

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«Експериментально-статистичні дослідження
технічних характеристик ніздрюватого бетону»**

КРМ.192БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів»
спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр
групи 192БЦмд_21
Ярмолюк Антон Сергійович

Керівник: Попович Н.М.

Полтава 2024 року

ВСТУП

Розвиток сучасного будівельного виробництва несе середньо пов'язаний зі пошуком ефективних та ресурсозберігаючих будівельних матеріалів. Одним із перспективних у цьому класі матеріалів є ніздрюватий бетон, що поєднує у собі легкість, теплозбереження та високу економічну привабливість. Ніздрюватий бетон став широко використовуваним у проектуванні житлових та промислових будівель, оскільки відповідає сучасним вимогам щодо якості, прочності та терміну служби будівельних матеріалів. Особливо значимими параметрами для ніздрюватого бетону є його механічні та технічні характеристики, що сприяють процесу освоєння нових способів використання цього матеріалу.

На сьогодні позбавлення від такої спадщини лягло в основу вибору напрямку розвитку виробництва будівельних матеріалів, їх номенклатури та якості.

Викладені переваги ніздрюватих бетонів лежать в основі подальшого розвитку їх виробництва та використання. Останнім часом розробляються технології зведення монолітних стінових конструкцій з ніздрюбетону. При цьому однією з важливих проблем є методика контролю фізико-механічних характеристик такого бетону, які, до речі, мають значно більшу статистичну мінливість порівняно зі звичайними бетонами. Саме тому задачі, пов'язані з удосконаленням технології ніздрюватих бетонів та неруйнівного контролю їх міцності є актуальними і важливими для практики будівництва.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Історія впровадження та основи технологій газобетону

Сучасна тенденція розвитку житлового і цивільного будівництва в Україні характеризується збільшенням кількості індивідуальних, малоповерхових і каркасних багатопверхових будинків. Цей напрямок пов'язаний не тільки з енергетичними й економічними вимогами, але і з підвищенням комфортності житла, що будується. І такий вид будівництва передбачає використання в несучих елементах каркаса будинків високісних будівельних матеріалів і різноманітних стінових конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних виробів. Для таких будівель дрібні блоки з ніздрюватих бетонів виявилися найбільш придатними. За рахунок їх високих теплотехнічних характеристик досягається зменшення експлуатаційних енергетичних витрат, підвищується комфортність житла. Використання ніздрюватобетонних виробів у цих видах будівництва дозволяє знизити вартість житла, що зараз є дуже актуальним.

В Україні існує певний дефіцит виробництва автоклавних дрібноштучних ніздрюватобетонних виробів, що компенсується виробництвом бетону автоклавного твердіння, у тому числі пінобетону. Однак технологічні прийоми його виробництва, використовувані сировина й устаткування не завжди дозволяють досягти необхідної для сучасного будівництва якості виробів. Технологія зведення стін з використанням ніздрюватого бетону нерідко на будівельних об'єктах не відповідає економічним і експлуатаційним теплотехнічним вимогам. Вироби з ніздрюватого бетону крім нормативних фізико-механічних властивостей повинні мати якісну поверхню і стабільні розміри, що забезпечувало б мінімальну товщину шва при зведенні стінових конструкцій.

Ніздрюваті бетони вперше були отримані в 1889р. Гоффманом (Чехія). Він додав до рухомих цементних і гіпсових розчинів кислоти, вуглекислі або хлористі солі, що виділяли при хімічній взаємодії газ. Цей газ створював ніздрювату структуру в твердих розчинах. Патент Гоффмана не отримав практичного застосування.

Наступний крок в цьому напрямку був зроблений в 1914 році Аулсвортом і Дейтлом (США), які запропонували використати в якості газоутворювача порошок алюмінію, цинку і деяких інших металів, котрі при взаємодії з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ виділяли водень і діяли як спучуючі добавки. Цей висхід можна вважати початком сучасної технології газобетону. В 1922р. Адольф і Поль (Німеччина) використали перекис водню (пергідроль водню H_2O_2) для спучування бетонної суміші. Але в масовому виробництві газобетону використання пергідролу водню не знайшло широкого застосування. Практичне значення для розвитку виробництва газобетону мали дослідження Еріксона (Швеція), започатковані в 1918-1920р.р. Він запропонував спучувати густу суміш вапна з тонко подрібненими кремнеземистими компонентами і домішкою цементу (10%) при взаємодії алюмінієвого порошку з розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Виробництво цього матеріалу, тобто газосилікату, було розпочато фірмою „Ітонг” в 1929р. в шведському містечку Іксхульт на підприємстві з продуктивністю 15 тис. $\text{м}^3/\text{рі}$. При цьому в основі технології був покращений спосіб тепловлової обробки в автоклавах вапняно-кремнеземистих композицій, запатентований в 1890р. В. Міхаелісом. [6-7]

В подальшому розвиток технології автоклавного газобетону по способу Еріксона спочатку в Швеції, а потім в інших країнах, пішов двома шляхами. Один шлях привів до початку виробництва газосилікату „Ітонг”. Це ніздрюватий бетон автоклавного твердіння, отриманий із суміші вапна з кремнеземистими добавками, але без цементу. Другий привів в 1934р. до іншого різновиду газобетону – „Сіпорекс”,

запропонованим фінським інженером Леннартом Форсгомом і шведським інженером Іваром Екслундом, отриманим на основі суміші з портландцементу і кремнеземистого компоненту, але без додавання вапна.

По цим двом напрямкам виробництво газобетону стало розвиватися з середини 30-х років в багатьох країнах. В теперішній час заводи газобетону і газосилікату фірм „Ітонг”, „Сіпорекс”, „Хебель” „Зерхам”, „Маза-Хенке”, „Жоттен” та інших працюють в багатьох країнах світу. В країнах СНД, крім завезеної в останні роки польської технології є діючі розробки галузевих інститутів колишнього Мінбуду. Приклад будівництва із газобетону зображено на рис.1.1.

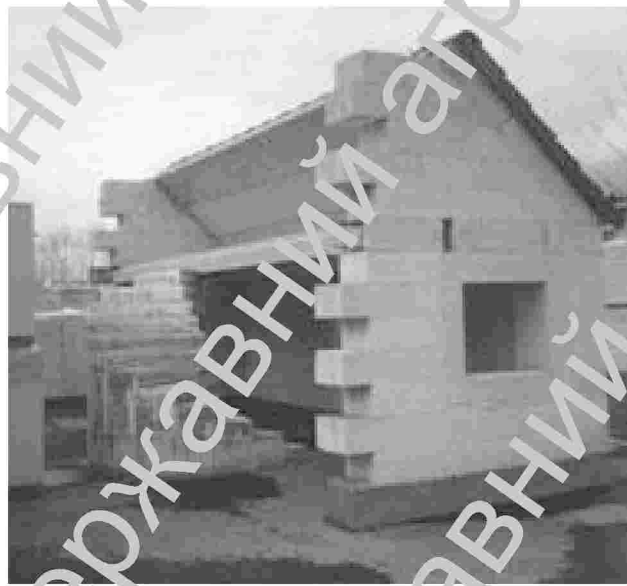


Рисунок 1.1

Другий напрямок отримання різдуюватого бетону являє собою змішування водного розчину сирих компонентів з попередньою підготовленою піною. В залежності від виду в'язучого і кремнеземистого компоненту матеріали отримали назву пінобетонів, піносилікатів, пінозолосилікатів, піношлаків, гіпсбетонів і т.п. Вперше спосіб отримання пінобетону шляхом змішування розчинів в'язучих речовин з піною запропонував датський інженер Е.С.Байер в 1911р. Але

практичне виготовлення пінобетону цим способом почалося в 1923-1925р.р. З того часу було видано велику кількість патентів на способи отримання пінобетону з різних видів мінеральної сировини і з різними піноутворювачами.

Перші дослідження технології і властивостей ніздрюватих бетонів в нашій країні почалися в 30-ті роки ХХ ст. Російські вчені П.А.Рейндер, А.А.Брюшков, Б.Н.Кауфман та інші розробили технологію теплоізоляційного пінобетону природнього твердіння і вивчили його властивості. Роботи М.Н.Гендлера, Б.Н.Кауфмана К.І.Шульда та інших на початку 30-тих років сприяли практичному втіленню в будівництво неавтоклавного монолітного пінобетону, отриманого в умовах будівельного майданчика.

Вперше виготовлення автоклавних пінобетонних виробів почалося в 1939 р. в Новосибірську і Челябінську. В післявоєнний період помітно розширились дослідницькі роботи з ніздрюватих бетонів. Вони, в основному, були направлені на вивчення різної сировини і використання відходів промисловості, розробці технологічних параметрів виготовлення ніздрюватобетонних виробів, в т.ч. режимів автоклавної обробки. Ці дослідження сприяли подальшому зростанню виробництва і використання ніздрюватого бетону в будівництві.

Досвід промислового виробництва ніздрюватого бетону неавтоклавного твердіння починається в 40-х років, індустріальне виробництво було покладене в 50-ті роки і використовувалось в багатьох містах Сибіру.

Розвиток виробництва ніздрюватого бетону в Україні пов'язано з бетоном автоклавного твердіння. Цей напрямок пов'язаний з поставкою в 1960-1962р.р. Польщею технологічного обладнання для десяти заводів по виготовленню виробів з ніздрюватого бетону автоклавного твердіння, з яких Луганський комбінат ніздрюватобетонних конструкцій, побудований з використанням такого комплексу

обладнання і став першим великим (180 тис. м³ на рік.) виробником ніздрюватобетонних виробів в Україні.

Якщо проаналізувати в цілому розвиток технології ніздрюватого бетону в Україні, то можна виділити умовно 4 основні періоди:

- 1) розвиток технології неавтоклавного пінобетону (1926-1941р.р.);
- 2) розвиток технології автоклавного пінобетону (1945-1960р.р.);
- 3) виробництво автоклавного пінобетону (1960-1985р.р.);
- 4) відродження технології неавтоклавного пінобетону з 1985 р. при збереженні виробництва автоклавного ніздрюватого бетону і стрімке нарощування обсягів виробництва з 1995р. неавтоклавного пінобетону з використанням більш ефективних піноутворювачів і спеціальних порізрезалучуючих домішок.

Аналіз роботи ряду підприємств України показав наявність організаційних і технологічних недоліків, що знижують якість продукції, її конкурентоздатність на будівельному ринку і, таким чином, створюється реальна можливість дискредитації технології неавтоклавного пінобетону.

На сьогоднішній день найбільш відомими великими виробниками ніздрюватобетонних виробів в Україні є наступні підприємства:

1. Газобетон ААС "Завод будівельних матеріалів № 1" м. Нова Каховка Миколаївська обл.
2. Газобетон «Стоунлайт» (Stonelight) - ТОВ «Орієнтир-Буделемент» (м. Бровари).
3. ВАТ Газобетон Аерок (Aeroc) - ТОВ «Аерок» (м.Березань, м.Одесухів).
4. Газобетон ЮДК - ТОВ «ЮДК» (м.Дніпропетровськ).
5. Газобетон ХСМ (HETTEN) - Корпорація «Харківські будматеріали» (м. Харків)
6. ТОВ «Чернігівський завод будівельних матеріалів»
7. ТОВ «Силікатобетон» (м.Суми).
8. ВАТ «Куп'янський силкатний завод» (м. Куп'янськ).

Крім того, на вітчизняному ринку будівельних стілових матеріалів присутні пористобетонні блоки закордонних виробників за ціною на 50-70% вищою за вироби вітчизняного виробництва. Це засвідчує, що національний виробник неспроможний задовольнити внутрішній попит на блоки з ніздрюватого бетону, як якісно, так і кількісно. Такий стан справ у галузі виробництва ніздрюватобетонних виробів повинен зацікавити внутрішнього інвестора саме тому, що налагодження виробництва пористобетонних блоків не потребує значних коштів і дорогих сировинних технологій. В теперішніх економічних умовах – відсутності значних коштів на реконструкцію (будівництво) великих профільних виробництв, єдиним правильним виходом може бути організація невеличких міні-виробництв максимально наближених до районів забудови, що зменшує транспортні витрати і створює нові робочі місця для місцевого населення (виконує ваглицю соціальну функцію). Особливо актуальним може бути створення виробництва пористобетонних виробів на базі вже існуючих виробництв шлакоблоків, тротуарної плитки (ФЕМів), бетонних парканів, які у зв'язку із насиченням ринку різноманітними матеріалами і появою нових матеріалів відчують зниження попиту на власну продукцію. [2, 3, 6, 17; 11]

Існуючі передумови для організації виробництва пористобетонних виробів малими профільними виробниками виглядають наступним чином:

- специфіка роботи незмінна;
- робітники не потребують коштовної перепідготовки і зміни кваліфікації;
- існуючі дозволи відповідають вимогам до умов виробництва;
- наявність інфраструктури;
- під діюче виробництво легше отримати кредитні кошти, необхідні для реорганізації виробництва на базі існуючого;
- наявність постачальників сировини (цементу, піску);
- присутність на місцевому ринку.

Такі передумови будуть відчутними конкурентними перевагами перепрофільованих виробництв перед нововведеннями. В той час, як енергетична складова собівартості інших будівельних стінових матеріалів (цегла, ніздрюватобетонні блоки автоклавного твердіння і т.п.) найближчим часом буде зростати пропорційно збільшенню вартості енергоресурсів, ніздрюватобетонні блоки неавтоклавного твердіння будуть залучатися конкурентноздатними. З теплотехнічної точки зору, ніздрюватобетонні блоки неавтоклавного твердіння з-поміж інших стінових теплоефективних матеріалів залучаються розумною альтернативою в умовах зміни структури сучасного житлового будівництва - переходу на малоповерхове котеджне і садибне будівництво. Тобто, про доцільність впровадження у виробництво певного стінового матеріалу можна судити за таким собі умовним критерієм доцільності К/Т (конкурентноздатність/теплоефективність).

Перспективність виробництва теплоефективних будівельних стінових матеріалів, таких як пінобетонний блок неавтоклавного твердіння, підтверджується також існуванням державної програми розвитку виробництва виробів з ніздрюватого бетону і їх використання у будівництві. Державна політика розвитку енергозбереження, складовою якої є підтримка і сприяння розвитку промислового виробництва енергоефективних, теплоефективних будівельних стінових матеріалів, направлена, в першу чергу, на зменшення споживання енергоносіїв, зниження енергомісткості ЗВП і підвищення конкурентноздатності національного виробника. Пріоритетність державної політики в цьому напрямку є захист власного виробника та питанням національної безпеки. Розробники державної програми стверджують, що цегла поступиться позиціями на ринку будівельних стінових матеріалів: з пористого бетону буде будуватися 30-50% висотних споруд і 60-80% малоповерхових.

1.2. Нормативне забезпечення виробництва газобетону.

Виробництво газобетону базується на наступних державних стандартах:

- ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови
- ДСТУ Б EN 771-4:2016 Камені стінові. Частина 4. Вироби стінові з автоклавного газобетону. Технічні умови (EN 771-4:2011+A1:2015, IDT).
- ДСТУ 9184:2022 Вироби стінові з ніздрюватого бетону. Технічні умови
- ДСТУ-Н Б В.2.7-308:2015 Інструкція з виготовлення виробів з ніздрюватого бетону
- ДСТУ 9184:2022 Вироби стінові з ніздрюватого бетону. Технічні умови
- ДСТУ Б В.2.7-164:2008 Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови
- ДСТУ Б В.2.6-195:2013 Конструкції стін із блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. Загальні технічні умови
- ДСТУ Б В.2.6-195:2013 Конструкції стін із блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. Загальні технічні умови

Властивості газобетону визначаються за наступними державними стандартами:

- ДСТУ Б В.2.7-16-95 Будівельні матеріали. Матеріали стінові кам'яні. Номенклатура показників якості
- ДСТУ EN 772-20:2021 Методи випробування стінових каменів. Частина 20. Визначення площинності поверхонь стінових виробів (EN 772-20:2000; A1:2005, IDT)
- ДСТУ Б EN 772-1:2016 Методи випробувань стінових каменів. Частина 1. Визначення міцності при стиску (EN 772-1:2011+A1:2015, IDT)
- ДСТУ Б В.2.7-278:2011 Бетони легкі та ніздрюваті. Правила контролю середньої густини
- ДСТУ Б В.2.7-248:2011 Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і гині (ГОСТ 8462-85, MOD)

- ДСТУ EN 772-11:2021 Методи випробування стінових каменів. Частина 11. Визначення каплярного водопоглинання стінових виробів з бетону, автоклавного газобетону, штучного й природного каменю

1.3 Технічні характеристики газобетону

Згідно ДСТУ Б Б.2.7-45:2010 Бетонні ніздриваті. Загальні технічні умови газобетон виготовляється із суміші портландцементу (часо з добавкою повітряного вапна або їдкою натрію), кремнеземистого компонента та газотворювача.

Основні параметри і розміри

- блоки слід виготовляти в відповідності вимогам стандарту по технологічній документації, затвердженому в установленому порядку.
- типи і розміри блоків повинні відповідати вказаним в таблиці 1.3.1.

Таблиця 1.3.1

Типи	Розміри для кладки мм.					
	На розчині			На клею		
	висота	товщина	ширина	висота	товщина	ширина
1	188	300	588	198	245	598
2		250				
3	288	200	388	298	195	398
4	188			198		
5	288	250	288	298		298
6	144	300	588	-	-	-
7	119	250				
8	85	300	588	98	295	598
9		250			245	
10		200			398	195

Примітка:

1. Дозволяється по замовленню споживача, затвердженому з проектною організацією, виготовляти блоки інших розмірів.

2. Товщина блоків для кладки на клею може бути, при необхідності, рівною товщині блоків, застосовуючи для кладки на розчинні.

Маркування

- партії блоків, відрізняючись марками бетону по середній густині і класами по міцності, слід маркувати незмиваючою краскою.
- маркування слід наносити не менше ніж на два блоки (з протилежних сторін контейнера або пакетів) цифрами, які показують середню густину бетону блоків і клас по міцності на стиск. Для блоків з маркою бетону по середній густині від D500 до D900 слід нанести одну першу цифру числа, від D1000 до D1100 – дві перші цифри числа, наприклад: якщо блоки в партії мають марку бетону по середній густині D600 і клас по міцності на стиск B2,5, то на блокі наносяться цифри – 6-2,5. При марці бетону із середньою густиною D1000 і класом по міцності на стиск B7,5 на нонься цифри – 10-7,5.
- На кожне вміщене місце повинен бути нанесений знак “Боїться вологи”

Класифікація

Бетони в залежності від основного призначення поділяються на:

- теплоізоляційні;
- конструкційно-теплоізоляційні;
- конструкційні.

За умовами тверднення бетони можуть бути:

- автоклавні, що тверднуть в середовищі насиченої пари при тиску понад атмосферний;
- неавтоклавні, що тверднуть в природних умовах, при електропродіванні або в середовищі водяної пари при атмосферному тиску

За способом пороутворення бетони підрозділяються на:

- газобетони;
- пінобетони;

- газопінобетони.

За видом в'язучих, які застосовуються, бетони можуть бути на основі:

- цементних в'язучих, у яких вміст портландцементу складає 50 % і більше за масою;
- вапнякових в'язучих, які складаються із вапна-кипінки (у кількості понад 50 % за масою) з додаванням шлаку, гіпсу або цементу до 15 % за масою;
- шлакових в'язучих, які складаються зі шлаку (у кількості понад 50 % за масою) з додаванням вапна, гіпсу або лугу;
- змішаних в'язучих, які складаються із портландцементу (у кількості від 15 до 50 % за масою), вапна чи шлаку, або вапняно-шлакового суліші.

За видом кремнеземистого компонента бетони можуть бути на:

- природних пісках (кварцовому та інших пісках);
- кремнеземистих вторинних продуктах промисловості (золі-виносу ТЕС, золі гідровидалення, вторинних продуктах збагачення різних руд та інші).

Назви бетонів повинні відповідати стандартам, включаючи при цьому специфічні ознаки: призначення і умови тверднення; спосіб порутворення; вид в'язучого та кремнеземистого компонента.

По типу хімічної реакції газоутворювачі поділяють на такі види: вступаючи в хімічну взаємодію з в'язучим або продуктами його гідратації (алюмінієва пудра); розкладаючі з виділенням газу (пергідроль); взаємодіючі між собою і виділяючи газ в результаті реакції осміу (наприклад, мелений вапняк і соляна кислота). Частіше всього газоутворювачем є алюмінієва пудра, яка, реагує з гідратом оксиду кальцію, виділяючи водень.

Литтєва технологія передбачає відлив виробів, як правило, в окремих формах із литих сумішей, яка містить в собі до 50-60% ваги від маси сухих компонентів (водотвердне відношення В/Т = 0,5-0,6).

При виготовленні газобетону застосовують матеріали - в'язуче, пісчані і шлам и вода, дозують і подають в самохідній газобетонозмішувач, в якому їх перемішують 4-5 хв.; потім в приготовлену суміш вливають водну суспензію алюмінієвої пудри і після наступного перемішування тіста з алюмінієвою пудрою газобетону суміш заливають в металеві форми на визначену висоту з таким розрахунком, щоб після спучування форми були заповнені доверху.

Надлишок суміші ("горбешку") після схвалування зрізають проволочними струнами. Для прискореного газоутворення, а також процесів охвачування і твердіння застосовують "гарячі" суміші на підігрітій воді з температурою в момент заливання в форми до 40 °С.

Теплову обробку бетону проводять переважно в автоклавах в середовищі насиченого водяного пару при температурі 175-200 °С и тиску 0,3-1,3 МПа. Вібраційна технологія газобетону заключається в тому, що під час перемішування в змішувачі і спучування в формі суміш піддається вібрації. В суміші, яка піддається вібруванню, прискорюється газовиділення - спучування закінчується на протязі 5-7 хв., замість 15-20 хв., при литтєвій технології. Після закінчення вібрування газобетонна суміш швидко (через 0,5-1,5 год) набирає структурну (тверднучу) міцність, дозволяючи розрізати вироби на блоки, час автоклавної обробки також скорочується.

Різальна технологія виготовлення виробів із ніздрюватого бетону передбачає формування на початку великого масиву (об'ємом 10-12 м³, висотою до 2 м). Після того як бетон набере структурну міцність, масив розрізають в горизонтальному и вертикальному напрямках на прямокутні елементи, а потім піддають теплій обробці. Отримані елементи калібрують на спеціальній фрезерній машині, а потім обробляють їх фасадні поверхні. Із готових елементів, які мають точні розміри складають на клею плоскі або об'ємні конструкції, використовуючи стягуючу арматуру. Таким шляхом

отримують великі стінові панелі розміром на одну або дві кімнати і висотою в поверх. [1]

Технічні вимоги

Характеристики (властивості) бетонів

1. Бетони за показниками якості повинні відповідати вимогам цього стандарту і забезпечувати виготовлення виробів і конструкцій, що задовольняють вимогам державних стандартів, технічних умов проектної і технологічної документації на ці вироби.

2. Міцність автоклавного і неавтоклавного бетонів характеризують класами (марками) за міцністю згазів при стиску, які визначаються за []

3. Незалежності від гарантованих значень міцності бетонів на стиску встановлюються такі класи:

B 0,5; B 0,5; B 0,75; B 1; B 1,5; B 2; B 2,5; B 4,5; B 5; B 7,5; B 10; B 12,5; B 15.

4. За показниками середньої густини у сухому стані призначають такі марки бетонів:

D200, D250, D300, D350, D400, D500, D600, D700, D800, D900, D1000, D1100.

5. Для бетонів конструкцій, які піддаються поперемінному заморожуванню і відтаванню, встановлюються такі марки за морозостійкістю:

F15, F25, F35, F50, F75.

6. Показники основних фізико-механічних властивостей (середньої густини, міцності, морозостійкості, усушки при висиханні, теплопровідності, паропроникності сорбційної вологості) для автоклавних і неавтоклавних бетонів наведені в таблицях 1.3.3 та 1.3.4.

Таблиця 1.3.3. Показники фізико-механічних властивостей бетонів

Види бетонів	Марка за середньою густиною	Автоклавний		Неавтоклавний	
		клас за міцністю на стиск	марка за морозостійкістю	клас за міцністю на стиск	марка за морозостійкістю
Теплоізоляційний	D200 D250 D300 D350	B 0,35 B 0,5 B 0,75 B1	не формується	B 0,35 B 0,5 B 0,75	не формується
Конструкційно-теплоізоляційний	D400 D500	B1 B 1,5 B2 B 2,5	F15 F25 F35	B1 B 1,5 B2	F15 F25 F35 F50
	D600 D700	B2 B 2,5 B 3,5 B5	F15 F25 F35 F50 F75	B 1,5 B2 B 2,5	F75
	D800 D900	B 2,5 B 3,5 B5 B 7,5 B 10	F25 F35 F50 F75	B2 B 2,5 B 3,5 B5	
Конструкційний	D1000 D1100	B 7,5 B10 B 12,5 B15	F25 F35 F50 F75	B5 B 7,5 B10 B 12,5	F15 F25 F35 F50

Таблиця 1.3.4. Нормовані показники фізико-технічних властивостей

Марка за середньою густиною	Теплопровідність у сухому стані, Вт/(м °С), не більше	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м год Па), не менше	Середня вологість, %, не більше, при відносній вологості повітря, %	
			75	97
D200	0,055	0,28	6	10
D250	0,065			
D300	0,080	0,26	8	12
D350	0,090	0,24	8	12
D400	0,100	0,23	8	12
D500	0,120	0,20	8	12
D600	0,140	0,17	8	12
D700	0,180	0,15	8	12
D800	0,210	0,14	10	15
D900	0,240	0,12	10	15
D1000	0,290	0,11	10	15
D1100	0,340	0,10	10	15

Матеріали

1. Для приготування бетонів застосовують такі види в'яжучих:

- портландцемент згідно з ДСТУ Б В.2.7-46;
- вапно будівельне згідно з ДСТУ Б В.2.7-90;
- шлак доменний гранульований згідно з ГОСТ 3476;
- в'яжуче гіпсове згідно з ДСТУ Б В.2.7-82

2. Її часті кремнеземистого компоненту застосовують:

- пісок природний згідно з ДСТУ Б В.2.7-32;
- зола-винос ТЕС згідно з ДСТУ Б В.2.7-205;
- зола гідровидалення;
- інші вторинні кремнеземисті продукти промисловості з вмістом кремнію діоксиду (SiO_2) не менше 90 %.

3. Вода згідно з ДСТУ ISO 3696:2003

4. Газоутворювач – пудра алюмінієва згідно з ГОСТ 5494, пасти на її основі, марок ПАП-1 і ПАП-2

5. Піноутворювачі згідно з ДСТУ Б В.2.7-171, приготовлені на основі:

- пасти алкілсульфатної;
- піноутворювача ПГО-1;
- смоли деревної смаленої;
- милонафту;
- клею кісткового;
- клею мездрового;
- каніфолі соснової;
- нафту їдкою та інші піноутворювачі.

6. Добавки - регулятори структуроутворення згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-171

Склад бетону визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-215 СН 277, методиками і рекомендаціями, що затверджені в установленому порядку.

Допускається застосовувати інші сировинні матеріали і добавки, які забезпечують нормовані фізико-технічні та екологічні характеристики бетону.

7. Питому поверхню матеріалів приймають за технологічною документацією в залежності від потрібної середньої густини, тепловологості обробки та розмірів виробів і конструкцій.

8. В якості регуляторів структуроутворення, прискорювачів тверднення і пластифікуючих добавок треба застосовують:

- камінь гіпсовий і гіпсоангідритовий

- калій вуглекислий;
- кальциновану технічну соду;
- скло рідке натрієве;
- сульфат натрію кристалізаційний;
- натр їдкий технічний;
- тринатрійфосфат;
- триетаноламін;
- суперпластифікатор С- 3;
- сульфанол;
- лігносульфонати технічні;
- карбоксиметилцелюлозу та інші.

Методи контролю

Технічні показники бетону виробів автоклавного тверднення визначають згідно з вимогами таких нормативних документів:

- середню густину виробів та бетону виробів – ДСТУ Б EN 772-13;
- водопоглинання за 10; 30; 90 хв – ДСТУ EN 772-11;
- міцність при стиску – ДСТУ Б EN 772-1;
- морозостійкість – згідно з чинними нормативними документами;
- усадку при висиханні – ДСТУ EN 680;
- теплопровідність – згідно з чинними нормативними документами;
- лінійні розміри – ДСТУ EN 772-16;
- площинність граней – ДСТУ EN 772-20;
- вологість – ДСТУ Б В.2.7-170;
- характеристичну початкову міцність мурування на зсув – ДСТУ Б EN 1052-3;
- характеристичну міцність мурування на зчеплення при зсуві – ДСТУ Б EN 1052-2.

Технічні показники бетону виробів неавтоклавного тверднення визначають згідно з вимогами таких нормативних документів:

- середню густину і вологість – ДСТУ Б В.2.7-170;

- міцність при стиску – ДСТУ Б В.2.7-214;
- морозостійкість, усадку при висиханні – ДСТУ Б В.2.7-115;
- теплопровідність – ДСТУ Б В.2.7-41, ДСТУ Б В.2.7-105;
- лінійні розміри, відхилення від прямолінійності та прямокутності, відбитості кутів та ребер – згідно з ДСТУ-Н Б В.1.3-1.

Відбір виробів для випробування виконують згідно з додатком А ДСТУ Б EN 771-4. Виготовлення випробних зразків виконують згідно з додатком В ДСТУ Б EN 771-4.

Паропроникність бетону виробів визначають під час постановки продукції на виробництво згідно з ДСТУ Б EN ISO 12572. Дозволяється при розрахунках використовувати табличні значення властивостей пропускання водяної пари згідно з чинною нормативною документацією.

Контроль виробництва на підприємстві виконують згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.1.1-83.

1.4. Методи контролю якості (міцності) ніздрюватих бетонів.

Що до методів контролю бетону, можна віднести такі види:

Фізичні методи контролю, які застосовуються для визначення вище перелічених параметрів будівельних виробів наведені в табл.1.4.1.

Таблиця 1.4.1. Фізичні методи контролю

Параметри	Неруйнівний контроль				
	Механічний	Акустичний	Електричний	Тепловий	Радіаційний
Міцні і пружні характеристики	+	+	-	-	-
Теплозахисні властивості	-	-	-	+	-
Щільність	-	+	-	-	+
Вологість	-	-	+	-	+

Примітка: Знак “+” стосується контролю, що проводиться.

Більш детально питання контролю фізико-механічних властивостей бетону розглянуті вище.

Визначення відхилень розмірів бетонних виробів від проектних являються обов'язковою процедурою при їх надходженні на будівельній майданчик. До цієї групи контролюючих параметрів відносяться, наприклад, розміри, міцність, якість бетону. Ці характеристики мають важливе значення для оцінки несучих властивостей конструкцій і визначаються за допомогою магнітного або радіаційного методів.

Бетон за своєю природою – міцний і довговічний матеріал. Не дивлячись на вдосконалення технології виробництва бетонних робіт, розвиток науки про підбір бетонної суміші, вивчення властивостей бетону, покращення проектних рішень, на практиці в бетонних конструкціях все ж зустрічаються дефекти, які призводять інколи до руйнування і аварій.

Дефекти типу порушення площинності виникають на різних стадіях технологічного процесу. Вони можуть бути обумовлені наступними обставинами:

- використання неякісних вихідних матеріалів;
- розшарування суміші при укладанні (це особливо показується при виробництві монолітних залізобетонних конструкцій);
- порушення проектних розмірів виробів і конструкцій;
- попадання сторонніх тіл і ключень.

Одним з найбільш небезпечних видів дефектів будівельних виробів і конструкцій є – тріщини. Вони знижують міцність в умовах напруженого стану і взаємодії поверхню-активних речовин. Тріщини в бетонних виробках можуть з'являтися зразу після виготовлення, під час транспортування і монтажу, в процесі експлуатації. Їх появленню може бути обумовлено порушенням технології, температуро-осідаючими умовами.

Експериментальні методи виявлення і вимірювання тріщин в бетоні наведені за такою схемою 4.1.

Механічний контроль

Методи механічних випробувань.

До числа головних критеріїв високої якості будівельних конструкцій відносять фізико-хімічних властивостей матеріалів. Серед використовуваних для механічних випробувань методів відомі повністю не руйнуючі, або локально руйнуючі, в процесі проведення яких експлуатаційні властивості конструкції в цілому не погіршуються, або не значно погіршуються. Розрізняють наступні методи механічних випробувань: метод пружного відсіку, метод пластичних деформацій і метод локальних руйнувань.

Метод пружного відсіку базується на існуючій залежності між характеристиками пружної деформації матеріалу і властивостями міцності на стиск.

Метод пластичних деформацій базується на оцінці локальних деформацій, взятих прикладеними до деталі конструкції зібраними на місці навантаженнями. Використовується залежність розмірів відбитку, отриманого на поверхні вивчаючого матеріалу внаслідок вдавлювання в матеріал індентора, від міцних характеристик матеріалу. Це вдавлювання може проводитися або статичним, або динамічною взаємодією.



Твердість і метод її визначення.

Визначені за відбиттям індикаторів міцності характеристики матеріалів отримали загальну назву – твердість. В залежності від форми індентора і режиму його зпровокування отримують різні характеристики твердості. Оцінка міцності бетону можлива також з використанням методів, обумовлених на подібних визначеннях механічних характеристик. Наприклад, щільність бетону можна випробувати відривом диска.

До механічних методів неруйнуючого контролю можна віднести і методи основані на вивченні поведінки конструкції при взаємодії на них вібрації і збуджені вільних коливань.

Акустичні перетворювачі

Випромінювання і прийом акустичних хвиль здійснюється п'єзоелектричними або магнітострикційними перетворювачами, за допомогою яких електрична енергія перетворюється в механічну і назад. У ультразвукових установках неруйнуючого контролю в основному використовуються п'єзоелектричні перетворювачі. П'єзоелементи для них виготовляються з кристалів кварцу, титанату барія, сульфату літію, сегнетової солі і інших матеріалів.

Випромінювач може одночасно бути і приймачем акустичних хвиль. В пристроях, де контроль здійснюється по методу акустичної емісії, перетворювачі використовуються тільки як приймачі акустичних коливань.

Види п'єзоелектричних перетворювачів:

1. Прямий сумісний перетворювач;
2. Перетворювач для збудження рухомих поверхових і нормальних хвиль;
3. Роздільно-сумісний перетворювач.

Одним з недоліків описаних перетворювачів є важкість забезпечення надійного акустичного контакту, особливо на шорстких і нерівних поверхнях виробів. Щоб уникнути цього недоліку, використовують ультразвукові перетворювачі з конічними, циліндричними або експоненціальними хвилеводами, які мають точкову контактну поверхню і дозволяють проводити виміри, не вдаючись до обробки поверхні і не застосовуючи мастила. Проведені випробування показали, що завдяки застосуванню перетворювачів з точковим контактом вдається істотно збільшити точність вимірювань і прискорити їх виконання. З'являється також можливість проводити вимірювання на малих вимірних базах.

Розробляються безконтактні перетворювачі: лазерні збуджувачі і приймачі, електромагнітноакустичні перетворювачі, дія яких заснована на збудженні коливань поверхні об'єкта зовнішнім електромагнітним полем. Ці розробки дозволять підвищити продуктивність при автоматичному контролі.

Капілярний контроль

Класифікація методів

Серед методів неруйнівного контролю будівельних конструкцій важлива роль належить капілярним, які дозволяють перевіряти стан поверхні елементів різних конструкцій і засновані на використанні таких властивостей рідин, як змочування, сорбція і дифузія. Капілярні методи підрозділяються на люмінесцентний (люмінесценція - це надмірне над тепловим випуском світла, збуджуване різними способами: дією на речовину електромагнітних випромінювань, дією електричних полів, хімічними реакціями) і кольоровий.

Іноді використовується комбінований метод – люмінесцентно-кольоровий. Для контролю великорозмірних виробів будівельного виробництва (особливо бетонних) переважно застосовують перший із згаданих методів, який має простішу технологію. Тому основна увага приділяється опису саме цього методу.

Люмінесцентна дефектоскопія залежно від характеру пористості матеріалів (характеру присутніх в них дефектів) має декілька різновидів.

Тип пористості визначається зв'язаністю пор між собою. Якщо пори тіла відусоблені, то пористість тіла називається закритою (замкнутою). Така пористість характерна для металів, пластмас, скла, кераміки. Матеріали із закритою пористістю не просочуються змочуючи їх рідинами. В цьому випадку для проведення контролю капілярним методом використовується однофазна люмінесцентна рідина. Якщо ж пори тіла зв'язуються між собою, утворюючи ланцюг взаємозв'язаних каналів, то пористість називається відкритою (наскрізна).

Пористість цього типу характерна для багатьох будівельних матеріалів: кераміки, бетону і деяких гірських порід. Ці матеріали, що просочуються змочуючими рідинами, контролюються з використанням неодноразних речовин – суспензій.

Контроль теплопровідності легкого бетону в лабораторних умовах

Теплопровідність ніздрюватих бетонних виробів є однією з найважливіших задач при оцінці теплозахисних властивостей захищаючих стін. Оскільки теплопровідність бетону залежить від його густини, нормативно-проектна документація регламентує максимальне значення густини легкого бетону в сухому стані – навіть незначне збільшення середньої густини бетону приводять до збільшення теплопровідності, зменшення термічного опору і, відповідно, до того, що від воложується і підвищення вологості в приміщенні при експлуатації будівель і споруд.

Теплопровідність бетону залежить не тільки від густини, але також від його структури, фазового складу компонентів. Тому теплопровідність бетону необхідно визначати перед початком будь-якого масового виготовлення виробів, при зміні технології виготовлення. На підприємствах будівельної і промислової теплопровідність повинна визначатися не рідше один раз у місяць.

Відмічено, що на точність визначення теплопровідності впливають багато чинників: тепловтрати, стан поверхонь, контакти з прилеглими частинами приладу, коливання вологості.

Слід зазначити, що в нашій країні і за кордоном розроблений цілий ряд установок для визначення теплопровідності. Проте забезпечити задані властивості бетону можна лише налагодивши серійний випуск засобів випробувань і контролю для визначення теплопровідності.

1.5. Висновки з огляду літератури

Коло питань, які розв'язуються із застосуванням фізичних методів неруйнуючого контролю в будівництві і будівельній промисловості, швидкими темпами розширюється.

В результаті тривалої історії розвитку огорожувальних конструкцій, можна спостерігати як з часом змінювались форма, розміри та основне, з чого і як вироблялися будівельні матеріали такі як, газобетон та пінобетон.

При цьому конструктивні та функціональні їх призначення залишається незмінним.

Технологія зведення стін з використанням газобетону нерідко на будівельних об'єктах забезпечує відповідне економічним і експлуатаційним теплотехнічним вимогам. Вироби з ніздрюватого бетону крім нормативних фізико-механічних властивостей мають якісну поверхню і стабільні розміри, що забезпечує мінімальну товщину шва при зведенні стінових конструкцій.

В даний час газобетон застосовується в будівництві, як монолітний газобетон, так і з готових виробів (блоків).

На основі виробництва та застосування встановлені вимоги до ніздрюватих бетонів, складена класифікація, розроблені загальні методики випробувань, принципи яких і зображені у нормативній документації.

Перспективність виробництва теплоефективних будівельних стінових матеріалів, таких як газобетон неавтоклавного твердіння, підтверджується існуванням державної програми розвитку виробництва виробів з ніздрюватого бетону і їх використання в будівництві. Державна політика розвитку енергозбереження, складовою якої є підтримка і сприяння розвитку промислового виробництва енергоефективних, теплоефективних будівельних стінових матеріалів, направлена в першу чергу, на зменшення споживання енергоресурсів, зниження енергомісткості і підвищення конкурентоздатності національного виробника.

Виходячи з викладеного огляду літератури та зроблених висновків, можна сформулювати наступні завдання дослідження:

- експериментально дослідити значення та закономірності розподілу фізико-механічних характеристик по об'єму характерних блоків заводського виробництва.

РОЗДІЛ 2

МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мета роботи: визначити та обґрунтувати технічні характеристики ніздрюватого бетону для розширення сфер його застосування та підвищення ефективності у сучасних будівельних технологіях.

Завдання досліджень:

1. Розробити методiku експериментально-статистичних досліджень, технічних характеристик ніздрюватого бетону заводського виробництва.
2. Дослідити розподіл основних технічних характеристик по об'єму блока.
3. Визначити статистичні характеристики: середню густину, вологість, границю міцності газобетону заводського виробництва.

Об'єктом дослідження являється газобетонний блок.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методи визначення структурно-фізичних характеристик

Щоб правильно використати будівельний матеріал, потрібно знати його характеристики, такі, як середню густину матеріалу, істинну густину, вологість, водопоглинання, теплопровідність та міцність на стиск.

Для проведення експериментально-статистичних досліджень беремо два види ніздрюватих бетонів, тобто два блоки різних виробників. Для цього беремо блок газобетону, визначаємо середню густину зразка за допомогою зважування. Після цього даний блок розпилюємо на маленькі кубики розміром 60x60x60 мм., шарово. Завданням експериментальних досліджень є визначення густини у вологому та сухому стані кожного зразка, вологості та міцності на стиск. Після розпилювання даного блоку, який має розміри 600x200x300 мм., ми отримали 135 кубиків. Всі ці зразки зважуються до висушування та після висушування, що дає нам визначити вологість та густину у сухому та вологому стані.

3.2 Методи визначення характеристики міцності

Неруйнівні методи контролю міцності бетонів

Результати вимірювань зразків не завжди відображають дійсну міцність бетону у виробках та конструкціях, так як при виготовленні зразків не можна врахувати ряд виробничих факторів: відхилення від заданого дозування складових для бетону, умови його транспортування, вкладання та ущільнення, різні режими твердіння. В ряді випадків контроль міцності бетону шляхом випробувань стандартних зразків утворює додаткові труднощі. Наприклад, часто виникає необхідність визначити міцність бетону в більш пізні терміни, ніж передбачалося раніше, однак відсутність зразків не дозволяє вирішити цю задачу. Також не уявляється можливим оцінити міцність бетону раніше зведення конструкцій і будівель.

Існуючий класичний спосіб визначення механічних властивостей будівельних матеріалів полягає у випробуванні до руйнування зразків

правильної форми, які виготовлені з того ж матеріалу, що і сама конструкція. Такий спосіб вимагає наявності спеціальних випробувальних машин і не дозволяє безпосередньо визначити міцність матеріалу з якого виготовлена конструкція. Можна з існуючої конструкції відібрати зразки сколюванням, випилюванням і висвердлюванням, а потім випробувати їх стандартними методами. Способи вибору зразків повинні забезпечити незмінність структури матеріалу, його основних характеристик і пов'язаних з цими факторами показників міцності матеріалу. Але, як правило, при взятті зразків з елемента конструкції її перерізь послаблюється, а це призводить до зниження її несучої здатності.

Більш перспективними в даному аспекті є так звані неруйнівні методи дослідження міцності бетонів, які мають ряд переваг:

- збереження цілісності контрольованої конструкції або виробу;
- можливість багатоваріантного випробування зразка чи конструкції як у процесі виготовлення так і в період експлуатації;
- порівняно мала витрата часу для проведення випробування;
- можливість визначати характеристики в довільній зоні конструкції.

Але поряд з перевагами є і недоліки – результати випробувань одержують не безпосередньо у вигляді шуканого фактору, якими можуть бути межа міцності, густина, модуль пружності матеріалу, а у вигляді непрямого показника (швидкість проходження ультразвуку, діаметр відбитка голцо), що зменшує їх достовірність і вимагає встановлення зв'язку між показником, отриманим експериментально, та шуканою характеристикою (наприклад, діаметр відбитка – межа міцності бетону).

Міцності бетону визначають за попередньо встановленими тарувальними залежностями між міцністю бетонних зразків і непрямими характеристиками міцності. Міцність визначають за допомогою приладів, які використовуються для визначення непрямих характеристик і які попередньо пройшли метрологічну атестацію.

Неруйнівні методи визначення міцності бетону, що використовуються у даній, час можна умовно класифікувати на механічні, фізичні і комплексні.

Механічні методи засновані на визначенні якої-небудь механічної характеристики, за якою обчислюють межу міцності на стиск.

Фізичні методи засновані на вимірюванні швидкості поширення ультразвуку в бетоні, що залежить від щільності і від характеристик міцності бетону, або ослаблення гамма-променів (γ -променів), що проходять через випробуваний бетонний елемент.

За цими показниками при наявності тарувальної дривної оцінюють характеристики міцності бетону.

По комплексному методу характеристики показників міцності бетону встановлюють не по одній, а по двом чи декільком фізико-механічним характеристикам, які визначають одночасно на одних і тих же зразках.

Механічні методи випробувань

До механічних належать методи місцевого руйнування:

- висмикування анкера;
- відрив та сколювання ребра;
- метод пластичних деформацій;
- метод пружного відскоку.

Механічні методи неруйнівного контролю застосовують для визначення міцності бетону всіх видів, а також для визначення міцності бетону при обслідуванні і відбраковці конструкцій.

Дані методи, хоча і належать до неруйнівних, дають можливість визначити міцність матеріалів шляхом їх порушення на локальній ділянці.

Випробування проводять при позитивній температурі бетону. Допускається при дослідженні конструкції визначати міцність при від'ємній температурі, але не нижче -10°C , за умови, що до моменту заморожування конструкція знаходилась не менше одного тижня при позитивній температурі і відносній вологості повітря не більше 75%.

Із механічних приладів для випробувань застосовують прилади для вимірювання величини пружного відскоку і прилади для утворення лунки на поверхні бетону. В обох випадках визначають міцність зовнішніх шарів бетонного зразка. Ці методи дають похибку у визначенні міцності бетону оскільки міцність зовнішніх шарів відрізняється від внутрішніх.

Прилади для вимірювання глибини відбиттів, які використовують для визначення міцності бетону, повинні забезпечувати вимірювання з похибкою не більше $\pm 0,1$ мм, а прилад для вимірювання глибини відбиттів повинен мати похибку не більше $\pm 0,05$ мм.

Для визначення міцності бетону механічним методом необхідно уникати такого випадку, якщо поверхня облицьована бетоном шляхом зняття шару облицювання.

Міцність бетону конструкції повинна визначатися за допомогою приладів, використаних при визначенні міцності бетону. У таких випадках допускається зачистка поверхні бетону від шару облицювання з урахуванням впливу пластичних деформацій при вимірюванні міцності бетону після прикладення початкового навантаження до конструкції не менше ніж на 28 днів.

Вимірювання міцності бетону повинні бути виконані на зразках бетону, які були виготовлені в лабораторії.

Вимірювання міцності бетону повинні бути виконані на зразках бетону, які були виготовлені в лабораторії.

Вимірювання міцності бетону повинні бути виконані на зразках бетону, які були виготовлені в лабораторії.

Вимірювання міцності бетону повинні бути виконані на зразках бетону, які були виготовлені в лабораторії.

Для визначення непрямих характеристик випробування проводять на бічних поверхнях зразків (за направленням бетонування). Кількість вимірів на кожному зразку або на одній ділянці, відстань між місцями випробувань на ділянці (зразку) і від краю конструкції, товщина конструкції на ділянці випробувань повинні бути не менше значень, наведених в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Найменування методу	Кількість випробувань на ділянці	Відстань між місцями	Відстань від краю конструкції	Товщина конструкції
Пружний відскок		30		100
Ударний імпульс	5	15	50	50
Пластична деформація	10	30	50	70
Сколювання ребра	5	200	50	170
Відрив	2	2 діаметри	—	50
Відрив зі сколюванням	1	доску	50	Гістийна глибина встановлення анкеру
	1	3 глибин відриву	150	

Для визначення міцності бетону необхідно побудувати тарувальну криву, для чого проводять паралельні випробування бетонних зразків чергуючими і руйнівними методами. Таким чином встановлюється градувальна залежність між міцністю бетону і непрямую характеристикою міцності (у вигляді графіка, таблиці). Щоб встановити тарувальні залежності використовують не менше 15 серій зразків кубів або не менше 30 окремих зразків-кубів. При встановленні тарувальної залежності для методу відриву зі сколюванням в кожену серію додатково включають не менше 3 зразків-кубів.

Зразки виготовляють у різних зміни впродовж не менше 5 діб із бетону одного класу, однієї і тієї ж технології і при тому ж режимі теплової обробки або тих же умовах твердіння, що і конструкції, які підлягають контролю. При

виготовленні зразків 5 серій рекомендується виготовляти із бетонної суміші, які відрізняються між собою за складом від проектного, а цементно-водним відношенням в межах $+0,4$ і 5 серій в межах $-0,4$.

Розміри зразків необхідно обирати у наступній відповідності:

100×100×100 – для методів відскоку, ударного імпульсу, пластичної деформації і відриву зі сколюванням

200×200×200 – для методів відриву і сколювання ребра конструкції

Вік зразків не повинен відрізнятися від встановленого терміну випробувань конструкцій:

- більше ніж на 40% - при контролі міцності бетону природного твердіння
- більше ніж в 2 рази – при контролі міцності після теплової обробки

Температура бетону окремих зразків при визначенні непрямой характеристики не повинна відрізнятися від середньої температури зразків більше ніж на $\pm 10^{\circ}\text{C}$, а від температури конструкції – більш ніж на $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

За одиничне значення непрямого показника міцності при встановленні тарувальної залежності приймають середнє арифметичне значення цієї величини в серії зразків (чи зразку), які використовуються для визначення одиничного значення міцності

Фізичні методи випробувань

Для визначення межі міцності бетону на об'єкт застосовують наступні фізичні методи, які засновані на фізичних основах акустичних методів:

- резонансний,
- радіометричний;
- імпульсний;
- ультразвуковий.

Акустичні методи побудовані на вивченні характеру розповсюдження звуку в конструктивних матеріалах і базується на відомих із фізики залежностях. Звук – коливальний рух часток пружного середовища, що

поширюється у вигляді хвиль у газоподібному, рідкому та твердому середовищі.

Швидкість розповсюдження ультразвуку в бетоні змінюється в межах від 2000 до 5500 м/сек. На швидкість розповсюдження впливає ряд факторів: густина і вік бетону, вологість та інше. Між міцністю бетону і швидкістю розповсюдження ультразвуку існує пряма залежність – при збільшенні межі міцності відповідно збільшується швидкість розповсюдження.

При погійному складі якісь бетону залежить від його пористості. Чим більше пор в бетоні, тим менше його характеристики міцності. Швидкість розповсюдження ультразвуку змінюється в залежності від зміни густини бетону – чим вище густина бетону, тим більша швидкість ультразвуку. Так, наприклад, якщо пористість бетону збільшиться на 10%, то швидкість розповсюдження ультразвуку зменшиться на 7%, якщо збільшення пористості бетону досягне 30% то швидкість розповсюдження зменшиться на 30%.

Тобто, ці методи визначення міцності бетону не дозволяють їх застосовувати для ніздрюватих бетонів, завдяки пористій структурі, в порівнянні з важкими бетонами, які мають більш великі значення густини.

Резонансний метод контролю міцності заснований на визначенні частоти власних коливань і характеристик їх затухання.

Радіометричний метод випробувань заключається у вимірванні інтенсивності потоку радіоактивних променів, які проходять крізь виріб що досліджується. За зміною інтенсивності променів судять про густину бетону і інших характеристиках. Цей метод знаходить застосування для виявлення потаємних дефектів.

В основному, важкий бетон має тенденцію відбивати звук, в той час як ніздрюваті бетони поглинають звук. Пінобетон і газобетон мають високу звукопоглинаючу характеристику. Звукове пропускання, однак, на звичайних стінах може бути вище на 2-3% в порівнянні з важким бетоном. Це пов'язано

з тим, що більшість стін оштукатурені і (або) пофарбовані, це відбиває звук, як у випадку з важким бетоном.

З іншого боку особливо добре ніздрюватим бетоном поглинаються низькі шумові частоти. Тому він часто використовується як звукоізолюючий шар на плитах конструкційного бетону, щоб обмежити шумове пропускання перекриттів в багатопов'язових житлових або адміністративних будівлях.

3.3. Методи статистичної обробки результатів випробувань.

Явища навколишнього світу часто мають малопредбачуваний, випадковий характер. Такі події, як землетруси, атмосферні явища, хвороби людей та тварин, результати виборів до органів влади, зміни економічних показників держави чи підприємства і навіть відмови машин чи будівельних конструкцій неможливо спрогнозувати точно. Масовий характер досліджуваних явищ спонукає застосовувати для їх вивчення та опису методи математичної статистики. Результати статистичних досліджень, у свою чергу, дозволяють оцінювати ступінь можливості згаданих та інших випадкових подій, користуючись методами теорії ймовірностей.

Випадковими називають події, яка в результаті досліду може реалізуватися або не реалізуватися. В даному випадку термін "дослід" має досить широкий спектр значень: від спеціально поставленого експерименту до результату спостереження за природними, суспільними чи технічними явищами. Об'єктивною числовою мірою можливості реалізації випадкової події є її ймовірність P , яка може приймати значення в межах від нуля до одиниці. Ймовірність реалізації неможливої події дорівнює нулю, а достовірної - одиниці.

При дослідженні масових явищ ймовірність часто стотожнюють з повторюваністю, або частотою тих чи інших подій. Так наприклад, якщо 15% випробуваних зразків має міцність нижчу ніж запроектовано, то ймовірність випробування зразка на міцність можна вважати рівною $P=0,15$. Допустима величина відхилення ймовірності від нуля чи одиниці визначається залежно від значимості події та її технічних, економічних чи соціальних наслідків.

Величина, яка в результаті дослідження може приймати ряд значень, непередбачуваних до проведення дослідження, називається випадковою. Множину значень, які може приймати випадкова величина в результаті дослідження, називають областю визначення випадкової величини. Випадкові величини, які можуть приймати одне з ряду окремих ізольованих значень, називають дискретними. Випадкові величини, областю визначення яких є дійсні числа, називають неперервними, або континуальними.

Кожен проведений дослід (вимірювання) дає одне конкретне значення вимірюваної величини, яке називають реалізацією випадкової величини. В результаті проведення серії дослідів формується набір значень випадкової величини, який називають вибіркою. Обсяг вибірки дорівнює кількості наявних значень (реалізацій) випадкової величини у вибірці.

В даній роботі для статичної обробки результатів випробувань ми використовуємо методи статичної обробки. Це дає змогу нам виділити із завдань випробування характерні величини, такі, як:

- максимальне значення із заданої вибірки;
- мінімальне значення із заданої вибірки;
- провести однофакторний дисперсійний аналіз;
- визначити середнє значення;
- визначити стандартне відхилення від заданої вибірки;
- визначити нормальний розподіл заданих величин;
- також визначити кореляцію даних.

Розглянемо детально кожне з цих теоретичних статистичних інструментів аналізу.

Поняття про закон розподілу випадкової величини

Вичерпною характеристикою випадкової величини є її закон розподілу, який встановлює залежність між значеннями випадкової величини та ймовірностями їх реалізації. Закон розподілу може задаватися аналітично, таблично, графічно чи іншими способами.

Закон розподілу дискретної випадкової величини встановлює імовірність реалізації кожного з її можливих значень. Найчастіше його задають у формі таблиці чи аналітичного виразу. Найбільш поширеними законами розподілу дискретних випадкових величин є закони Пуассона, біноміальний, гіпергеометричний, які описані в літературі.

Закон розподілу неперервної випадкової величини може задаватися у вигляді функції розподілу чи густини імовірності. Ці форми подання закону розподілу мають різний смисл та застосування, але вони взаємно пов'язані і можуть визначатися одна через іншу.

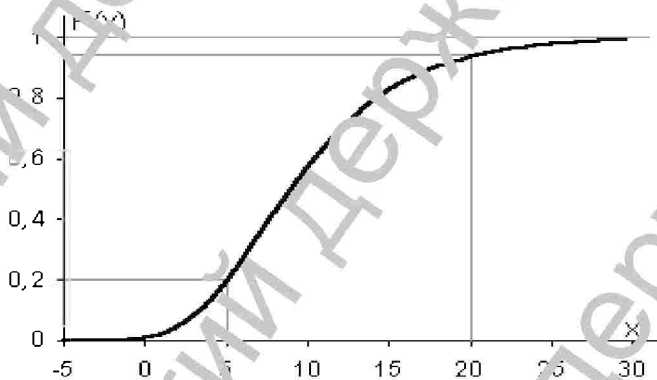
Функція розподілу $F(x)$ дорівнює імовірності того, що випадкова величина X прийме значення, менше за x :

$$F(x) = P\{X < x\}, \quad (3.1)$$

де X та x - випадкова величина та її конкретне значення;

$P\{\cdot\}$ - імовірність події, записаної в фігурних дужках.

Функція розподілу в межах області визначення випадкової величини монотонно зростає від нуля до одиниці. Якщо область визначення випадкової величини обмежена $a \leq X < b$, то $F(a) = 0$, $F(b) = 1$. При нескінченній області визначення $F(-\infty) = 0$, $F(+\infty) = 1$.



а) функція розподілу

Гумбеля

з характеристиками:

$$\mu = 10; \quad \sigma = 6$$

$$F(5) = 0,195, \quad F(20) = 0,936$$

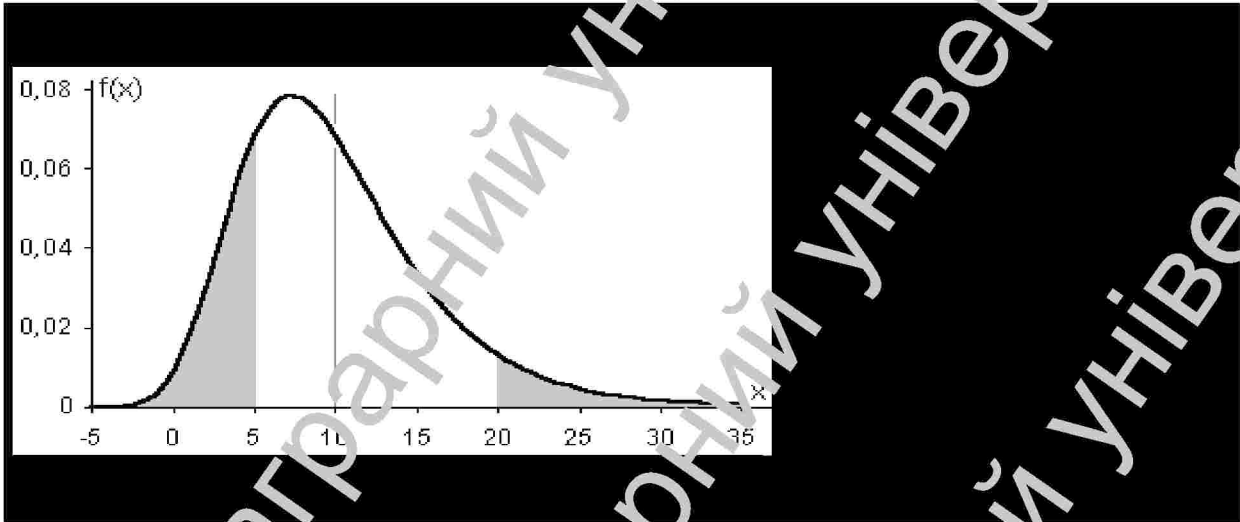


Рис. 3.3.1 Функція та густина розподілу неперервної випадкової величини

Повну похідну функції розподілу називають **густиною імовірності** або **густиною розподілу**. Густина імовірності $f(x)$ вказує на імовірність реалізації значень випадкової величини в околі x . Графіки густини імовірності можуть мати різноманітний характер, але усі вони повинні лежати вище осі абсцис і задовольняти умову нормування

$$f(x) \geq 0 \quad \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1 \quad (3.2)$$

Формули (3.2) відображають основні властивості густини розподілу, обов'язкові для усіх випадкових величин. Характерний приклад функції та густини розподілу зображено на рисунку 3.1. З рисунка видно, що області визначення випадкової величини необмежені як знизу, так і зверху. Найбільш імовірними є значення в межах від 5 до 10, а імовірність реалізації інших значень зменшується в міру віддалення від вказаного інтервалу.

Густина імовірності зв'язана з функцією розподілу співвідношеннями

$$f(x) = F'(x) = \frac{\partial F(x)}{\partial x}; \quad F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt, \quad (3.3)$$

де t - змінна інтегрування.

Завдяки характеру співвідношень (3.3) функцію розподілу $F(x)$ інколи називають інтегральною функцією розподілу. Для наочності в літературі наводиться механічна інтерпретація густини та функції розподілу, у якій

густина імовірності ототожнюється з інтенсивністю погонного навантаження на балку, а функція розподілу - з сумарним навантаженням на її відрізок. Зв'язок між густиною та функцією розподілу відображено на рисунку 3.1. Як слідує з формули (3.3), площа відміченої на графіку густини імовірності області $x < 5$ дорівнює значенню функції розподілу $F(5) = 0,195$.

Функція розподілу $F(x)$ та густина імовірності $f(x)$ дозволяють визначати імовірність попадання випадкової величини до заданого інтервалу $[a, b]$:

$$P\{a \leq X < b\} = F(b) - F(a) = \int_a^b f(x) dx. \quad (3.4)$$

На практиці часто зустрічаються випадки, коли необхідно визначити імовірність виходу випадкової величини за встановлену односторонню межу. Вважаючи протилежну нижню чи верхню межу згаданого інтервалу нескінченною, із загальної формули (2.4) легко отримати:

$$P\{X < b\} = F(b) = \int_{-\infty}^b f(x) dx, \quad (3.5)$$

$$P\{X > a\} = 1 - F(a) = \int_a^{+\infty} f(x) dx. \quad (3.6)$$

Формули (2.4) - (2.6) можна отримати з визначення функції розподілу (3.1) та формул (3.3). Як приклад, на рисунку 3.1б позначені області $x < 5$ та $x > 20$ і визані імовірності попадання випадкової величини до них. Імовірність попадання випадкової величини до інтервалу $[5, 20]$ за формулою (3.4) дорівнює: $P\{5 < x < 20\} = F(20) - F(5) = 0,741$. [8]

Формули (3.5) і (3.6) дозволяють визначати імовірність знаходження випадкової величини в заданих межах чи імовірність виходу за такі межі. Так наприклад, класом міцності бетону вважається нижня межа міцності на стиск, імовірність виходу за яку дорівнює 0,05. Інакше кажучи, міцність 5% зразка може бути меншою, ніж встановлене значення класу бетону. Визначивши за результатами контрольних випробувань серії зразків закон

розподілу міцності бетону $F(x)$, за формулою (3.5) легко перевірити його відповідність встановленому класу.

Числові характеристики випадкової величини

Система числових характеристик базується на початкових та центральних моментах, які можуть бути визначені через закон розподілу випадкової величини за формулами. В таблиці 3.1 перелічені найчастіше вживані числові характеристики, які при відомому виді закону розподілу досить повно характеризують випадкову величину.

Суть наведених характеристик наведено в таблиці 3.1 та на рисунку 3.2, який ілюструє зміни виду густини нормального розподілу, залежно від його математичного сподівання та стандарту. Математичне сподівання визначає положення центра розподілу випадкової величини і при його зміні крива розподілу переміщується вздовж осі абсцис, не міняючи своєї форми.

Таблиця 3.1. Числові характеристики випадкових величин

Характеристики	Пояснення	Формули
Математичне сподівання	Визначає положення центра розподілу	$\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx$
Дисперсія	Характеризують розкид даних відносно центра розподілу	$D = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$
Стандарт (середнє квадратичне відхилення)		$\sigma = \sqrt{D}$
Коефіцієнт варіації	Відносна міра розкиду	$V = \sigma / \mu$

Дисперсія і стандарт характеризують міру розкиду випадкової величини відносно центра розподілу. При збільшенні стандарту крива розподілу стає ширшою, але нижчою, щоб виконувалася умова нормування (3.2). Математичне сподівання та стандарт мають таку ж розмірність, як сама випадкова величина. Коефіцієнт варіації є відносною мірою розкиду випадкової величини і не має розмірності.

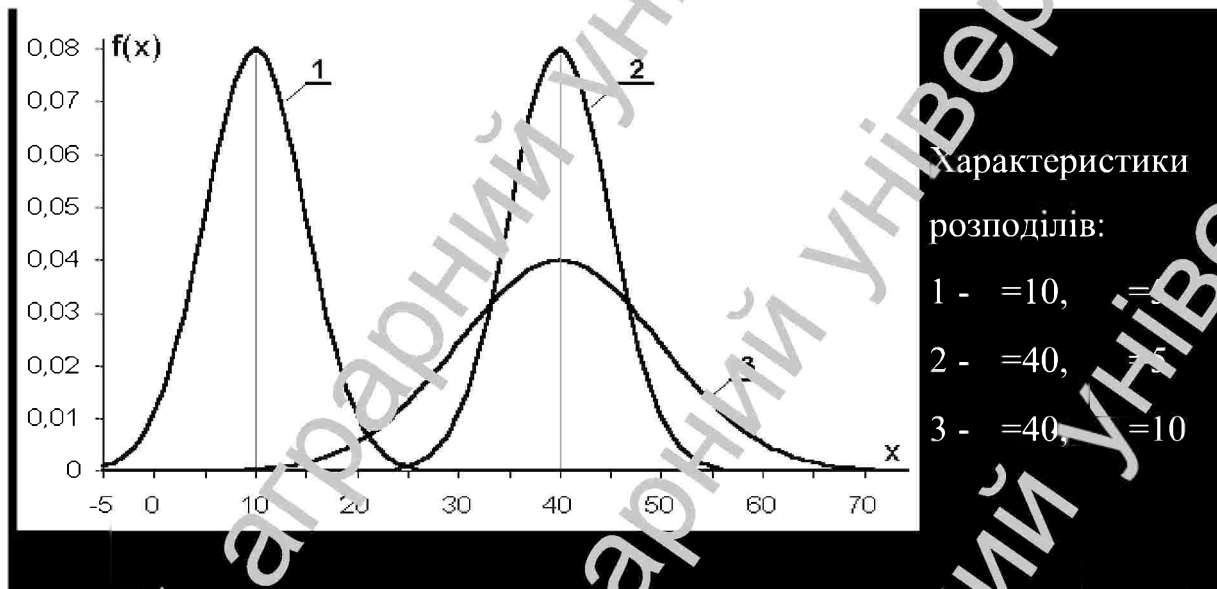


Рис. 3.2 Залежність густини нормального розподілу від його числових характеристик.

В практиці статистичних досліджень використовуються також інші числові характеристики, які несуть додаткову інформацію про випадкові величини. **Коефіцієнт асиметрії** A визначається через третій центральний момент і характеризує ступінь несиметричності густини розподілу. Для симетричних кривих розподілу типу рисунка 3.2 коефіцієнт асиметрії дорівнює нулю; при розвинутій правій частині графіка густини розподілу, як на рисунку 3.1б, він приймає додатні значення, а при більш розвинутій лівій частині - від'ємні. **Коефіцієнт ексцесу** E визначається через четвертий центральний момент і характеризує ступінь гостровершинності густини розподілу по відношенню до нормального, зображеного на рисунку 3.2 [1].

Оскільки в даній роботі для обробки використовувалися функції статистичної обробки результатів даних табличного процесора EXCEL, були задіяні такі інструменти аналізу:

СРЕДНЗНАЧ – (число1; число2;...) повертає середнє (арифметичне) своїх аргументів, які можуть бути числами, або іменами, масивами або посиланнями на клітинки з числами.

СТАНДОТКЛОН – (число1; число2;...) оцінює стандартне відхилення по вибірці. Логічне значення або пакет ігноруються.

КОРРЕЛ – (масив1; масив2,...) повертає коефіцієнт кореляції методу двома множниками.

НОРМРАСП – (X, середнє; стандартне_відхилення; інтегральне) повертає нормальну функцію розподілу.

СКОС – (число1, число2;...) повертає асиметрію розподілу.

Статистична обробка випадкових величин звичайно виконується на персональних комп'ютерах з використанням готових програмних засобів, а при використанні нестандартних методів аналізу – за спеціально написаними програмами. Невеликі вибірки можна також обробити за допомогою інженерного калькулятора з вмонтованим режимом статистики. Конкретні способи обробки даних залежать від застосованого програмного продукту, але по суті реалізують методи, викладені в даному посібнику та іншій літературі.

Нижче наведені рекомендації щодо способів статистичної обробки даних в середовищі найпоширенішої програми для систематизації та обробки даних: табличного процесора EXCEL. Застосування вбудованих функцій та інших засобів EXCEL, основні з яких наведені в таблиці 3.2, дозволяє вирішувати комплекс найпростіших задач статистичного аналізу.

Таблиця 3.2

Засоби статистичної обробки даних табличного процесора EXCEL

Статистичні характеристики та операції	Алгоритми та формули	Засоби EXCEL	Основні параметри функцій
Кількість чисел в масиві даних (обсяг вибірки)		Функція СЧЕТ	Масив даних
Мінімальне значення вибірки		Функція МИН	Масив даних
Максимальне значення		Функція МАКС	Масив даних

вибірки			
Медіана вибірки		Функція МОДА	Масив даних
Математичне сподівання вибірки		Функція СРЗНАЧ	Масив даних
Стандарт вибірки		Функція СТАНДОТКЛОН	Масив даних
Коефіцієнт асиметрії вибірки		Функція СКОС	Масив даних
Коефіцієнт ексцесу вибірки		Функція ЭКСЦЕСС	Масив даних
Кількість даних, менших заданого числа Z		Функція ЧАСТОТА	Масив даних Число Z
Функція $F(X)$ (при ознаці 1) чи густина $f(X)$ (при ознаці 0) нормального розподілу		Функція НОРМРАСП	Аргумент X Мат. сподівання Стандарт Ознака: 0 або 1
Функція $F(Z)$ нормованого нормального розподілу		Функція НОРМСТРАСП	Нормований аргумент: $Z=(X-M)/S$
Аргумент X функції нормального розподілу $F(X)$		Функція НОРМОБР	Функція $F(X)$ Мат. сподівання Стандарт
Аргумент Z функції нормованого нормального розподілу $F(Z)$		Функція НОРМСТОБР	Функція $F(Z)$
Коефіцієнт кореляції двох вибірок X і Y		Функція КОРРЕЛ	Масив даних X Масив даних Y

Як правило, дані та параметри для обробки задаються у вигляді посилань на області таблиць, де вони знаходяться. У більшості випадків масивами даних можуть бути стовпці, рядки чи прямокутні області

таблиці, але функція КОРРЕЛ вимагає визначення масивів X і Y у вигляді строчки чи стовпця. Якщо задана область містить нечислові дані чи пусті комірки, вказані в таблиці 3.2 функції не враховують їх при обробці. Ця особливість дозволяє будувати типові форми для статистичної обробки у яких можна просто занести необхідні дані у виділені для цього області. Области таблиці для розміщення даних виділяються, виходячи з максимально можливої кількості даних, а при менших обсягах вибірок утворюються пусті комірки, які не враховуються у процесі обробки.

Застосування більшості функцій зрозуміле з таблиці 3.2 та вказівок EXCEL. Функція ЧАСТОТА використовується для побудови гістограм розподілу випадкових величин. Для цього необхідно задати стовпчик кінців інтервалів гістограми, а в сусідньому стовпчику записати формули, що містять різниці функцій ЧАСТОТА для кінця даного і попереднього інтервалів. Такі формули правильно копіюються по вертикалі і в результаті обчислення дають частоти кожного інтервалу, які легко перетворити в значення ймовірностей та густин розподілу. За результатами обчислень шляхом вставки діаграми будується графік гістограми розподілу.

При відомих законах розподілу значення усіх числових характеристик можна отримати за загальними формулами з таблиці 3.2 чи подібними до них. Конкретні формули для визначення основних числових характеристик найбільш поширених законів розподілу неперервних випадкових величин через відомі параметри цих законів.

Завдання статистичного аналізу даних часто зводиться до отримання закону розподілу випадкової величини на основі обробки наявної вибірки, з числових характеристик, отриманих при статистичній обробці вибірки. Числові характеристики, обчислені за вибіркою, називають вибірковими числовими характеристиками, або оцінками числових характеристик. [12]

Перевірка узгодженості закону розподілу з дослідними даними

Остаточне рішення щодо можливості застосування обраного закону розподілу приймається на результатами перевірки його узгодженості з

дослідними даним за спеціальними статистичними критеріями. Найпоширенішим критерієм узгодженості є критерій Пірсона. Згідно з вказівками [Вентц], [Гмурм], статистика критерію Пірсона обчислюється та формулою

$$\chi^2 = N \sum_{j=1}^L \frac{(P_j - P_{jt})^2}{P_{jt}}, \quad (3.7)$$

де N - обсяг вибірки за якою збудована гістограма розподілу;

P_j - емпірична частота j -того інтервалу, тобто визначена за гістограмою розподілу імовірність попадання випадкової величини до цього інтервалу;

$P_{jt} = F(C_j) - F(C_{j-1})$ - теоретична частота i -того інтервалу, тобто визначена за обраним теоретичним законом розподілу імовірність попадання випадкової величини до цього інтервалу

Обчислене за формулою (3.7) вибіркове значення статистики χ^2 порівнюється з критичним значенням χ_{α}^2 визначеним за таблицею додатка чи за аналогічними таблицями розподілу Пірсона [Вентц], [Гмурм]. Критичне значення залежить від двох параметрів: рівня значимості α та кількості ступенів свободи k . Якщо $\chi^2 \leq \chi_{\alpha}^2$, обраний закон розподілу не суперечить дослідним даним і його можна використовувати для імовірнісного опису досліджуваної випадкової величини. При $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2$ для апроксимації дослідних даних слід обрати закон розподілу іншого виду.

Кількість ступенів свободи k дорівнює кількості інтервалів в гістограмі розподілу L , зменшеній на кількість параметрів обраного теоретичного закону розподілу і ще на одиницю. Для експоненціального розподілу $k=L-2$; для усіх інших розподілів з таблиці 3.1 $k=L-3$. Рівень значимості α задає імовірність відкидання правільної гіпотези (визначення невідповідним теоретичного розподілу, який на самому ділі узгоджується з дослідними

даними). Як правило, в статистичних дослідженнях приймають рівень значимості в межах від 0,01 до 0,1; найчастіше - $\alpha=0,05$.

Результати деяких спостережень можуть бути представлені у формі готових гістограм розподілу. При невідомому обсязі вибірки неможливо обчислити статистику (3.7) і виконати перевірку за критерієм Пірсона. У цьому випадку доцільно візуально проаналізувати узгодженість теоретичного розподілу з дослідними даними за допомогою відповідного імовірнісного паперу. [11]

Середнє квадратичне відхилення

Для оцінки розсіяння можливих значень випадкової величини навкруги її середнього значення окрім дисперсії служать і деякі інші характеристики. До їх числа відноситься середнє квадратичне відхилення. Середнім квадратичним відхиленням випадкової величини X називають квадратний корінь з дисперсії:

$$\sigma X = \sqrt{D(X)}.$$

Легко показати, що дисперсія має розмірність рівну квадрату розмірності квадратному кореню з дисперсії, то розмірність $\sigma(X)$ співпадає з розмірністю X . Тому в тих випадках, коли бажано, щоб оцінка розсіяння мала розмірність випадкової величини, обчислюють середнє квадратичне відхилення, а не дисперсію. Наприклад, якщо X виражається в лінійних метрах, то $\sigma(X)$ виражатиметься також в лінійних метрах, а $D(X)$ в квадратних метрах.

Однофакторний дисперсійний аналіз.

Цей засіб служить для аналізу дисперсії за даними двох або декількох вибірок. При аналізі порівнюється гіпотеза про те, що кожний приклад взятий з одного і того ж базового розподілу вірогідності, з альтернативною гіпотезою, що припускає, що базові розподіли вірогідності у всіх вибірках різні. Якщо є всього дві вибірки, застосовують функцію ТТЕСТ. Для більше

двох вибірок не існує узагальнення функції ТТЕСТ, і замість можна скористатися моделлю однофакторного дисперсійного аналізу.

Для обчислення дисперсії часто буває зручно користуватися наступною формулою. Дисперсія дорівнює різниці між математичним очікуванням квадрата випадкової величини X і квадратом її математичного очікування:

Математичне очікування $M(X)$ є постійна величина, отже, $M(X)$ і $M^2(X)$ є також постійні величини. Взяти це до уваги і користуючись властивостями математичного очікування (постійний множник можна винести за знак математичного очікування, математичне очікування суми рівно сумі математичних очікувань складових), спростимо формулу, що виражає визначення дисперсії:

$$\begin{aligned} D(X) &= M[X^2 - M(X)]^2 = M[X^2 - 2XM(X) + M^2(X)] = \\ &= M(X^2) - 2M(X) * M(X) + M^2(X) = \\ &= M(X^2) - 2M^2(X) + M^2(X) = M(X^2) - M^2(X). \end{aligned}$$

Отже, маємо формулу:

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2.$$

КОРЕЛЯЦІЯ

Щодо статистичного інструменту **кореляції**, функції **корреляції** і **пірсона** обчислюють коефіцієнт кореляції між двома змінними вимірювань, коли для кожної змінної вимірювання спостерігається для кожного суб'єкта N (пропуск спостереження для суб'єкта приводить до ігнорування суб'єкта в аналізі). Кореляційний аналіз іноді застосовується якщо є більше двох змінних вимірювань для кожного суб'єкта N . В результаті видається таблиця,

кореляційна матриця, що показує значення функції КОРРЕЛ (або ПІРСОН) для кожної можливої пари змінних вимірювань.

Коефіцієнт кореляції, як коваріаційний аналіз, характеризує область, в якій два вимірювання “змінюються разом”.

На відміну від коваріаційного аналізу коефіцієнт масштабується таким чином, що його значення не залежить від одиниць, в яких виражені змінні двох вимірювань (наприклад, якщо вага і висота є двома вимірюваннями, значення коефіцієнта кореляції не зміниться після перекладу ваги з фунтів в кілограми). Будь-яке значення коефіцієнта кореляції повинне знаходитися в діапазоні від -1 до +1 включно.

Кореляційний аналіз дає можливість встановити, чи асоційовані набори даних до величині, тобто, великі значення з одного набору даних пов'язані з великими значеннями іншого набору (позитивна кореляція), або, навпаки, малі значення одного набору пов'язані з великими значеннями іншого (негативна кореляція), або ціні двох діапазонів ніяк не пов'язані (нульова кореляція).

Зокрема, статистична залежність виражається в тому, що при зміні однієї з величин змінюється середнє значення іншої; в цьому випадку статистичну залежність називають кореляційною.

3.4 Висновки з розділу

Результати виконаного аналізу і узагальнення дозволяють зробити наступні висновки:

1. Усі структурно-фізичні характеристики ніздрюватого бетону слід визначати стандартизованими лабораторними методами.
2. Найпростішими серед відомих методів неруйнівного контролю міцності бетонів є механічні методи, засновані на вимірюванні параметрів пружності відскоку, локального пластичного деформування та місцевого руйнування бетону.

3. Механічні методи неруйнівного контролю міцності розроблялися для важких бетонів і не можуть бути безпосередньо використані при дослідженнях ніздрюватих бетонів внаслідок особливостей їх структури.
4. Дослідження розподілів структурно-фізичних характеристик по об'єму ніздрюватого бетону виконані на прикладі дрібних блоків розмірами 600x200x300 мм, виготовлених в заводських умовах за звичайною технологією.
5. Для узагальнення отриманих даних щодо розподілів структурно-фізичних характеристик по об'єму ніздрюватого бетону слід використовувати відомі методи статистичної обробки даних, які можуть бути реалізовані в середовищі табличного процесора EXCEL.

РОЗДІЛ 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1. Блок газобетонний

Блок газобетонний UDK

Країна виробництва Україна

- Морозостійкість F50
- Торцева грань гладенька
- Розмір блоку 600x200x300 мм
- Сфера застосування: житлові та технічні приміщення
- Щільність, кг/м^3 640

4.2. Підготовка досліджуваних зразків

В будівництві ніздрюваний бетон використовується у вигляді дрібних блоків, перегородок, плит покриття, перекриття армованих панелей, крипних армованих блоків.

В даній дипломній роботі розглядається блок заводського виробника. Блок масою 26,06 кг мав розміри 60x20x30 см був розпилений на 135 зразків кубічної форми з розміром ребра близько 6 см: 3 шари по товщині блока, 5 шарів по висоті і 9 – по довжині, це було зроблено для більш детального дослідження розподілу властивостей по всьому об'єму блока. З метою визначення реальної вологості кожен зразок зважувався відразу ж після надрізання.

Після цього повертання всіх зразків шлібувалося. Всі зразки-кубки зважувались (m) та вимірялись розміри ($a \times b \times h$), рис. 4.1.

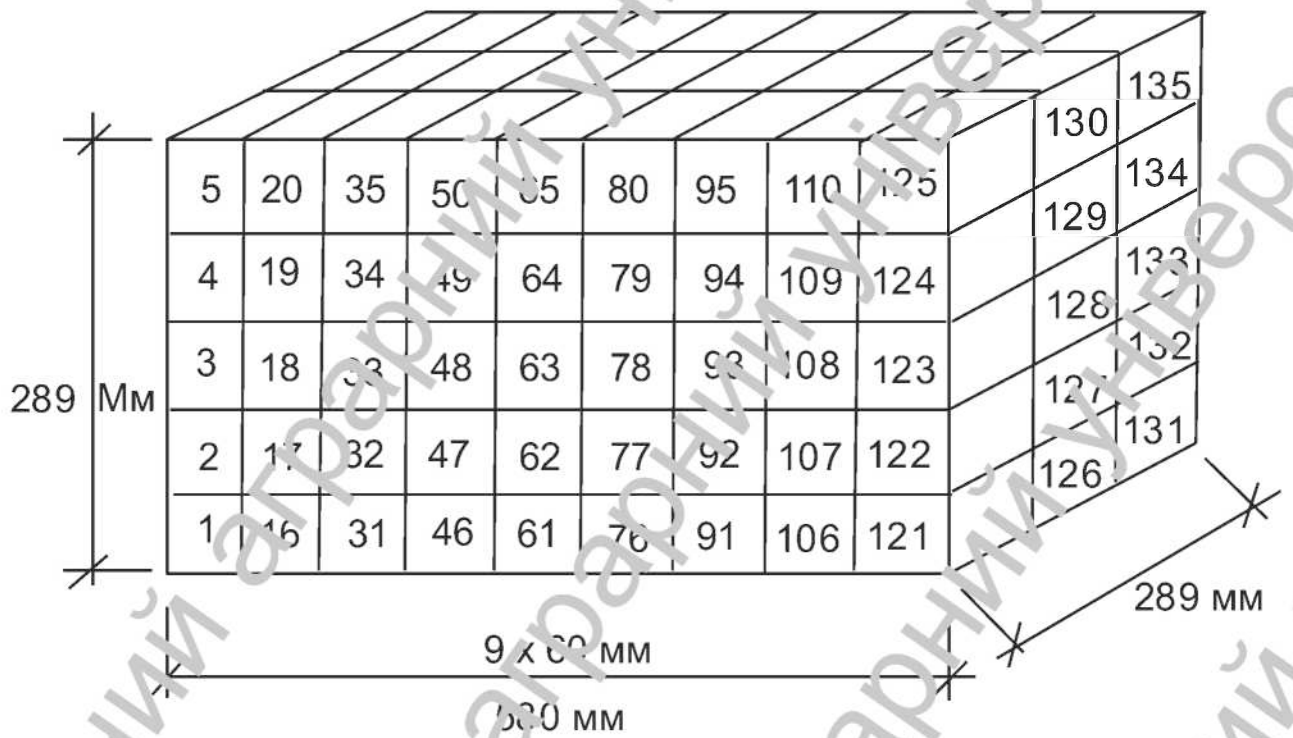


Рис.4.1.

Результати вимірювань занесені в таблицю 4.1:

Таблиця 4.1. Результати вимірювань.

№ зразка по порядку	а- довжина зразка, см .	б- ширина зразка , см.	г- висота зразка, см.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Густина зразків у вологому і в сухому стані визначена за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \text{ кг/м}^3,$$

де m - маса зразка, г

V - об'єм зразка, см^3 .

Отримані в результаті обчислень значення густини у вологому та в сухому стані наведені в таблицях 5.3 та 5.4.

Таблиця 5.3

Густина у вологому стані, г/см^3									
Ряд 5-125									
Ряд 10-130									
0,76	0,85	0,77	0,77	0,73	0,77	0,76	0,73	0,76	
0,82	0,79	0,77	0,78	0,78	0,77	0,76	0,74	0,74	
0,84	0,76	0,76	0,73	0,75	0,77	0,77	0,75	0,75	
0,9	0,75	0,77	0,8	0,89	0,85	0,84	0,8	0,76	
1,04	0,76	0,75	0,76	0,78	0,83	0,83	0,8	0,75	
Ряд 15-135									
0,81	0,85	0,75	0,79	0,79	0,76	0,74	0,77	0,72	
0,87	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77	0,75	0,75	0,74	
0,88	0,77	0,73	0,74	0,78	0,76	0,75	0,78	0,73	

0,9	0,74	0,74	0,75	0,77	0,79	0,79	0,75	0,74
1,05	0,75	0,75	0,75	0,74	0,77	0,79	0,74	0,71

Таблиця 5.4

Густина у сухому стані, г/см ³								
Ряд 5-125								
0,75	0,52	0,73	0,71	0,71	0,68	0,68	0,71	0,79
0,75	0,68	0,72	0,72	0,69	0,7	0,68	0,67	0,68
0,82	0,68	0,71	0,69	0,7	0,7	0,67	0,66	0,67
0,97	0,67	0,7	0,7	0,74	0,73	0,71	0,7	0,69
1	0,74	0,71	0,7	0,7	0,78	0,74	0,73	0,71
Ряд 10-130								
0,68	0,76	0,7	0,7	0,66	0,7	0,7	0,66	0,7
0,74	0,69	0,69	0,7	0,69	0,69	0,68	0,66	0,67
0,75	0,64	0,68	0,66	0,71	0,69	0,69	0,67	0,67
0,81	0,67	0,69	0,73	0,79	0,76	0,75	0,71	0,69
0,89	0,69	0,69	0,7	0,71	0,76	0,71	0,72	0,68
Ряд 15-135								
0,74	0,77	0,7	0,75	0,73	0,71	0,69	0,71	0,67
0,78	0,68	0,69	0,71	0,71	0,71	0,69	0,69	0,69
0,79	0,69	0,67	0,68	0,72	0,7	0,69	0,72	0,67
0,81	0,67	0,69	0,69	0,71	0,72	0,71	0,69	0,68
0,95	0,68	0,7	0,7	0,69	0,72	0,73	0,68	0,67

Дані таблиць 5.4 і 5.5 заносимо в програмний процесор EXCEL, де піддаємо статистичній обробці за наступною програмою:

- обчислюються середнє значення, стандарт і коефіцієнт варіації за формулами наведені в таблиці 5.1. числові характеристики випадкових величин розділу 3.

- будується гістограма і крива нормального розподілу за методикою, описаною в параграфі 3.3;
- методом однофакторного дисперсійного аналізу перевіряється вплив розташування зразка в межах блока на його характеристики;
- обчислюються граничні значення характеристик із заданою забезпеченістю.

Отримані в результаті обробки числові характеристики наведені в таблиці 5.5. Найменше і найбільше значення обчислені за формулами:

$$X_{\min} = M - 1,64S ; \quad X_{\max} = M + 1,64S ,$$

у яких коефіцієнт 1,64 визначається за таблицями нормального розподілу і гарантує, що 90% результатів не виходять за межі X_{\min} - X_{\max} . Можливість використання цих формул, запованих на нормальному законі розподілу, який підтверджується рисунком 5.1. З нього видно, що дослідна гістограма розподілу задовільно співпадає зображеною там же кривою нормального розподілу.

Рис. 5.1 Гістограма розподілу густини сухому та вологому стовні

Таблиця 5.5.

Характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Густина в сухому стані	Густина в вологому стані
Обсяг вибірки	N	шт.		
Середнє значення	M	кг/м ³		
Стандарт	S			
Коефіцієнт варіації	V			
Найменше значення	X _{min}	кг/м ³		
Найбільше значення	X _{max}	кг/м ³		

З таблиці видно, що середня густина в природному стані дещо більша, ніж густина в сухому стані, що свідчить про наявність вологості зразків. Більший коефіцієнт варіації густини в вологому стані є наслідком нерівномірного розподілу вологості по об'єму блока (значення густини висушених зразків зближуються). За цим показником середньої густини досліджений ніздрюватий бстол можна віднести до марки D700.

Характер розподілу середньої густини по об'єму блока можна проаналізувати за таблицями 5.4 і 5.5. У першому наближенні можна сказати, що положення зразка по горизонталі мало впливає на густина (за винятком крайнього лівого і нижнього зразка з великим значенням густини), але по мірі зміщення згору густина зразків зменшується. Для підтвердження значимості цієї гіпотези виконано однофакторний дисперсійний аналіз у двох варіантах.

Перший етап дисперсійного аналізу полягає в порівнянні зразків, розміщених у трьох різних вертикальних профілях (край, середина, край), тобто у вивченні впливу положення по товщині блоку. Для цього сформована таблиця 5.6, з трьох колонок і в ній проведено дисперсійний аналіз засобами EXCEL, результати дисперсійного аналізу записані в таблиці 5.7.

Таблиця 5.6

Край	Серед	Край
		0,74
		0,77
		0,7
		0,73
		0,73
		0,71
		0,69
		0,71
		0,65
		0,78
		0,58
		0,69
		0,71
		0,71
		0,71
		0,69
		0,69
		0,69
		0,79
		0,69
		0,67
		0,68
		0,72
		0,7
		0,69
		0,72
		0,67

0,97		
0,67		
0,7		
0,71		
0,74		
0,73		
0,71		
0,7		
0,69		
1		
0,74		
0,71		
0,7		
0,7		
0,78		
0,74		
0,73		
0,71		

Таблиця 5.7. Результати однофакторного дисперсійного аналізу

Однофакторний дисперсійний аналіз

БІСНОВОК

<i>Групи</i>	<i>Рахунок</i>	<i>Сума</i>	<i>Середнє</i>	<i>Дисперсія</i>
Стовбець 1	45	32,3		
Стовбець 2	45	31,82		
Стовбець 3	45	32,02		

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	SS	df	MS	F	F- Значення	F критичне
Між групами						
Всередині груп						
Всього						

З наведеної таблиці дисперсійного аналізу видно, що отримане значення критерію $F=0,42$ менше критичного значення 3,06. Отже, положення по товщині блоку не впливає на середню густину зразків.

Аналогічним чином виконана перевірка впливу положення по висоті блоку. Для цього сформована таблиця 5.8, з п'яти стовпчиків, що відповідають п'яти шарам по висоті блоку, і в ній проведено дисперсійний аналіз, результати якого наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.8.

0,75	0,75			
0,52	0,68			
0,73	0,72			
0,71	0,72			
0,71	0,69			
0,68	0,68			
0,68	0,68			
0,71	0,67			
0,79	0,68			
0,68	0,74			

0,76				0,69
0,7				0,69
0,7				0,7
0,66				0,71
0,7				0,76
0,7				0,75
0,66				0,72
0,7				0,68
0,74				0,65
0,77				0,68
0,7				0,7
0,73				0,7
0,73				0,69
0,71				0,72
0,69				0,73
0,71				0,68
0,67				0,67

Таблиця 5.9. Результати однофакторного дисперсійного аналізу

Однофакторний дисперсійний аналіз				
ВИСНОВКИ				
Групи	Рахунок	Сума	Середнє	Дисперсія
Стовбець 1				
Стовбець 2				
Стовбець 3				
Стовбець 4				
Стовбець 5				

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	SS	df	MS	F	F- значення	F критичне
Між групами						
Всередині груп						
Всього						

Отримане значення критерію $F=3,07$ перевищує критичне значення 2,44. Отже, положення по висоті блока істотно впливає на середню густину зразків (нижня частина має більшу густину).

Такі ж самі висновки можна зробити й по відношенню до густини в природному стані. Загалом отримані результати відображають механізм формування газобетонних блоків в окремих формах розміром на блок.

5.2. Міцність на стиск.

Міцність на стиск кожного зразка визначаємо для того, щоб визначити міцність кожного кубика. Оскільки після формування виробу у формі відповідно важчі частинки будуть осідати в нижню частину виробу, тому й міцність відповідна в нижньому шарі повинна бути вищою. Також міцність на стиск визначається для того щоб знати, яке навантаження може витримати газобетон в реальних умовах. Для цього на зразки – кубики, які розміщуються під прес діє певне навантаження – F на площу A (поверхня кубика). Оскільки під час його формування важчі частинки будуть осідати на дно і відповідно в нижніх шарах міцність буде більша.

Міцність зразків визначаємо за відповідною формулою.

$$\sigma = \frac{F}{A}, \text{ МПа.}$$

де, F – руйнуюча сила, $\text{кН}/\text{см}^2$,

A – площа поперечного перерізу.

Результат зведений в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10

Міцність на стиск, МПа									
Ряд 5-125									
1,153									
1,236									
1,264									
1,658									
2,106									
Ряд 10-130									
1,235									
1,298									
1,614									
2,111									
2,472									
Ряд 15-135									
								1,486	1,306
								1,714	1,347
								1,494	1,055
								1,297	1,436
								0,861	1,278

Дані таблиці 5.10, заносимо в програмний процесор EXCEL, де піддаємо статистиці обробці за наступною програмою:

- обчислюються середнє значення, стандарт і коефіцієнт варіації за формулами, які наведені в таблиці 5.10. числові характеристики випадкових величин розділу 4.
- будується гістограма і крива нормального розподілу за методикою, описаною в параграфі 3.5;

- методом однофакторного дисперсійного аналізу перевіряється вплив розташування зразка в межах блока на його характеристики;
- обчислюються граничні значення характеристик із заданою забезпеченістю.

Отримані в результаті обробки числові характеристики наведені в таблиці 5.10 Найменше і найбільше значення обчислені за формулами

$$X_{\min} = M - 1,64S ; \quad X_{\max} = M + 1,64S ,$$

у яких коефіцієнт 1,64 визначається за таблицями нормального розподілу і гарантує, що 90% результатів не вийдуть за межі $X_{\min} - X_{\max}$. Можливість використання цих формул, заснованих на нормальному законі розподілу, підтверджується рисунком 5.1. З нього видно, що дослідна гістограма розподілу задовільно описується зображеною там же кривою нормального розподілу.

Після чого будемо графік залежності між міцністю зразків та їх густинами рис. 5.2

Рис. 5.2. Графік залежності між міцністю зразків та їх густинами

Таблиця 5.11.

Характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Міцність
Обсяг вибірки	N	шт.	
Середнє значення	M	МПа	
Стандарт	S		
Коефіцієнт варіації	v		
Найменше значення	X _{min}	МПа	
Найбільше значення	X _{max}	МПа	

З таблиці видно, що міцність кубика є різною. Коефіцієнт варіації міцності дорівнює – 0,191. За показником міцності досліджений нівелюваний бетон можна віднести до марки D700 і класу В2.

Характер розподілу міцності по об'єму блока можна проаналізувати за таблицею 5.11. У першому наближенні можна сказати, що положення зразка по горизонталі суттєво впливає на міцність, але по мірі зміщення вгору міцність зразків зменшується. Для підтвердження значимості цієї гіпотези виконано однофакторний дисперсійний аналіз у двох варіантах.

Перший етап дисперсійного аналізу полягає в порівнянні зразків, розміщених у трьох різних вертикальних профілях (край, середина, край), тобто у вивченні впливу положення по товщині блоку. Для цього сформована таблиця 5.12, з трьох колонок і в ній проведено дисперсійний аналіз засобами ЕКСПЛ, результати дисперсійного аналізу записані в таблиці 5.13

Таблиця 5.12

Край	Серед	Край
1,153	1,236	0,681
1,533	1,703	1,2
1,818	1,792	1,5

		1,222
		1,65
		1,297
		1,436
		1,803
		1,583
		1,417
		1,25
		1,403
		1,361
		1,297
		0,857
		1,278

Таблиця 5.14. Результати однофакторного дисперсійного аналізу

Однофакторний дисперсійний аналіз

ВИСНОВКИ

Групи	Рахунок	Сума	Середнє	Дисперсія
Стовбець 1				
Стовбець 2				
Стовбець 3				

Дисперсійний аналіз							
Джерело	SS	df	MS	F	P-значення	F критичне	
Між групами							
Всередині груп							
Всього	10,54988	134					

З наведеної таблиці дисперсійного аналізу видно, що отримане значення критерію $F=11,37$ більше критичного значення 3,06. Отже, положення по товщині блоку впливає на міцність з'єднання.

Аналогічним чином виконана перевірка впливу положення по висоті блоку. Для цього сформована таблиця 5.15, з п'яти стовпчиків якої відповідають п'яти шарам по висоті блоку. В ній проведено дисперсійний аналіз, результати якого наведені в таблиці 5.16.

Таблиця 5.15.

41,5				75,8
55,2				41,5
65,1				56,5
50,1				48,8
54,8				56,5
58,2				47,7
47,2				62,5
33,5				46,8
40				53
44,5				8,5
61,3				61
64,5				65,5
50				56,7
54,5				65,5
46,4				48,5
58,2				57,3
46,5				49,5
46,2				62,5
24,5				61,9
43,2				57
54				51

51,2				
63,2				
47,4				
31,4				
53,5				
47				

Таблиця 5.16. Результати однофакторного дисперсійного аналізу
Однофакторний дисперсійний аналіз

ВИСНОВКИ

Групи	Рахунок	Сума	Середнє	Дисперсія
Стовбець 1				
Стовбець 2				
Стовбець 3				
Стовбець 4				
Стовбець 5				

Дисперсійний аналіз

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P- Значення	F критичне
Між групами						2,441354
Всередині груп						
Всього						

Отримане значення критерію $F=3,81$ перевищує критичне значення 2,44. Отже, положення по висоті блока істотно впливає на міцність зразків (нижня частина має більшу міцність).

Отже, отримані результати відображають механізм формування газобетонних блоків в окремих формах розміром на блок.

Вологість

Вологість кожного зразка визначаємо для того, щоб визначили скільки вологи міститься в кожному кубку. Оскільки виріб формувався у горизонтальному положенні, і дослідними шляхами довели, що густина у нижньому шарі вища ніж у верхніх шарах, тому і вологість буде більшою. Вологість кожного зразка визначали коли всі кубки після розпилювання зважувалися і поміщалися в сушильну шафу на певний період часу, тоді після висушування ми їх знову зважували і за допомогою різниці мас кубків визначали їхню вологість за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m}{n} \times 100\% ,$$

де m - маса сухого зразка, m_1 - маса зразка до сушіння.

Результат зведений в таблицю 5.17.

Таблиця 5.17

Вологість, гр.							
Ряд 5-125							
14							11,4
15,3							14,8
17,8							14,6
19							14,4
19,5							12,8
Ряд 10-130							
15,8							
16,8							
18,6							

20,9	18	15,2	15,7	20,1	17,9	19,1	17,8	15,9
21,8	17,4	13,8	12,6	14,5	14,6	16,4	16,9	14,1
Ряд 15-135								
14,4								
16,5								
16,7								
18,1								
19,1								

Дані таблиці 5.17, заносимо в програмний процесор для статистичній обробці за н

- обчислюються

ІКОЮ,

Таблиця 5.18.

Характеристики	Позначення	Одиниці виміру	Вологість
Обсяг вибірки	N	шт..	
Середнє значення	M	гр..	
Стандарт	S		
Коефіцієнт варіації	v		
Найменше значення	X _{min}	гр..	
Найбільше значення	X _{max}	гр..	

5.4.4 Заємний зв'язок основних характеристик

Заємним зв'язком між основними характеристиками є – кореляція, яка виражає графічну залежність між міцністю та густиною в сухому стані.

Дана залежність визначається за такою формулою:

$$y = 1.291x + 0.543$$

Кореляція дає можливість із заданої прямої приблизно порівняти отримані значення, тобто наскільки теорія відрізняється від практично отриманих значень, рис 5.4

Рис. 5.4

З рисунка 5.4., видно, що експериментальні дані суттєво відрізняються від теоретичної заданої прямої. Це зумовлено тим, що міцність та густина в сухому стані, слабо зв'язані між собою, тому ці дані мають різний розкид по графіку.

Таблиця 5.19 Зведена таблиця статистичних характеристик

Технічні характеристики	Статистичні характеристики			Марка	Клас
	M	S	V		
Густина в сухому стані					
Густина в вологому стані					
Вологість					
Міцність на стиск					

Висновки з розділу

З експериментально-статистичних досліджень технічних характеристик ніздрюватого бетону видно, що густина та міцність ніздрюватого бетону у різних шарах різні. Причиною цього може бути саме формування бетону склад бетонної суміші та нерівномірний розподіл по всій суміші газоутворювача.

Виявлені залежності по висоті кубика щодо міцності, оскільки при експериментальному аналізі було виявлено, що верхня частина кубика була слабшою від середнього шару, а середній шар ніздрюватого бетону був слабший ніж нижній шар. Це зумовлено формуванням самого кубика та осіданням у нижній шар бетону важких частинок, завдяки чому і зростає у нижньому шарі міцність.

З експериментально-статистичних досліджень, були застосовані за допомогою і міцністю статичні закони розподілу, для вираховування за допомогою програмного процесора Excel стандарт (S), що характеризує

розкид даних відносно центра розподілу, коефіцієнт варіації (V), який показує відносну міру розкиду та середнє значення (M), що показує середнє значення заданої вибірки.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Правила охорони праці для працівників бетонних заводів

Порядок безпечного виконання робіт при виробництві виробів з бетону регламентуються Правилами охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів (ПАОП 1.6.10-1.02-00). Правила поширюється на всі організації і підприємства (незалежно від форм власності), котрі виготовляють бетонні та залізобетонні конструкції і вироби з бетону будь-якого виду.

Під час виготовлення бетонних виробів на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень концентрації пилу та шкідливих газів в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- рухомі частини обладнання, а також машин і механізмів та матеріалів, що пересуваються;
- підвищена температура та вологість повітря;
- підвищена температура обладнання та вихідних матеріалів;
- напруга в електричних ланцюгах, котрі підходять до електроустановок та апаратів;
- підвищений рівень радіації (інфрачервоної, ультрафіолетової, радіоактивної);

вибухонебезпечні суміші парів та газів в повітрях та токсичністю цих сумішей, як і скрпних реагентів;

- гострі кромки та задирки на поверхні металевих заготовок, деталей, армокаркасів та інших виробів.

Під час організації виробництва бетонних конструкцій повинно бути забезпечено санітарно-гігієнічні умови в робочій зоні виробничих приміщень, шум в робочій зоні, вібрація не повинні перевищувати встановлених норм безпеки.

6.2 Дії працівників в аварійних ситуаціях

Аварійні ситуації можуть бути виробничого характеру, а також виникати під дією несприятливих атмосферних умов (дощу, вітру, урагану та ін.).

В процесі виконання робіт до виробничих аварій та нещасних випадків приводять наступні причини:

- складування матеріалів і виробів з порушенням вимог технічних умов і стандартів на складування для даного виду матеріалу, виробу, чедотримання технологічних проїздів і проходів;
- невикористання засобів індивідуального захисту (спецодягу, спецвзуття, рукавиць, захисної каски та ін.);
- робота з несправним інструментом чи механізмами;
- куріння, робота з відкритим вогнем або використання металевого інструмента, що може викликати іскру, при розгрузці або складуванні вантажів з горючими матеріалами;
- падіння матеріалів з висоти;
- використання нестандартних засобів підмоцнування;
- використання несправних інструментів, механізмів та пристосувань.

При виникненні аварійної ситуації необхідно негайно припинити роботу, прийняти заходи до евакуації людей з небезпечної зони та рятування матеріальних цінностей. При необхідності відключити технологічне обладнання від електричної мережі.

При ураженні електричним струмом насамперед звільнити потерпілого від дії струму. Ривкнати рубильник або вкрутити запобіжник. Якщо це неможливо, витягнути провід сухою палицею або відтягнути потерпілого, використовуючи при цьому діелектричні рукавиці або підручні засоби: суху мотузку, палику, дошку і т.п.

Якщо стався нещасний випадок потерпілого необхідно доставити у медпункт. У разі погіршення самопочуття працівника, потрібно викликати

швидко медичну допомогу по телефону "103". До прибуття лікарів потерпілому надати першу медичну допомогу.

При виникненні пожежі необхідно:

- терміново сповістити про загорання пожежну частину по телефону "101";
- гасіння електрообладнання проводити за допомогою вуглекислотних та порошкових вогнегасників тільки після відключення його від електромережі;
- організувати зустріч пожежних машин та інформувати пожежників про місцезнаходження гідрантів, колодязів та інших засобів пожежгасіння.

Якщо обстановка після аварії або нещасного випадку не загрожує життю і здоров'ю навколишніх працівників і не погрожує розширенням аварії, то обстановку слід зберегти такою, що була на момент події.

Про аварійні ситуації та нещасні випадки необхідно терміново повідомляти майстра цеху.

6.3 Безпека робіт при шумі і вібрації

1. У місцях примикання динамічних машин і установок до основи і також для зменшення вібрацій від основи до робочих місць встановити пружні елементи (віброізолятори, амортизатори) резинометалічні типу АКСС.
2. Застосовувати віброзахисні рукавички та віброзахисне взуття при виконанні робіт.
3. Для вимірювання рівня шуму застосовувати шумоміри.

Під час роботи механізмів зниження шуму здійснювати шляхом:

– усунення зазору в зубчастих передачах і з'єднаннях деталей з підшипниками;

- використовувати пластмасові деталі;
- здійснювати своєчасний їх ремонт;

Робити заміну машин, що використовують віброметод ущільнення бетонної суміші, машинами із застосуванням безвібраційної технології з нагнітанням бетонної суміші під тиском.

Шум, що поширюється по повітрю, знижувати устроєм звуко-ізолюючих перегородок.

В якості засобів індивідуального захисту від шуму застосовувати протишумні навушники.

Технічні заходи від пилу і шкідливих газів

1. Для захисту тіла робітників застосовувати спецодяг, в умовах високі загазованості - протигази фільтраційного і ізплюючого типу.

2. З метою попередження захворювань шкіри використовувати мазі, креми.

3. Вимірювання концентрації пилу в повітрі виконувати ваговим методом.

Виконувати наступні заходи захисту від забруднення пилом повітряного середовища:

- максимально механізувати й автоматизувати виробничий процес;
- застосовувати герметичне обладнання для транспортування курних матеріалів;
- застосовувати зволоження сипучих матеріалів;
- застосовувати в якості індивідуальних засобів захисту від пилу респіратори, окуляри.

РОЗДІЛ 7

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ
ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Проведено дослідження зразків газобетонного блоку 60x30x20см, що був поділений на 155 зразків для отримання більш точних результатів дослідження міцності на стиск, середньої густини та вологості досліджуваного блоку.
2. Досліджено розподіл значень густини, міцності та вологості зразків відносно їх розташування в середині досліджуваного блоку.
3. За показником середньої густини досліджений ніздрюватий бетон відноситься до марки D700.
4. Отримане значення критерію по товщині блоку $F=0,42$ менше критичного значення 3,06. Отже, положення по товщині блоку не впливає на середню густину зразків. Але отримане значення критерію $F=3,07$ перевищує критичне значення 2,44. Отже, положення по висоті блоку істотно впливає на середню густину зразків (нижня частина має більшу густину).
5. Значення критерію для міцності на стиск по товщині блоку $F=11,37$, що більше критичного значення 3,06. Отже, положення по товщині блоку впливає на міцність зразків. Значення критерію $F=3,81$ перевищує критичне значення 2,44. Отже, положення по висоті блоку істотно впливає на міцність зразків (нижня частина має більшу міцність).
6. Отримані результати відображають механізм формування газобетонних блоків в окремих формах розміром на блок.
7. З експериментально-статистичних досліджень технічних характеристик ніздрюватого бетону видно, що густина та міцність ніздрюватого бетону у різних шарах різні. Причиною цьому може бути саме формування бетону, склад бетонної суміші та нерівномірний розподіл по всій суміші газотворювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаров В. М., Іванов В. А. Технологія легких бетонів: навчальний посібник. – Київ: Ліра-К, 2013. – 320 с.
2. Козлов Є. А. Вплив вторинних матеріалів на властивості газобетонів // Будівельні матеріали. – 2020. – № 2. – С. 35–42.
3. ASTM C332-17 Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete. – West Conshohocken, PA: ASTM International, 2017. – 7 p.
4. Юрченко А. П., Ляшенко А. І. Особливості проектування складу газобетонів на основі вторинної сировини // Будівельні матеріали і виробн. – 2020. – № 5. – С. 14–20
5. Пелов Є. П., Зайцев Ю. В. Методи математичного планування в технології будівельних матеріалів. – Київ: Наукова думка, 2017. – 212 с.
6. Герасименко, В. Г. Ніздрюватий бетон: особливості виготовлення та застосування в будівництві. Київ: Ліра-К, 2018.
7. Дрозд, І. П., та Мельник, В. С. Дослідження фізико-механічних властивостей ніздрюватого бетону в умовах експлуатації. Будівельні матеріали, 2020 - 12(4), 35–41
8. Карпенко, С. В. Модифікація ніздрюватого бетону для підвищення його міцності та термостійкості. Праці Національного університету «Львівська політехніка», 2019, 85–91.
9. Ісаєв, П. М., та Швачук, А. С.. Використання добавок у виробництві ніздрюватого бетону. Технології сучасного будівництва, 2021, 112–118.
10. Пахомов, В. В. Експериментальні методи контролю характеристик ніздрюватого бетону. Вісник будівництва, 2017, 56–62.
11. Опря А. Г. Статистика. Навч. посіб. – К.: Центр наукової літератури, 2012 - 448 с.
12. Бідюк, П. І. Прикладна статистика / П. І. Бідюк, О. М. Терентьев, Т. І. Гросьянкіна-Жарова. – Вінниця : ПП "ТД"Едельвейс і К", 2013. – 304 с

13. Андрієнко, І. С. Статистичний аналіз міцності ніздрюваного бетону. Збірник наукових праць КНУБА, 2020, 45–52.
14. Волков, С. Г., Борисєцько, І. В. Дослідження теплоізоляційних властивостей ніздрюваних бетонів у багаточарових конструкціях. Енергозбереження та будівництво, 2019, 72–79.
15. Мороз, П. І. Стійкість ніздрюваного бетону до впливу агресивних середовищ. Журнал «Будівельна наука», 2020, 98–104.
16. Іваненко, М. П., та Сидоренко, Ю. Л. Інноваційні технології в будівництві з використанням ніздрюваних бетонів. Інженерні системи, 2019, 51–67.
17. Науменко, А. Г. Вплив водоцементного відношення на міцність ніздрюваного бетону. Вісник будівельної техніки, 2021, 34–39.
18. Дубовий, В. С. Механічні та термічні характеристики ніздрюваного бетону різного складу. Матеріали та конструкції, 2019, 50–58.
19. Соколов, О. І. та Петренко, В. А. Використання математичного моделювання у виробництві ніздрюваного бетону. Журнал «Будівельна механіка», 2020, 78–84.
20. Літвінова, А. М. Вплив параметрів твердіння на властивості ніздрюваного бетону. Журнал «Будівельні матеріали», 2020, 63–69.
21. Рейтер М., Грендаль Ю. Аналіз мікроструктури та механічних властивостей ніздрюваного бетону. Наукові дослідження будівельної галузі. – 2022. – Т. 13. № 2. – С. 22–29.
22. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Бетони ніздрювані. Загальні технічні умови.
23. Yang, H., Lee, S. Properties of Aerated Concrete Containing Industrial Waste Products // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 220. – P. 253–261.
24. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.