за масою пористість затверділого цементного каменю знижується і одночасно знижується розмір пор. Найбільш сильно впливає на зміну пористості MgCl_2 . Ці зміни в пористості призводять до зниження проникності цементного каменю з добавками хлоридів.

Аналогічні зміни настають у затверділому камені трикальцієвого силікату при використанні добавок - прискорювачів.

Застосування суперпластифікаторів так само призводить до утворення сприятливої порової структури. Внаслідок залучення повітря зменшується обсяг пор в інтервалі радіусів від 7,5 приблизно до 50 нм збільшується обсяг пор більше 50 нм. Добавка флюзату також знижує капілярну пористість. Кремнеземисті, вапняні і тому подібні добавки, застосовувані в технології бетону, головним чином, з економічних або технічних, а також екологічних міркувань впливають на порову структуру бетону. Головними представниками цих добавок є шлаки і золи.

Добавка доменних шлаків так само, як деякі інші домішки - добавки, істотно впливає на транспортні властивості (проникність) цементного каменю в тім більшою мірою, ніж великі кількості шлаку застосовуються. Цементний камінь з додаванням 70% шлаку, ймовірно, є наслідком присутності щодо більшого обсягу більш тонких пор розміром від 1,5 до 15 нм, які менш проникні. Приклад впливу добавки доменного шлаку на розміри пір в цементному камені наведено на рис. 1.13.

Рис. 1.13. Вплив добавки 30% або 70% доменного шлаку на пористість цементного каменю.

а- 28 діб.; б – 1 рік, - 70% шлаку; - 30% шлаку.

На відміну від золи домішка доменного шлаку до 40% знижує загальний обсяг пор і підвищує об'єм пор з розміром 5 нм. При підвищенні кількості шлаку до 70% загальна пористість збільшується разом з об'ємом пор менше 5 нм. Об'єм гелевих пор з максимумом пор розміром 2 нм при додаванні доменного шлаку підвищується зі збільшенням його кількості, що пояснюється підвищенням кількості гідросилікатів кальцію як продукту взаємодії цементу і шлаку [7].

Якщо зола застосовуються замість цементу, знижується загальна пористість. Це означає, що в суміші утворилася більш щільна структура. Домішка звичайної золи до цементу в кількості до 40% збільшує загальну пористість і частку обсягу пір від 5 до 50 нм. На противагу цьому кальциевая зола у кількості 20% сприяє зменшенню загальної пористості. При цьому збільшується об'єм пор менше 5 нм і більше 100 нм.

Об'єм гелевих пор з максимумом існуючих пор розміром 2 нм знижується зі збільшенням кількості домішків звичайної золи. Це, мабуть, обумовлено утворенням більш щільної структури гідросилікату кальцію, яка утворюється при реакції з цементом.

Вплив домішки золи в кількості 10% по масі на порову структуру цементного каменю є наслідком відкладення повільних реакцій між пуцолановою домішкою і компонентами цементу, змінюються в часі.

У віці 28 діб для цементного каменю з домішкою золи типовий більш високий вміст пор більшого розміру. У віці року ситуація зворотна, тобто цементний камінь з добавкою золи показує дещо більш низьку пористість, і наявність пор менших розмірів в ньому в порівнянні з цементним каменем без

добавок сприятливо позначається на проникності каменю для води.

Кремнеземиста пил (мікрокремнезем) у кількості 10% сприяє підвищенню загальної пористості та об'єму пор з розміром менше 5 нм. В області гелевих пор домішка 10% кремнеземистого пилу створює приблизно таку ж зміни в поровій структурі, як і доменний шлак.

При внесенні кремнеземистого пилу в кількості до 10% в цементному камені відбувається зрушення максимуму дір до малих значень їх радіусів. Після 28 діб було визначено незначну кількість пор радіусом більше 50 нм.

Карбонатні добавки сприяють збільшенню пористості і укрупнення розміру пор.

Крім основних компонентів в бетон часто вводяться спеціальні добавки. Завдяки їм суміш набуває додаткові якісні характеристики:

- ✓ поліпшену текучість;
- ✓ стійкість до перепадів температури;
- ✓ підвищену щільність;
- ✓ водостійкість.

Пластифікатор для бетону – це добавка, яка застосовується для надання бетону цілому ряду особливих властивостей. Тобто, покликана підвищити його текучість, морозостійкість та теплоізоляційні якості, а також зробити бетон набагато міцнішим. Використання пластифікаторів для бетону дає можливість не тільки підвищувати текучість розчину бетону без зменшення його довговічності і міцності, а вміст цементу і води при цьому залишатися незмінним;

- ✓ посилювати міцність бетону на більше, ніж на 20%
- ✓ скорочуватися витрата води, а рухливість суміші бетону і витрата цементу залишається такою ж;
- ✓ отримувати такий бетон який буде характеризуватися високою морозостійкістю, водонепроникністю і стійкістю до утворення корозії;
- ✓ скоротити в суміші витрату цементу приблизно на 1/4;
- ✓ зменшити витрати енергії та часу на вологі сну і теплову обробку бетону.

Умовно пластифікатори для бетону можна поділити на декілька груп. До першої групи відносять суперпластифікатори. Це добавки, що збільшують рухливість розчину бетону, а також забезпечують міцність та водонепроникність, знижують витрату цементу, що ще зменшують необхідну міцність бетону. Такі добавки необхідні під час будівельних робіт в жарку пору року та при тривалому транспортуванні суміші бетону. Різновидами таких пластифікаторів є:

- суперпластифікатор «Виртуоз – 31». Використовується в якості суперпластифікатора для приготування бетону, монолітного бетону та залізобетону, виробництва тротуарної плитки як для обролиту, так і для сухого пресування, при виготовленні бетонних паркетів тощо, а також для заливки стяжок;

- суперпластифікатор NS – 3С. Рекомендується застосовувати при будівленні всіх видів конструкцій з монолітного важкого бетону при виготовленні всіх видів збірних залізобетонних конструкцій і бетонних виробів з важкого бетону;

- суперпластифікатор Plastplus-SPC. Даний пластифікатор являє собою високоефективний суперпластифікатор, виготовлений на основі модифікованого полікарбоната, що прискорює процес набору міцності призначений для конструкційного бетону.

До другої групи відносять прискорювачі для набору міцності. Ці пластифікатори підвищують марочну бетонну міцність і бетон набирає міцність від 1 до 3 діб швидше. Такими пластифікаторами є:

- Пластифікатор - прискорювач твердіння «Coral MasterFix». Coral MasterFix має комбіновану - прискорюючу та пластифікуючу дію. Пластифікатор розроблений для застосування в умовах термовологісної обробки бетонних виробів, з урахуванням внутрішнього капілярного тиску, знижує розтріскування виробів у процесі ТВО, зберігає час попередньої витримки бетонних виробів, гарантує товарний вигляд поверхні готової продукції;

- Прискорювач твердіння цементних сумішей «У-33». Ефективна добавка, за допомогою якої можна зменшити кількість і розміри пор в бетонному блоці, внаслідок чого значно зменшується водопоглинання і підвищується стійкість до циклів «замороження-танення», зменшується тріщиноутворення, інтенсифікується набір міцності бетоном та підвищується кінцева міцність на 20-30%. Рекомендована як одна з складових для гідротехнічних бетонів, тротуарної плитки, фундаментів, цоколів, підлог та т.ін;

- Пластифікатор прискорювач Лігнопан Б-2 (рідкий). Використання "Лігнопан Б-2" дозволяє знизити витрату води в бетоні (розчині) на 15 - 20%, отримати на другу добу проміжну міцність 70 - 85% від марочної в умовах нормального твердіння, або знизити витрату парку на 30 - 40% при термологісній обробці, знизити вод відокремлення бетонної суміші до 6%, підвищити марку водонепроникності на 1 щабель.

До третьої групи відносять модифікатори бетону – добавки, використовуючи які бетон, в основі якого застосовується цемент марки 500, по міцності набуває клас В80. Для бетону ці пластифікатори забезпечують зменшену водонепроникність, високу стійкість до утворення корозії, довговічність і морозостійкість, при цьому зберігають велику рухливість бетонної суміші. До них відносять:

- Добавка «VIRESIN». Полімерна емульсія VIRESIN - еластомодифікатор, яка застосовується в будівельних сумішах, а також для створення тонких шарів бетонних конструкцій. Покращує характеристики будівельного розчину і бетону. Значно збільшує пластичність, консервує воду в свіжій суміші, покращуючи її працездатність. Обмежує усадку при твердінні суміші, запобігає утворенню тріщин. Підвищує адгезивність до основ. Покращує еластичність твердіючої суміші. Збільшує міцність на згин, розрив і на тертя. Підвищує стійкість, наприклад, до нафтопродуктів. Надає конструкціям водонепроникність і міцність при циклічних режимах зміни температур, при розширенні і звуженні.

- Добавка «АКВАТРОН 6». «Акватрон 6» можна застосовувати як добавку до цементних розчинів. Водонепроникність і морозостійкість

основного матеріалу стають такимими, як і при застосуванні гідроізоляційної суміші в якості покриття. Підвищує стійкість обробленого матеріалу до кислотних і лужних розчинів, забезпечує непроникність нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо, трансформаторне масло), збільшує його морозостійкість (не менш 300 циклів).

- Добавка «АКРАТРОН 12». При використанні добавки бетон стає герметичним від проникнення води або рідин з будь-якого боку, а також захищається від корозії при впливі навколишнього середовища. Матеріали сімейства Акратрон прості в застосуванні, довговічні, нетоксичні, при нанесенні та експлуатації не роблять шкідливого впливу на людину і навколишнє середовище, дозволені до використання в контакті з питною водою.

До четвертої групи відносять добавки з морозостійким ефектом дають можливість виконувати будівельні роботи із застосуванням бетонного розчину в зимову пору до -25 °С. Серед цих добавок можемо відзначити такі:

- Протиморозна пластифікуюча добавка «Пластол-М» (до-15С). Забезпечує роботу з бетоном при мінусовій температурі. Збільшує рухливість, покращує формувальні властивості, прискорює набір міцності. Підвищує міцність, морозостійкість, довговічність;

- Протиморозна добавка «Антифриз FSR». Добавка з прискорюючим ефектом для виробництва бетонних робіт при негативних температурах. Забезпечує можливість рушування бетонних конструкцій внаслідок впливу негативних температур,

- Протиморозна добавка «МОРОЗО-ПЛАСТ». Добавка - заміник вапна в цементних розчинах в зимовий час, дозволяє вести штукатурні та кладочні роботи при температурі від 0 до -8 °С. Комплексна добавка на основі нітрату кальцію. Вона діє комбінованим чином проти морозними властивостями, що прискорює, пластифікуючу дію.

До п'ятої групи відносять добавки для самоупільнення, які дозволяють ефективно бетонувати товсті густо армовані конструкції. Серед них будничимо:

- Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП-1 ВП (С-3)» Рекомендується застосовувати у виробництві сам ущільнюючих бетонів. Застосування добавки ПОЛИПЛАСТ СП-1 ВП в товарному бетоні дозволяє поліпшити такі властивості:

- ✓ Змочування і рівномірність диспергування цементу;
- ✓ Легке укладання бетонної суміші без зниження міцності бетону нормовані терміни;
- ✓ За рахунок водозниження підвищити частку міцність, водонепроникність і довговічність бетону;
- ✓ Знизити витрату цементу на 20-30% при незмінних характеристиках бетону;
- ✓ Скоротити трудовитрати і енерговитрати при укладанні бетону і формуванні виробів;
- ✓ Знизити кількість споживаної води на 15%;
- ✓ Підвищення міцності бетону на 10-20%, щільності а так само однорідності бетону;
- ✓ Поліпшення структури бетону, з отримання гладкої поверхні готового виробу;
- ✓ Збільшення водонепроникності і морозостійкості бетону в 2-4 рази.

Суперпластифікатор «Поліпласт СП-1» не містить хлористих сполук і може застосовуватися при виготовленні заливобетонних конструкцій з використанням арматури.

До шостої групи відносять комплексні добавки, які надають багатосторонній вплив на якість бетонної суміші. До них відносять:

- Комплексна добавка «Сорб-Мастер Special». Призначений для виготовлення бетонних виробів і конструкцій до яких пред'являються підвищені вимоги по водонепроникності, морозостійкості, хімічній стійкості. Пластифікатор володіє колюючою, пластифікуючою, гідрофобізуючою дією, щільнює структуру бетону. Склад пластифікатора адаптований до в'язаних заповнювачів і цементів, в тому числі і шлаколузким, з вмістом шлаків до 80%.

За рахунок цих добавок у виробників бетону не має потреби шукати кілька різних компонентів. Адже важливо, щоб добавки поєднувалися в одній суміші, і не виникла небажана реакція. Тобто, пластифікатори спеціально призначені для зниження вмісту в розчині води та полегшення праці будівельникам при його укладанні. А за рахунок еластичних здібностей придбаних бетоном, будівельники та бетонувальники можуть істотно збільшити якість вже готових конструкцій, що істотно заощаджує час і гроші.

Ідеально підходять пластифікатори для великих будівельних організацій, так як розчин бетону не дають зливатися в грудочки і прилипати до бетонозмішувача. Однорідна суміш повільно застигає, це дає можливість бетонну суміш доставити до призначеного місця у відмінному стані. Більшість любителів, а не тільки професіонали вже досить давно стали використовувати різноманітні пластифікатори. Так як ці добавки допомагають зробити бетон водонепроникним, а в результаті і більш міцним:

- ✓ при виробництві збірного залізобетону;
- ✓ при виконанні монолітних бетонних конструкцій за міцністю на стиск $\geq B15$;
- ✓ при виробництві конструкцій з дрібнозернистого бетону;
- ✓ при створенні конструкцій з легкого бетону і конструкцій густоармованих з тонкими стінками і складною конфігурацією.

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою дослідження є визначення впливу пластифікаторів на структуру і проникливість бетону.

Об'єктом дослідження являється важкий бетон.

Предметом дослідження є кінетика водопоглинання, зміни інтегральної пористості, зміни середнього розміру пор, однорідності пористої структури при використанні пластифікатора «Бетопласт».

Задачі дослідження

- ✓ визначення пористості бетону за кінетикою водопоглинання;
- ✓ визначення загального об'єму відкритих пор;
- ✓ визначення зміни середнього розміру пор;
- ✓ визначення однорідності пористої структури.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

В даному розділі визначено методику дослідження середньої густини, водопоглинання, пористості та вологості бетону. Для проведення дослідів заготовлені бетонні кубики розміром 10*10*10 см з різним водо - цементним відношенням (0,72 та 0,39), та різним вмістом пластифікатора (0,2%, 0,5% та 0,8%). Бетонні зразки після формування витримувалися 28 діб у приміщенні за температури $20 \pm 10^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря $60 \pm 10\%$.

3.1. Визначення середньої густини

Для проведення дослідів використовують:

- ✓ ваги технічні згідно ГОСТ 24104;
- ✓ шафу сушильну що забезпечує температуру 105-110 °С;
- ✓ штангенциркуль згідно ГОСТ 166.

Середня густина бетону визначалась випробуванням зразків у водо насиченому стані. Зразки занурювались у посудину з водою. Рівень поверхні води повинен перевищувати рівень зразків приблизно на 10 мм. Попередньо вийняті зразки обтирались віджатою вологою тканиною. Зважувались на технічних вагах. Об'єм зразків обчислено за допомогою штангенциркуля з похибкою не більше 0,1 мм. Середню густину бетону ρ_w зразків з вологістю в момент випробування W_m визначали до 1 кг/м^3 за формулою:

$$\rho_w = \frac{m}{v}, \quad (3.1.1)$$

де m – маса зразка, кг;

v – об'єм зразка, м^3 ;

3.2. Визначення водопоглинання

На наступному етапі експерименту визначали водопоглинання зразків-кубиків згідно з [8].

Для проведення дослідів використано:

- ✓ ваги технічні;
- ✓ шафу сушильну, що забезпечує температуру 105-110 °С;
- ✓ посудину з водою, для насичення зразків;
- ✓ дротяну щітку абразивний камінь;

Спочатку очистили поверхню від пилу та мастила, за допомогою щітки або абразивного каменя. Попередньо зважували зразки у стані природної вологості на лабораторних вагах. Записували результат зважування до журналу. Висушували зразки й записували результати. Висушування вважається завершеним тоді, коли різниця між двома послідовними зважуваннями не перевищує допусків 1,0 грам. Потім у посудину з водою поміщали зразки таким чином, щоб рівень води був вище верхнього краю зразка на 50 мм. Через 24 години зразки виймали, обтирали тканиною й зважувались. Випробування проводили доти, доки результат двох послідовних зважувань відрізнявся не більше ніж на 0,1%. Результати дослідження водопоглинання вивначаємо:

- ✓ Водопоглинання за масою:

$$Wm = \frac{m_z - m_c}{m_c} * 100, \quad (3.2.1)$$

m_z - маса висушеного зразка, г;

m_c – маса водонасиченого зразка, г;

- ✓ Водопоглинання за об'ємом:

$$W_o = \frac{Wm * \rho_z}{\rho_z}, \quad (3.2.2)$$

3.2. Визначення вологості

Для проведення випробування застосовують:

- ✓ ваги лабораторні;

- ✓ шафу сушильну, що забезпечує сушіння за температури $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- ✓ ексікатор, згідно
- ✓ деко;
- ✓ хлористий кальцій.

Вологість бетону визначалась випробуванням зразків, отриманих подрібненням зразків після їх випробування на міцність. Із подрібненого матеріалу, шляхом квартування відбиралися проби вагою не менше 1000 г. Зразки поміщали до сушильної шафи й висушували. Після висушування зразки зважували. Дослід проводили декілька разів, до постійної маси. Результати проведення випробування визначалися таким чином:

Визначення вологості за масою:

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c}, \quad (3.1)$$

де m_b – маса проби (зразка) бетону до сушіння, г;

m_c – маса проби після сушіння, г;

Вологість бетону за об'ємом W_o у відсотках визначають за формулою :

$$W_o = \frac{W_m \cdot \rho_o}{\rho_b}, \quad (3.2)$$

Де W_m – вологість бетону за масою, %;

ρ_o – середня густина сухого бетону, $\text{г}/\text{см}^3$;

ρ_b – середня густина води, прийнята за $1 \text{ г}/\text{см}^3$;

3.4 Визначення пористості

Для визначення об'єму відкритих некапілярних пор бетону зразки насичувалися водою протягом 24 год., потім витримували 10 хв на решітці, після чого визначався їх об'єм в об'ємомірі. Об'ємомір заповнюється водою з температурою $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ доти, доки вона не потече із трубки. Коли із трубки починається падіння капелі, під неї ставиться попередньо зважена посудина.

Зразок занурюється на тонкому дроті в об'ємомір, при цьому вода, зміснута зразком, через трубку витікає в посудину. Після того, як каплі

припиняють падати, посудина з водою зважується і визначається маса і об'єм витиснутої води V_B , см^3 за формулою:

$$V_B = \frac{m_2 - m_1}{\rho_B}, \quad (3.4.1)$$

де m_1 – маса порожньої посудини;

m_2 – маса посудини з водою, витиснутою зразком;

ρ_B – середня густина води, прийнята $1,0 \text{ г/см}^3$;

Об'єм пор бетону у відсотках визначається із похибкою до 0,1% за формулою:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{б-р}}}{\rho_{\text{б}}} * 100, \quad (3.4.2)$$

де $\rho_{\text{б-р}}$ – питома густина подрібненого в порошок бетону, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{б}}$ – середня густина сухого бетону, кг/м^3 ;

Об'єм відкритих капілярних пор бетону у відсотках визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{о}} = W_{\text{о}}, \quad (3.4.3)$$

де $W_{\text{о}}$ – об'ємне водопоглинання бетону, %;

Об'єм відкритих некапілярних пор бетону (об'єм між зерновими порами) $\Pi_{\text{мз}}$ у відсотках за об'ємом визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{мз}} = \frac{V - V_1}{V} * 100. \quad (3.4.4)$$

де V – об'єм зразка;

V_1 – об'єм зразка визначений в об'ємомірі;

Об'єм умовно – закритих пор бетону у відсотках визначають за формулою:

$$\Pi_3 = \Pi_{\Pi} - \Pi_0 - \Pi_{M3}, \quad (3.4.5)$$

де Π_{Π} – об'єм пор бетону в серії зразків, %;

Π_0 – об'єм відкритих капілярних пор бетону в серії зразків, %;

Π_{M3} – об'єм відкритих некапілярних пор бетону в окремих зразках, %.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

В якості вихідних матеріалів для бетону були використані портландцемент марк. М400, річковий пісок з $M_{кр} = 2$, гранітний щебінь фракції 5 – 20 мм та пластифікуючі добавки [9,10, 11, 12].

4.1 Цемент

Цемент М400 виготовляють з тонкого клінкерного помелу, гіпсу та спеціалізованих добавок. Самі цифри – 400 вказують на те, що затвердівши, суміш здатна витримувати на здрігання до 400 кг/см².

Даний будівельний матеріал виробляється відповідно з жорсткими технічними нормами, якість готової продукції піддається обов'язковому контролю, оскільки бетонні конструкції, до складу яких входить цемент, повинні володіти високими показниками надійності і міцності. М400 є відомою сумішшю, незамінною в транспортному і гідротехнічному будівництві, будівництві наземних і підземних об'єктів, а також підводних споруд і будівель розташованих в мінералізованих водах.

Його також активно використовують виробники залізобетонних конструкцій. Даний робочий матеріал вже давно зміг шов своїх шанувальників серед російських і європейських будівельників, багато в чому вигравачи серед інших марок цементу.

При контакті з сульфатним середовищем цемент цієї марки є схильний до корозії, що робить його незамінним помічником при виготовленні різноманітних будівельних сумішей. Марка цементу визначається згідно [8].

4.2 Річковий пісок

Річковий пісок – пісок, видобутий з дна річки. Не містить глинистих часток

Залежно від способу обробки після вилучення він буває сірий або намітний. Річковий пісок має високу здатність пропускати воду, з проривною чистотою, що відрізняє його від інших видів піску. Зерна в результаті тривалого впливу води мають округлу форму і гладку поверхню. Сірочовні кольори ясно – жовтий, сірий, і світло – сірий.

4.3 Гранітний щебінь

Для приготування бетонних сумішей було застосовано дрібний щебінь згідно ДСТУ Б В.2.7-75 -98 «Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

Гранітний щебінь використовується для виготовлення високоміцного бетону, для будівельних робіт і дорожніх покриттів. Популярний гранітний щебінь фракції 5 – 20 мм, або 5 – 15 – застосовуються у виробництві асфальту, залізобетонних конструкцій. Щебінь фракцій 20 – 40 мм, 20 – 65 мм, 25 – 60 мм, 40 – 70 мм використовують у будівництві та ремонті залізничних вагонів, трамвайних колій, у будівництві будинків – для фундаментів.

4.4 Пластифікуюча добавка «Бетопласт»

Пластифікатор «Бетопласт» є високоефективним пластифікатором нового покоління. Пластифікатор «Бетопласт» виготовляється у вигляді розчину.

Область використання: виробництво легкого і важкого

Рекомендована кількість: 0,2 – 0,35% від маси цементу при рухливості П4;

Дія пластифікатора.

✓ надає пластичність бетонній суміші, покращує укладання бетону, на практиці яка відповідає за легкість вивантаження, укладання в опалубку та ущільнення бетонних сумішей, зменшує випаровування води замішування (зневоднення) свіжо укладеного бетону в літній період, підвищує міцність бетонної суміші, значно понижую процес поглинання бетону, збільшує його щільність, не визиває корозії сталі, дозволяє швидше знімати опалубку (при використанні «Бетопласт» сфабриковані елементи (напівфабрикати) можуть швидко розформуватися), являється безхлоридною добавкою (не призводить до корозії сталі), нешкідливий для арматури, рекомендований для застосування для стяжок «теплі підлоги».

✓ використання пластифікатора «Бетопласт» дозволяє збільшувати рухливість бетонної суміші вихідного складу без збільшення (і навіть зі зменшення) вмісту води в системі. При цьому кінцеві характеристики бетону покращуються. Зокрема, при утриманні рівно рухливих сумішей за рахунок зниження витрат води, і, як наслідок, зменшення значення В/Ц, зрештою бетон набуває підвищену міцність, морозостійкість і водонепроникність.

✓ готова бетонна суміш легше вкладається в армовані конструкції, причому укладання можлива при меншій вібрації суміші. Дана технологія підходить для укладання фундаментів, доріг, міжповерхових перекриттів, настилів покритель та інше.

✓ застосування пластифікатора в процесі виготовлення виробів і конструкцій із збірного залізобетону, сприяє збільшенню темпів оборотності формувального обладнання (обертоснастки, опалубки, форм). Дозволяє швидше знімати опалубку.

✓ «Бетопласт» повинен використовуватися як добавка в бетон при

виготовленні стяжки для теплої підлоги. Пластифікатор додасть бетону пластичності і легко укладальності. Адже бетон потрібним буде пролити через сітку і покладений на неї кабель або труби теплої підлоги щоб ніде не утворилося порожнеч. Так само «Бетопласт» підвищує міцність бетону, що важливо в умовах зміни температури теплоносія теплої підлоги, і перешкоджає появі тріщин в бетоні.

До основних переваг пластифікатора можна віднести наступні:

- ✓ виготовлені монолітні конструкції з бетонних і залізобетонних матеріалів характеризуються високою міцністю, довговічністю, а так само винятковою надійністю;

- ✓ бетонна маса, завдяки використанню даного пластифікатора, стає більш текучою, рухомою, а також пластичною;

- ✓ істотно зменшується негативний вплив будь-яких механічних впливів, перепадів температур, різних опадів, а також багатьох інших зовнішніх факторів. З додаванням «Бетопласт», бетон стає більш міцним, надійним і стійким;

- ✓ дає можливість здійснювати укладання бетону з металубку значно простіше, а також пластифікатор може істотно збільшити щільність, і тим самим, зменшити здатність бетону сі маси вбирати вологу.

- ✓ зменшується поглинання води бетоном, збільшуючи його щільність;

- ✓ використання в будівництві «Бетопласт», практично повністю виключає можливість появи корозії на сталевій і металевій арматурі.

- ✓ застосування даного пластифікатора сприяє поліпшенню ущільнюючого властивості бетону, процес його укладання стає дещо простіше, а так само швидше. Цей факт, в свою чергу, впливає на вагість виконання роботи, істотно знижуючи її в кілька разів, а так само виключає необхідність використання вібраційних ущільнювачів для бетону;

- ✓ «Бетопласт» використовується для недопущення зневоднення бетонної суміші, що дозволяє досить ефективно працювати в умовах підвищених температур повітря;

- ✓ використання пластифікатора сприяє зниженню фізичних зусиль,

істотно скорочує процес роботи, не впливаючи, таким чином, на його якість;

- ✓ «Бетопласт» досить часто застосовується для підготовки підлоги підігрівом;

- ✓ з використанням пластифікатора, у відповідній кількості, значно підвищує всі характеристики бетонної маси. «Бетопласт» має цілий ряд незаперечних переваг. Завдяки специфічним властивостям цієї добавки, тепер немає необхідності додавати воду для досягнення високої рухливості робочої суміші.

- ✓ ще одна явна перевага характеристик пластифікатора «Бетопласт» дозволить істотно спростити і прискорити процес укладання бетонної маси в армовані конструкції, які мають достатньо широке застосування у будівництві доріг, створенні перекриттів між поверхами будівлі, і в багатьох інших компонентах сфери будівництва.

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

В даному розділі ведеться розрахунок та аналіз таких проведених досліджень: визначення середньої густини бетону; водопоглинання бетону; вологості бетону; пористості бетону; об'єм відкритих капілярних пор; об'єм відкритих некапілярних пор; об'єм умовно закритих пор.

Випробуванням піддавали бетон складу 1:3,02:4,32 з В/Ц = 0,72 та 1:1,2:2,12 з В/Ц = 0,39 без добавки, та з добавкою «Бетопласти» кількості 0,2%, 0,5% та 0,8% але при скороченій витраті цементу відповідно на 10%, 18% та 28% і незмінному В/Ц та пластичності бетонної суміші. Для проведення досліджень було використано 6 зразків.

5.1 Розрахунок складу бетону

Склад бетону на один зразок розраховується наступним чином, виходячи із початкової взятої кількості цементу 265 кг/м^3 при відношенні 1:3,02:4,32 для зразка №1 отримано такі показники:

визначення кількості піску:

$$265 - 1 \quad x = \frac{265 * 3,02}{1} = 800,3 \text{ кг/м}^3, \quad (5.1.1)$$

$$x - 3,02$$

визначення кількості цементу:

$$265 - 1 \quad x = \frac{265 * 4,32}{1} = 1144,8 \text{ кг/м}^3, \quad (5.1.2)$$

$$x - 4,32$$

кількість води визначалася виходячи з водо цементного відношення, В/Ц = 0,72

$$\frac{x}{265} = 0,72, \quad (5.1.3)$$

$$x = 265 * 0,72 = 190,8 \text{ л/м}^3 \quad (5.1.4)$$

Отже, всього на 1 м³ потрібно:

- ✓ цемент – 265 кг/м³;
- ✓ пісок – 800,3 кг/м³;
- ✓ щебінь – 1144,8 кг/м³;
- ✓ вода – 190,8 л/м³;

Так як випробувачем піддавали зразки розміром 10*10*10 см, то кількість бетону на один зразок становитиме 0,001 м³, а кількість вихідних матеріалів буде наступна:

- цемент

Аналогічно розраховується кількість бетону для зразків №2, №3 та №4, але з додаванням пластифікатора «Бетоплас».

Для зразка №2, з додаванням пластифікатора в кількості 0,2%, при незмінному співвідношенні та незмінному В/Ц, кількість цементу зменшується на 10%, тобто буде дорівнювати 238 кг/м³.

Стже кількість вихідних матеріалів становитиме:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

Для зразка №3 при додаванні пластифікатора в кількості 0,5% кількість цементу зменшується на 18% і становить 217 кг/м³, а кількість вихідних матеріалів буде такою:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

На зразок під №4 кількість пластифікатора становить 0,8%, а кількість цементу зменшується на 28% і дорівнює 209 кг/м³. Кількість вихідних матеріалів:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

З водоцементним відношенням 0,39 та початковою кількістю цементу 510 кг/м³ при відношенні 1:1,2:2,1 для зразка №1* без добавки «Бетопласт» отримано такі розрахунки:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

Для зразка №2* кількість пластифікатора дорівнює 0,2%, а кількість цементу, скорочена на 10%, дорівнює 459 кг/м³. Дані розрахунку кількості матеріалу будуть такі:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

На зразок №3* при додаванні добавки «Бетопласт» в кількості 0,5%, кількість цементу зменшиться на 18% і становитиме 418 кг/м³. При розрахунку дані по кількості вихідних матеріалів є такими:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

На зразок №4* з вмістом добавки 0,8%, кількість цементу знижується на 28% і дорівнює 367 кг/м³. Розрахунок вихідних матеріалів становить:

Назва матеріалу	На 1 м ³ , кг	На 0,001 м ³ , кг

5.2 Розрахунок визначення середньої густини бетону

Для визначення середньої густини виміряли масу кожного зразка та його об'єм у сухому та водонисиченому стані. Розраховували середню густину за формулою (3.1.1). Результати випробувань наведені в таблиці 5.2.1

Таблиця 5.2.1 Результати визначення середньої густини

№ Зразка	В/Ц	Вміст пластифікатора	Маса зразка, г		Об'єм зразка, см ³		Середня густина, г/см ³	
			Сухий зразок	Зразок після водонисичення	Сухий зразок	Зразок після водонисичення	Сухий зразок	Зразок після водонисичення

Із таблиці 5.2.1 видно, що при В/Ц = 0,72 пластифікатор «Бетопласт» збільшує густину бетону. А при В/Ц = 0,39, навпаки, середня густина бетону зменшується. За даними показниками можна такий бетон віднести до полегшених.

5.3 Розрахунок визначення водопоглинання бетону

Для визначення кінетики водопоглинання було використано зразки з

$W/C = 0,39$ при відношенні 1:1,2:2,12 з добавкою «Бетопласт», так і без неї. Результати обчислені за формулою (3.2.1) і наведені у таблиці 5.3.1

Таблиця 5.3.1 Результат розрахунку визначення водопоглинання бетону

Аналізуючи кінетику водопоглинання бетону (рис. 1), можна сказати, що введення добавки «Бетопласт» знижує водопоглинання бетону. Водопоглинання до повної стабілізації маси для бетону без добавки складає 3,90%, з добавкою 0,2% «Бетопласт» - 2,99%, з кількості 0,5% «Бетопласт» - 2,75% і в кількості 1,8% «Бетопласт» - 1,55%. Таким чином водопоглинання бетону без добавки відбувається на протязі доби та при подальшому витримуванні в воді водопоглинання практично не збільшується. Подальше водопоглинання бетону з добавкою «Бетопласт», до повної стабілізації маси можна пояснити збільшенням об'ємі бетону дрібних пор. Зменшення водопоглинання бетону з добавкою «Бетопласт» пояснюється покращенням структури бетону, за рахунок зменшення його наскрізної пористості, зменшення середнього розміру пор та кількості відкритих пор доступних для води.

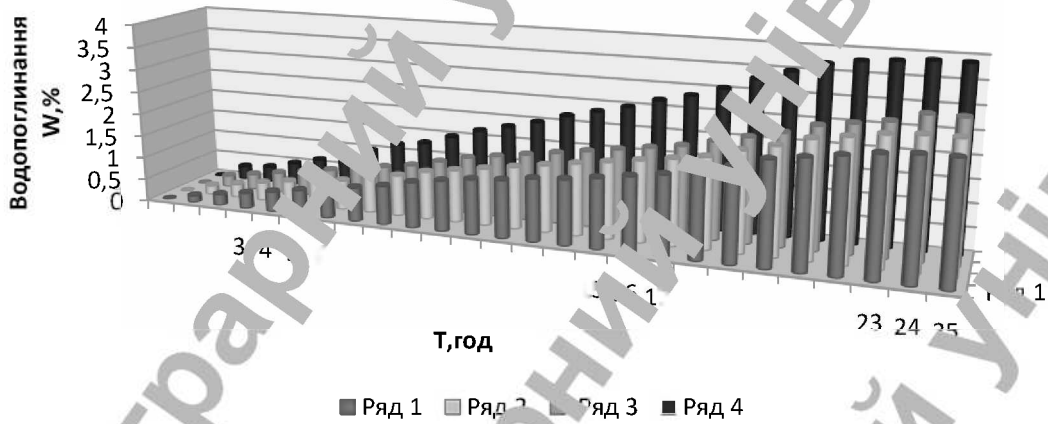


Рис. 1. Вплив добавки «Бетоплат» на кінетику водопоглинання бетону, складу 1:1,1:2,12 з В/Ц = 0,39

ряд 1 – 0,8%; ряд 2 – 0,5%; ряд 3 – 0,2%; ряд 4 – без добавки;

5.4 Розрахунок визначення вологості бетону

Розрахунок визначення вологості бетону визначалася за формулою (3.3.1) та (3.3.2). Результати обчислення вказано у таблиці 5.4.1

Таблиця 5.4.1 Результати розрахунку визначення вологості бетону

№ Зразка	В/Ц	Кількість добавки, %	Вологість бетону за масою, W_m %	Вологість бетону за об'ємом, W_o %

5.5 Розрахунок визначення пористості бетону

Об'єм пор визначається за формулою (3.4.2). Дані розрахунку заносимо у таблиці 5.5.1

Таблиця 5.5.1 Результати розрахунку визначення об'єму пор бетону

№ Зразка	В/Ц	Кількість добавки, %	Об'єм пор бетону, %

Аналізуючи розрахунок об'єму пор в таблиці 5.5.1 видно, що при додаванні пластифікатора «Бетопласт» об'єм пор збільшується (рис. 2)

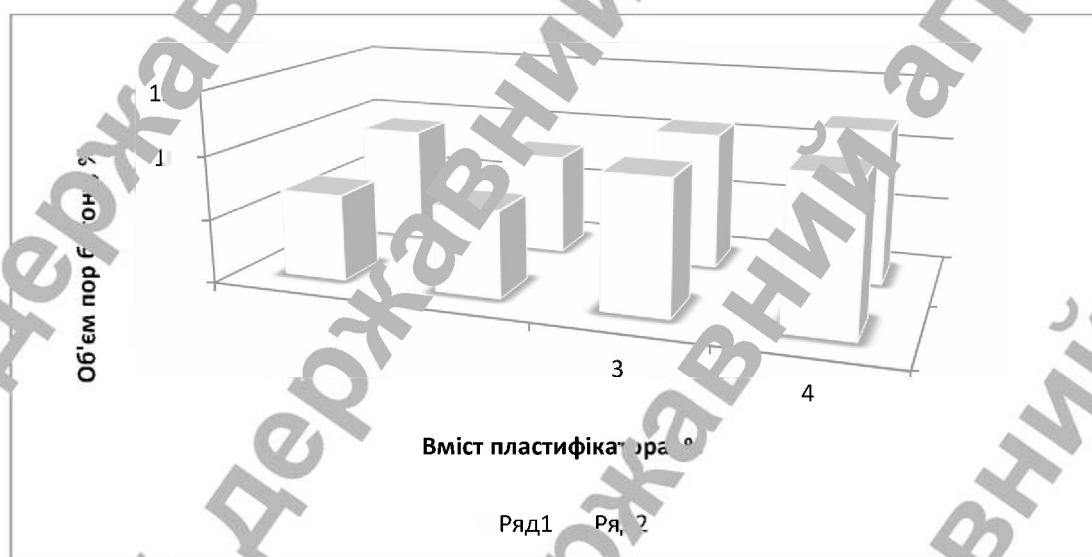


Рис. 2 Об'єм пор бетону. Ряд 1 - В/Ц = 0,72; Ряд 2 - В/Ц = 0,39

1 – без добавки «Бетопласт» 2 – 0,2% «Бетопласт»; 3 – 0,5% «Бетопласт»;

4 – 0,8% «Бетопласт»;

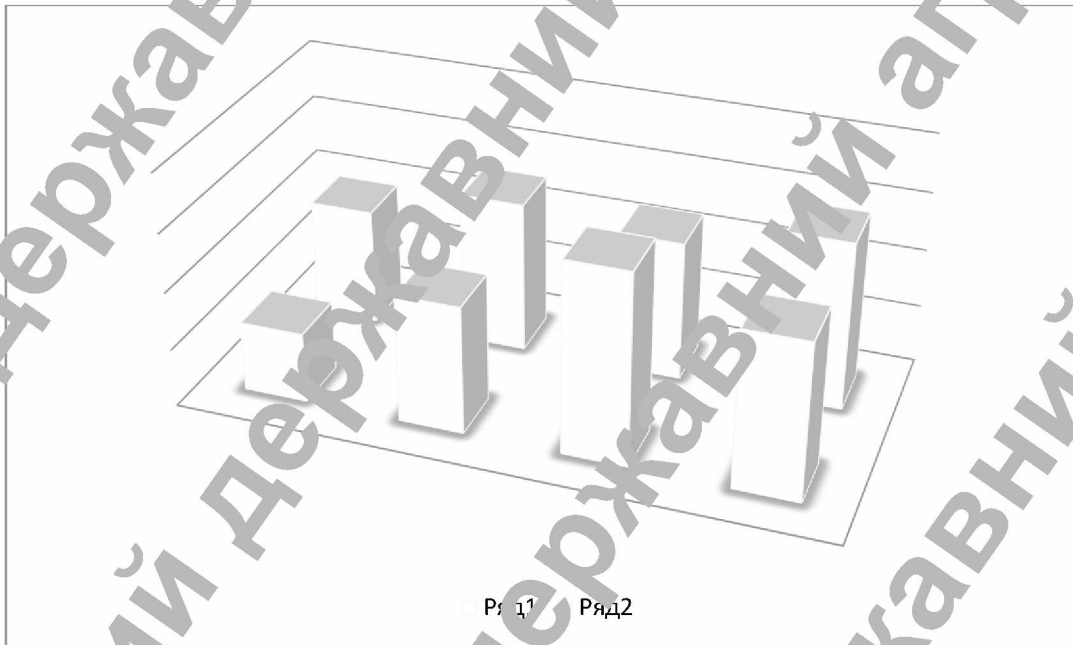
Об'єм відкритих капілярних пор бетону визначали за формулою (3.4.3).

Дані з розрахунку наведені в таблиці 5.5.2.

Таблиця 5.5.2 Результат розрахунку об'єму відкритих капілярних пор

№ Зразка	В/Ц	Кількість добавки, %	П _о , %

Збільшення об'єму відкритих капілярних пор зображуємо графічно (рис.3)

Рис.3 Об'єм відкритих капілярних пор бетону, П_о %

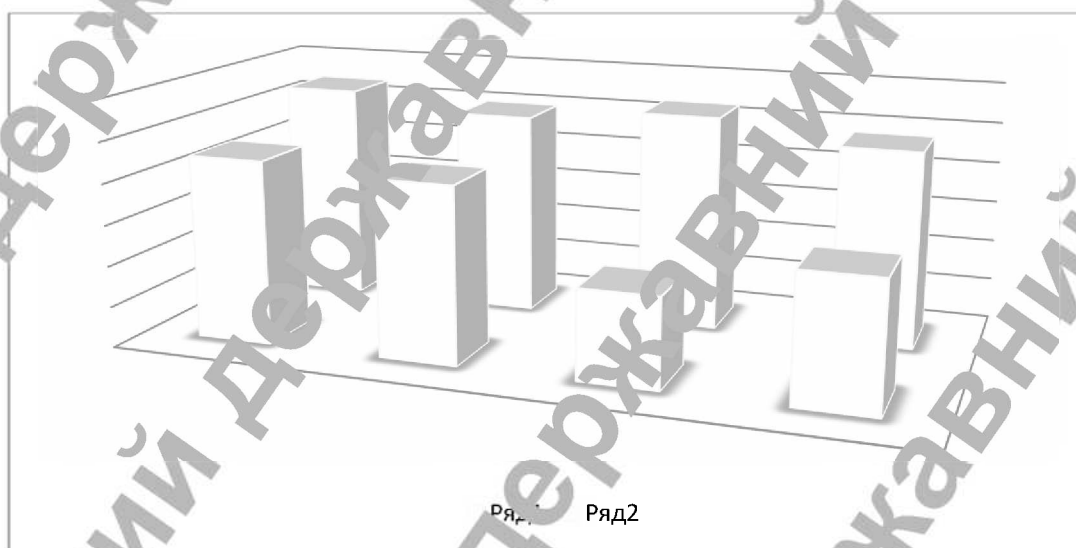
Ряд 1 – В/Ц = 0,72; Ряд 2 – В/Ц = 0,59

Об'єм відкритих некапілярних пор бетону визначають за формулою (5.4.4). Розрахунки заносимо до таблиці 5.5.3

Таблиця 5.5.3 Результат розрахунку об'єму відкритих некапілярних пор бетону

№ Зразка	В/Ц	Кількість пластифікатора, %	Об'єм відкритих некапілярних пор бетону, П _в , %

З таблиці 5.3 видно, з додавання пластифікатора «Бетоніст» об'єм відкритих некапілярних пор бетону зменшується (рис. 4)

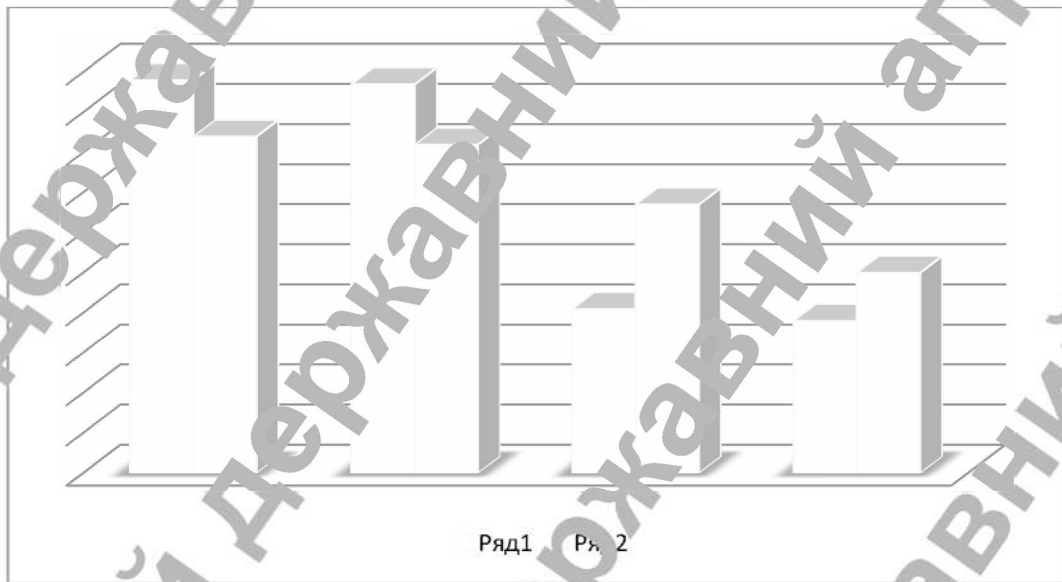


Об'єм умовно – відкритих пор бетону у відсотках визначається за формулою (3.4.5). Дані розрахунків вказані в таблиці 5.5.4

Таблиця 5.5.4 Результат розрахунку об'єму умовно – закритих пор бетону

№ Зразка	В/Ц	Кількість пластифікатора, %	Об'єм умовно – закритих пор бетону, P_z %

Аналізуючи розрахунки таблиці 5.5.4, об'єм умовно – закритих пор зменшується з додаванням пластифікатора «Бетопласт» (рис.5)

Рис.5 Об'єм умовно – закритих пор P_z , %

Ряд 1 – В/Ц = 0,72, Ряд 2 – В/Ц = 0,39

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів які діють на працюючих при виготовленні бетонних конструкцій

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати шум, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути виміряна за їх кількістю та за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробстві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів [24].

відбулися через тіло людини

- ✓ відсутність чи нестача природного світла;
- ✓ недостатня освітленість робочої зони.

6.2 Технічні засоби і організаційні заходи із усунення дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів при виготовленні бетонних конструкцій

Аналіз травматизму і професійних захворювань на підприємствах з виготовлення залізобетонних виробів показує, що найбільш небезпечними і шкідливими є цехи з виготовлення бетонних розчинних сумішей, формувальні цехи.

Бетонозмішувальні цехи в комплексі зі складами цементу і заповнювачів повинні забезпечувати технологічний процес бетонної суміші, загальну систему керування механізмами й агрегатами, які б відповідали нормам безпечної експлуатації. Обладнання в бетонозмішувальних цехах може розташовуватися за одноступеневою (вертикальною) чи двоступеневою (партерною) схемою. На багатьох підприємствах з виготовлення збірних залізобетонних виробів бетонозмішувальні цехи побудовані за одноступеневою схемою, тому що обладнання за вертикальною схемою розташовується більш компактно, його можна комплексно механізувати і автоматизувати, цехи займають менші площі, забезпечують високу продуктивність. При цьому потрібна висота будівлі до 20-25 м.

Бетонозмішувальний цех при одноступеневій схемі розподілений на три відділення: надбункерне, дозувальне і бетонозмішувальне.

У надбункерне відділення поступають інертні матеріали, цемент, які далі подаються в дозувальне відділення. У надбункерному відділенні умови праці характеризуються високою запиленістю, шумом, вібрацією, несприятливими умовами мікроклімату, освітленістю і цілим рядом механізмів, які є травмонебезпечними чинниками.

Дозувальне відділення оснащено обладнанням для дозування цементу, заповнювачів, води, різних добавок і вузлом перемішування для подачі дозованих компонентів бетонної суміші у бетонозмішувач.

У дозувальному відділенні особливу увагу слід приділяти досягненню надійної герметизації дозувальних апаратів. Щільні гумові кожухи навколо

затворів бункерів і дозаторів є гарним захистом проти виділення пилу в робоче

Основними шкідливими виробничими факторами у формувальних цехах є: вібрація, шум, підвищена вологість повітря, пил та ін. Слід відзначити великі фізичні навантаження.

Віброзоляція – це єдиний засіб зменшення вібрації, що передається на руки від ручного механізованого інструмента. Для цього в коливальну систему вводиться пружний елемент, коефіцієнт пористості якого зменшується, коли збільшується сила натиску. За організаційними ознаками методи віброзахисту бувають колективні та індивідуальні. Колективні методи передбачають такі заходи:

- ✓ послаблення енергії вібрації в джерелі її виникнення;
- ✓ послаблення параметрів вібрації на шляху її розповсюдження від джерела збудження;
- ✓ організаційно-технічні;
- ✓ санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Організаційно-технічні заходи передбачають:

- ✓ заміну операцій, що вимагають використання вібромашин

дистанційним або автоматичним управлінням;

- ✓ своєчасні планово-попереджувальні ремонти;
- ✓ контроль за вібраційними параметрами ручних машин не рідше ніж 1 раз на 6 місяців;
- ✓ змащування та зрештоваження деталей машин, що рухаються.

Основним технічним заходом є створення нових конструкцій машин, вібрація яких не перевищує за безпечні межі, а зусилля не перевищує 15-20 кг.

Якщо визначеними методами зменшити шкідливу дію вібрації неможливо тоді змінюють параметри вібрації шляхом її порушення від джерела коливальної сили. Цього досягають шляхом зменшення динамічних процесів, що спричиняються ударними або різкими прискореннями. Усунення дисбалансу мас, що обертаються, досягається збалансуванням.

Вібробезпечними вважаються такі машини, які хоча б в одному з режимів експлуатації генерують вібрації, що вимагають забезпечення вібробезпечних умов праці. Чинне місце в системі захисту працівників займає:

- ✓ вібропоглинання;
- ✓ вібродемпфування;
- ✓ віброізоляція;
- ✓ віброгасіння.

Вібропоглинання та вібродемпфування віброуючих конструкцій здійснюється за рахунок збільшення втрат енергії в коливальних системах. В якості вібродемпфування використовують матеріали, що мають велике внутрішнє тертя (магнітні сплави, пластмаси, мастики, пінопласти, гума, пластикати і ін.).

На конструкціях, що віброують шар пружнов'язких матеріалів збільшує у коливальній системі внутрішнє тертя. Товщина покриття мастиками має перевищувати товщину віброуючих конструктивних деталей у 2-3 рази.

Для зменшення вібрації, що передається на робоче місце використовують спеціальні амортизуючі сидіння з пасивною пружиною ізоляцією з гумовим або іншим віброгасним покриттям.

Кардинальним заходом віброгасіння зовнішньої вібрації від потужних

машин та агрегатів є розрахунок вібродозаційних систем та фундаментів.

Важливим профілактичним заходом є правильна організація режиму праці осіб вібронезбезпечних професій. Сумарний час контакту з віброуючим обладнанням має не перевищувати 2/3 тривалості робочого дня, а тривалість безперервної дії вібрації не повинна перевищувати 15-20хв.

Для роботи з віброуючими машинами й механізмами допускається тільки ті працівники, які досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд, а в процесі роботи мають не рідше, ніж один раз на рік проходити періодичні огляди.

Заходи та засоби захисту від шуму поділяються на колективні та індивідуальні, причому останні застосовуються лише тоді, коли заходами та засобами колективного захисту не вдається знизити рівні шуму на робочих місцях до допустимих значень. Призначення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) від шуму - перешкодити найбільш чутливим каналам проникнення звуку в організм - вуха. Тим самим різко послаблюються рівні звуків, що діють на барабанну перетинку, а відтак - і коливання чутливих елементів внутрішнього вуха. Такі засоби дозволяють одночасно попередити розлад всієї нервової системи від інтенсивного подразника, яким є шум. До ЗІЗ від шуму належать навушники, протишумові вкладки, шумозаглушувальні шоломи. Вибір ЗІЗ обумовлюється видом та характеристикою шуму на робочому місці, зручністю використання засобу при виконанні даної робочої операції та конкретними кліматичними умовами. Засоби колективного захисту від шуму подібно до віброзахисту поділяються за такими напрямками:

- ✓ зменшення шуму в самому джерелі;
- ✓ зменшення шуму на шляху його поширення;
- ✓ організаційно-технічні заходи;
- ✓ індивідуально-профілактичні заходи.

Зменшення шуму в самому джерелі - найбільш радикальний засіб боротьби з шумом, що створюється устаткуванням. Досвід показує, що ефективність заходів щодо зниження шуму устаткування, що вже працює, досить невисока, тому необхідно прагнути до максимального зниження шуму в

джерелі ще на стадії проектування устаткування. Це досягається за допомогою наступних заходів та засобів:

- ✓ удосконалення кінематичних схем та конструкцій устаткування;
- ✓ проведення статичного та динамічного зрівноважування і балансування;
- ✓ виготовлення деталей, що співударюються, та корпусних деталей з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, гуми);
- ✓ чергування металевих та неметалевих деталей;
- ✓ підвищення точності виготовлення деталей та якості складання вузлів і устаткування;
- ✓ зменшення зазорів у з'єднаннях шляхом зменшення допусків;
- ✓ застосування мащення деталей, що труться, і т. ін.

Організаційно-технічні засоби захисту від шуму передбачають:

- ✓ застосування малопотужних технологічних процесів та устаткування;
- ✓ оснащення шумного устаткування засобами дистанційного керування;
- ✓ дотримання правил технічної експлуатації;
- ✓ проведення планово-попередувальних оглядів та ремонтів.

Виробничий пил може призвести до розвитку професійних бронхітів, пневмоній, ергічних ринітів, бронхіальної астми, пилкових захворювань очей, шкіри та ін.

Пилкові бронхіти нині стають найбільш розповсюдженими видами патології. Пилкові бронхіти виникають при вдиханні помірно агресивного мішаного пилу грубої дисперсності. Розповсюдження і строки захворювання залежать від концентрації і хімічного складу пилу (8—10 років).

Пил може чинити вплив на органи зору, спричиняти запальні процеси (кон'юнктивіти), професійні катаракти, викликати сильну сенсорибілізуючу дію на слизову оболонку і роговицю очей.

Забруднюючи шкіряні покриви, пил різного складу чинить подразнюючу, сенсорибілізуючу і фотодинамічну дію (дерматити, алергічні дерматити і екземи, фотодерматити відкритих ділянок шкіри). Проникнення пилу в сальні потові залози викликає порушення потовидільної функції шкіри. Пил може проявляти чисто механічну дію – гострими краями порушувати цілісність слизової

оболонки верхніх дихальних шляхів, очей і т. ін.

До організаційних заходів боротьби з пилом належить організація умов виробництва ефективного УФ опромінення, яке гальмує склеротичні процеси, содові інгаляції, які сприяють санації верхніх дихальних шляхів, дихальна гімнастика, яка покращує функцію респіраторного дихання, дієта з наявністю вітамінів.

У тих випадках, коли заходи по зменшенню концентрації пилу не призводять до його зменшення в робочій зоні у межах ГДК, використовують ЗІЗ. До ЗІЗ відносяться протипилові респіратори, захисні окуляри, спеціальний протипиловий одяг.

Вибір тих чи інших засобів захисту органів дихання залежить від виду шкідливих речовин і їх концентрації у повітрі робочої зони.

Органи дихання захищають фільтруючими і ізолюючими ЗІЗ, широко використовують респіратор типу "Пелюстка". Для захисту шкіри є спеціальні мазі. Для захисту очей є відкриті або закриті окуляри.

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму:

- ✓ випадковий дотик, наближення на небезпечну відстань до струмопровідних частин, що перебувають під напругою;
- ✓ поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах електроустаткування (корпусах, кожухах тощо) у результаті пошкодження ізоляції або з інших причин;
- ✓ поява напруги на відключених струмопровідних частинах, на яких працюють люди, внаслідок помилкового включення установки;
- ✓ виникнення напруги кроку на поверхні землі через замикання проводу на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- ✓ забезпечення недоступності струмопровідних частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику;
- ✓ електричний поділ мережі;
- ✓ усунення небезпечного ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням,

зануленням, захисним відключенням...

при накладанні переносних заземлень не відключені струмоприймачі частини електроустановки відразу після перевірки відсутності напруги або включення спеціальних заземлювальних ложів - роз'єднувачів, наявних у камері РП;

✓ огороження робочого місця і вивішування на ньому дозвільного плаката "Працювати тут".

Навчені технічні заходи виконує (у зазначеній послідовності) допускаючий до роботи з дозволу тієї особи, що видає розпорядження на проведення робіт. Допускаючим до роботи може бути особа з чергового чи оперативного-ремонтного персоналу в електроустановках напругою до 1000 В з кваліфікаційною групою не нижче ІІ, а в установках напругою понад 1000 В - з

IV групою.

Для нормальної зорової роботи необхідно створювати такі умови, щоб не виникали професійні захворювання або виробничий травматизм. Освітлення має відповідати встановленим нормативам та характеру зорової виробничої діяльності:

- ✓ забезпечувати достатню рівномірність та постійність освітлення
- ✓ відсутність умов переадаптації органів зору;
- ✓ не створювати сліпучої дії від джерела світла і предметів, що знаходяться в полі зору;
- ✓ не створювати на робочих поверхнях різких та глибоких тіней, бути рівномірним на площині, що освітлюється.

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів:

- ✓ природне - це пряме або відбите світло сонця (небосхилу), що освітлює приміщення через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.
- ✓ штучне здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювальними або газорозрядними), і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення.
- ✓ сполучене (суміщене) - одночасне поєднання природного і штучного освітлення.

Вентиляція – це регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення забрудненого повітря і подачу на місце видалення свіжого повітря.

Основна функція до вентиляційних систем – це вилучення з приміщення забрудненого, вологого або нагрітого повітря та подача на його місце чистого повітря, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

За способом переміщення повітря вентиляція буває природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно).

Залежно від призначення – для подачі чи видалення повітря або для того й іншого одночасно – вентиляція може бути припливною, витяжною або

припливно-витяжною.

За місцем дії вентиляція буває загальнообмінною і місцевою.

На виробництвах частіше влаштовують комбіновані системи вентиляції (загальнообмінні з місцевою і т. ін), а в окремих випадках і артефактну вентиляцію, як правило вона проектується витяжною.

Системи вентиляції мають бути пожежо- та вибухобезпечними, простими в облаштуванні, не переохолоджувати приміщення, не створювати надмірного шуму, бути надійними в експлуатації та економічними. Крім парогорта на кожну вентиляційну установку складають журнал експлуатації.

Природна вентиляція відбувається внаслідок різниці температури повітря в приміщенні і зовні, а також у результаті дії вітру. Різниця температур обумовлює надходження холодного повітря у приміщення й видалення з нього теплого повітря. Під дією вітру з навітряного боку будівлі виникає, підвищений тиск, а з підвітряного – розріджений. Розрідження зумовлює витяжку теплого й забрудненого повітря з приміщення, а на його заміну надлишок тиску зумовлює надходження свіжого повітря.

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою.

Прорантованість здійснюється завдяки перепадам температури і сили вітру через вікна та квартирки і за рахунок інфільтрації – просочування повітря через щільності вікон, дверей і будівельних матеріалів. Площа вікон, квартирок і фрамуг, що забезпечують природну вентиляцію має становити від 2- до 4% площі підлоги.

Організована природна вентиляція – це аерація. Для аерації у стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а у верхній частині – спеціальні ліхтарі для видалення відпрацьованого повітря.

Щоб посилювати природну вентиляцію у виробничих приміщеннях встановлюють витяжні труби з дефлекторами на 1,5-2м вище гребня даху в зоні ефективної дії вітру. Вітер, що обтікає дефлектор створює знижений порівняно з атмосферним тиск, внаслідок чого по витяжній трубі вгору рухається повітря з приміщення й видаляється у навколишнє середовище.

Для боротьби з надлишками тепла аерація має перевагу втому, що

величезні об'єми повітря (мільйони м³/г) подаються і видаляються без вентиляторів і повітропроводів. Аерація дешевша й простіша в експлуатації порівняно з механічними системами вентиляції.

Недоліком природної вентиляції є те, що вона мало ефективна за високих температур зовнішнього повітря, особливо у безхмарну погоду.

У системах механічної вентиляції рух повітря здійснюється за допомогою вентиляторів. Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною, яку проектують на цих виробництвах де можливе надходження у повітря значної кількості шкідливих або вибухонебезпечних речовин.

Механічна робоча вентиляція може бути загальною обмінною, місцевою або комбінованою.

Щоб забезпечити нормальний повітрообмін необхідну кількість повітря визначають відповідно до наявних шкідливих факторів характерних для конкретного виробництва.

Загально - обмінна вентиляція забезпечує створення відповідного мікроклімату у всьому об'ємі приміщення. Цей вид вентиляції має дві системи – припливну і витяжну, які одночасно подають у приміщення чисте повітря у нижню частину, а з верхньої зони видаляють забруднене.

Припливна механічна вентиляція проектується в приміщеннях з значними тепловиділеннями і невисокою концентрацією шкідливих речовин. Ця система вентиляції забезпечує подачу чистого зовнішнього повітря у приміщення, а видалення забрудненого повітря здійснюється через вентиляційні отвори, фрімуги, дефлектори.

Витяжна загально - обмінна вентиляція проектується там де відсутні викиди шкідливих речовин та невелика кратність повітрообміну, а також у допоміжних, побутових та складських приміщеннях.

6.3 Заходи пожежо- безпеки у цеху при виготовленні бетонних і шлакобетонних конструкцій

Загальні положення:

✓ Усі виробничі об'єкти повинні бути забезпечені пожежним інвентарем і устаткуванням, згідно затвердженого переліку.

✓ Весь персонал виробничих об'єктів зобов'язаний знати розташування засобів пожежогасіння і вміти користатися ними при виникненні пожежі у тому числі: вогнегасниками всіх типів, пожежними кранами з брандспойнтами, азбестовою полотняною сіркою, піском, а також засобами автоматичного пожежогасіння.

✓ На усіх виробничих об'єктах повинні бути створені добровільні пожежні дружини (ДПД) з бойовими рахунками.

✓ Весь персонал виробничих об'єктів, незалежно від місця роботи, при виявленні пожежі в цеху або на суміжній території зобов'язаний негайно:

- повідомити про це телефоном майстру, інженера зміни, диспетчера;

- повідомити в пожежну команду за телефоном 01 чи пожежним повідомлювачем;

- прийняти особисто необхідні заходи для ліквідації пожежі

✓ Забороняється захарашувати проїзди, місця переходів, виходів і доступи до перлинних засобів пожежогасіння. Користуватися пожежним інвентарем для господарських потреб і з іншою метою забороняється.

✓ Забороняється зберігати у виробничому приміщенні легкозаймисті: палінні рідини, лаки, фарби і розчинники.

✓ Мастильні, обтиральні матеріали повинні зберігатися в спеціально відведених місцях у металевих шухлядах із кришками.

✓ Забороняється зберігати і класти на парові лінії й інші пальні комунікації дрантя, шпир і ін. пальні матеріали.

✓ Паління на виробничих об'єктах дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, обладнаних металевією урною з водою.

✓ Освітлення, електроустаткування і електрична апаратура у вибухонебезпечних цехах повинні бути у вибухозахищеному виконанні.

✓ У вибухонебезпечних приміщеннях резервним висвітленням є вибухонебезпечні акумулюючі світильники.

✓ Забороняється під час грози скидати в атмосферу газ через свічі.

✓ При загорянні газу на апаратах чи газопроводах необхідно закрити місце горіння мокрою азбестовою полотниною і включити автоматичне пінне вуглекислотне та ін. пожежогасіння. При відсутності автоматичного пожежогасіння застосовувати ручні вуглекислотні чи порошкові вогнегасники.

✓ При виконанні вимог даної інструкції, правил і норм з пожежної безпеки, що могло призвести чи спричинити пожежу, нещасний випадок або аварію, винні несуть відповідальність у дисциплінарному чи судовому порядку, в залежності від характеру наслідків.

Організація протипожежних заходів:

Кожна особа, яка працює в цеху або на території, що прилегає до цеху, повинна пройти інструктаж з правил пожежної безпеки і за правилами поведіння при пожежі чи тривозі.

Протипожежний режим у цеху:

✓ На території цеху основних і допоміжних приміщень куріння дозволяється лише в спеціально відведених місцях.

✓ Територія цеху повинна утримуватися в чистоті, не допускається захаращення проїздів, проїздів і виходів з цеху. У зимовий час дороги повинні бути очищені від снігу.

✓ Для тимчасового зберігання виробничих відходів повинні бути встановлені спеціальні ємності або шухляди, які повинні періодично очищуватись.

✓ Силові й освітлювальна електропроводки повинні відповідати вимогам існуючих правил електричних установок.

✓ Регулярно очищати від пилу обладнання газопроводів, трубопроводів, освітлювальних приладів і електроборак.

✓ Засоби вогнегасіння (вогнегасники) повинні регулярно перевірятись і мати маркування з вказуванням терміну їх придатності.

6. Інженерні рішення з охорони парці та техніки безпеки у цеху при виготовленні бетонних конструкцій

Для поліпшення умов праці на підприємствах залізобетонних виробів

застосовують як колективні, так і індивідуальні засоби захисту. Це і впровадження малощумних вібр агрегатів, боротьба з шумом і вібрацією на шляху їх розповсюдження, для оздоровлення повітря виробничого середовища застосовують загально-обмінну приточно-витяжну і місцеву вентиляцію, обладнання повітряних теплових завіс на дверях і воротах цехів у зимовий час та ін.

ВИСНОВКИ

В результаті наведених досліджень було встановлено:

1. Із збільшенням вмісту пластифікатора водопоглинання зменшується: при 0,2% на 23,3%; при 0,5% на 29,4%; при 0,8% на 34,6%;
2. Зворотній вплив пластифікатор має на вологість бетону. Так при В/Ц = 0,72 вологість збільшиться: при 0,2% на 8,3%; при 0,5% на 12,5%; при 0,8% на 17,5%. При В/Ц = 0,39 вологість збільшиться при 0,2% на 11,6%; при 0,5% на 10,0%; при 0,8% на 14,1%.
3. Із збільшенням вмісту пластифікатора об'єм пор збільшується при В/Ц = 0,72: при 0,2% на 5,88%; при 0,5% на 52,9%; при 0,8% на 70,5%. При В/Ц = 0,39: при 0,2% збільшується на 2,17%; при 0,5% на 17,4%; при 0,8% на 30,4%.
4. Із збільшенням вмісту пластифікатора об'єм відкритих капілярних пор збільшується. Так, як об'єм відкритих капілярних пор дорівнює вологості бетону, то розрахункові дані будуть однаковими.
5. Зворотній вплив пластифікатор має на об'єм відкритих некапілярних пор. Так при В/Ц = 0,72 об'єм зменшиться: при 0,2% на 0,23%; при 0,5% на 2,72%; при 0,8% на 1,65%. При В/Ц = 0,39 об'єм зменшиться: при 0,2% на 1,63%; при 0,5% на 0,11%; при 0,8% на 0,70%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чехов, А. П., & Глущенко, В. М. (1994). Захист будівельних конструкцій від корозії. К.: Вища школа.
2. Байрачний, Б. І., Тульський, Г. Г., Штефан, В. Р., & Токарева, І. А. (2016). Технічна електрохімія. Частина V. Сучасні хімічні джерела струму, електроліз розплавів, електросинтез хімічних речовин. Харків. НТУ «ХП».
3. Бабанев Р. Золи-наполнячі у виробництві будівельних матеріалів. Київ: Будівельник, 1987. 130 с.
4. Плугін, А. А., Плугін, А. М., Кагановський, О. С., Градбєв, О. В. (2013). Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігалих мінеральних зв'язаних речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту, (138), 7-19.
5. Бондар Л.В., Бондар В.О. Аналіз існуючих методів захисту арматури залізобетонних конструкцій. Деп. 5.07.95 в ДНТБ України, №1673. Ук95
6. Бондар Л.В., Бондар В.О. Особливості корозії арматури наземних залізобетонних конструкцій виробничих будівель та споруд. Деп. 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 характеристик вихідних матеріалів» Автори: Бондар В.О., Бондар Л.В., Попович Н.М.
8. ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Будівельні матеріали. пісок цільний 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. Методи фізико-механічних випробувань»
10. ДСТУ Б В.2.7-273:2011 «Вода для бетону і розчинів. Технічні умови»
11. ДСТУ Б В.2.7-138:2009 «Цементи спеціальнобудівельного призначення Технічні умови»
12. ДСТУ Б В.2.7-60:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій Технічні умови.
13. Бондар, Л. В., Бондар, В. О., & Попович, Н. М. (2021). Використання конструктивних рішень будівель і споруд, умов експлуатації при влаштуванні електрохімічного захисту арматури залізобетонних конструкцій. Publishing House "Baltija Publishing".
14. Бондар, В. О., Бондар, Л. В., Горшеніна, А. В., & Гроздь, А. В. (2016). Влаштування та розробок системи електрохімічного захисту від корозії

арматури залізобетонних перекриттів із збірних ребристих плит. ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2017, 117-124.

14. Стоєв П. І., Литовченко С. Р., Мірка І. О., Грицина С. Г. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник :Харків, ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 216 с. ISBN 978-966-285-540-7

15. В.Г. Поклонський, С.А. Фесенко, В.Р. 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

16. Розподіл струму при послідовному з'єднанні провідників..

17. Л.Й. Дворкіс. Гідротехнічні бетони : навч. посібник. Київ : Паравела. 2023. 285 с.

18. Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів. довідник/ під заг. Редакцією реда В.І.-К.: Основа, 2010. – 464 с.

19. О. М. Пшінько, М. В. Савицький, А. М. Зіжкович. Відновлення експлуатаційної придатності бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій : навчальний посібник. Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Галайяна. Дніпро, 2018. 220 с. ISBN 978-966-8471-80-5

20. Гоц В. І., Павлюк С. В., Шилюк П. С. Бетони і будівельні розчини: підручник Київ: Основа, 2016. 568 с.

21. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії загальні технічні вимоги.

22. ДСТУ Б В.2.7-112-2002 «Цементи. Загальні технічні умови»

23. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 «Бетони. Правила підбора складу».

24. Охорона праці. Інструкція з охорони праці при експлуатації електроустановок до 1000В в установках та закладах освіти.