

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівництва та експлуатації
будівель, доріг та транспортних споруд _____ О. П.
Новицький

«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок для підприємства с-г призначення в м. Конотоп»

Виконав (ла)

(підпис)

О. А. Голуб

(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-2м

(Науковий)
керівник

(підпис)

М. В. Нагорний

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Голуб Олександр Анатолійович

Тема роботи: Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок для підприємства с-г призначення в м. Конотоп

Затверджено наказом по університету № 3455/ос від "07" 10 2024р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "1" грудня 2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування _____

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, 1.1. Огляд літератури, даних та постановка проблеми, 1.2. Результати дослідження властивостей бетону,

Анотація

Голуб Олександр Анатолійович «Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок для підприємства с-г призначення в м. Конотоп» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Актуальність дослідження полягає в необхідності підвищення міцності та довговічності бетонних конструкцій для сільськогосподарських підприємств, зокрема для тваринницьких приміщень, де агресивні умови, такі як висока вологість, дезінфікуючі засоби та відходи, значно прискорюють деградацію бетону. Для вирішення цієї проблеми важливим є використання мікродобавок, зокрема жовтого залізооксидного пігменту, рідкого скла, мідного купоросу та янтарної кислоти, які здатні покращити фізико-механічні властивості бетону, зменшити його проникність і підвищити термічну стабільність.

Основною метою дослідження є оцінка ефективності мікродобавок у покращенні експлуатаційних характеристик бетону в агресивних умовах сільського господарства. Це включає зниження проникності бетону, підвищення його термічної стабільності та надання антимікробних властивостей, що сприяє зменшенню впливу мікробної активності та корозії бетону. Дослідження також включає вивчення антимікробного потенціалу добавок і їх впливу на основні види мікроорганізмів, що спричиняють

руйнування бетону.

Інноваційний підхід до дослідження термічної стабільності бетону, з використанням температурно-програмованої десорбційної мас-спектрометрії, дозволяє точніше оцінити стійкість матеріалу до термічної напруги. Окрім цього, експериментальні дослідження фокусуються на вимірюванні таких параметрів, як проникність хлоридів, водопоглинання та зміни в структурі пор бетону, що дає змогу запропонувати практичні рішення для поліпшення якості та довговічності бетону в сільськогосподарських умовах.

Ключові слова: мікродобавки, бетон, промисловість.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Нагорний М.В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ БЕТОНУ ЗА РАХУНОК МІКРОДОБАВОК/ О.А Голуб. // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.40

2. Голуб О.А“Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок для підприємства с/г призначення в м. Конотоп: техніко-економічний аспект/ Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.38

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 45 сторінках, у тому числі 4 таблиці, 11 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 17 використаних джерел. Графічна частина складається з 18 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Holub Oleksandr Anatoliyovych “Research on the method of improving the operational qualities of concrete by microadditives for an agricultural enterprise in the city of Konotop” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The goal, objectives, object and subject of the study, methods of scientific research are formulated.

The relevance of the study lies in the need to increase the strength and durability of concrete structures for agricultural enterprises, in particular for livestock premises, where aggressive conditions, such as high humidity, disinfectants and waste, significantly accelerate the degradation of concrete. To solve this problem, it is important to use microadditives, in particular yellow iron oxide pigment, liquid glass, copper sulfate and succinic acid, which are able to improve the physical and mechanical properties of concrete, reduce its permeability and increase thermal stability.

The main objective of the study is to assess the effectiveness of microadditives in improving the performance characteristics of concrete in aggressive agricultural conditions. This includes reducing the permeability of concrete, increasing its thermal stability and providing antimicrobial properties, which helps to reduce the impact of microbial activity and corrosion of concrete. The study also includes studying the antimicrobial potential of additives and their impact on the main types of microorganisms that cause concrete destruction.

An innovative approach to studying the thermal stability of concrete, using temperature-programmed desorption mass spectrometry, allows for a more accurate assessment of the material's resistance to thermal stress. In addition, experimental studies focus on measuring parameters such as chloride permeability,

water absorption and changes in the pore structure of concrete, which makes it possible to offer practical solutions for improving the quality and durability of concrete in agricultural conditions.

Keywords: microadditives, concrete, industry.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Nagorny M.V. TECHNICAL AND ECONOMIC RESEARCH OF THE METHOD OF IMPROVING THE PERFORMANCE QUALITIES OF CONCRETE AT THE EXPENSE OF MICROADDITIONALS/ O.A. Golub. // Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KHNADU, Kharkiv, P.40

2. Golub O.A. “Research on the method of improving the performance qualities of concrete at the expense of microadditives for agricultural enterprises in the city of Konotop: technical and economic aspect/ Materials of the 86th International Scientific Conference of Students, April 8-12, 2024, KhNADU, Kharkiv, P.38

The appendices contain the conference abstracts, an album of multimedia presentation slides.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 45 pages, including 4 tables, 11 figures. The text of the work contains a general description of the work, 2 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 17 sources used. The graphic part consists of 18 multimedia presentation slides.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
1.1. Огляд літератури, даних та постановка проблеми.....	11
1.2. Результати дослідження властивостей бетону.....	25
Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	38
2.1. Ситуаційний план.....	38
2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....	38
2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....	39
Список використаних джерел.....	44

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Актуальність дослідження щодо покращення характеристик бетону за допомогою мікродобавок для сільськогосподарського підприємства в Конотопі глибоко вкорінена в критичній потребі підвищити міцність і довговічність бетонних конструкцій, особливо в контексті тваринницьких приміщень. Ці середовища характеризуються суворими умовами, які значно прискорюють деградацію бетону, що призводить до структурних пошкоджень, які ставлять під загрозу як безпеку, так і економічну ефективність. Такі фактори, як високий рівень вологості, вплив агресивних дезінфікуючих засобів і постійна присутність відходів тваринного походження є особливо згубними, тому пошук більш міцних будівельних матеріалів є обов'язковим. У цьому контексті використання мінеральних добавок стало багатообіцяючим рішенням із зростаючою тенденцією в будівельній галузі, що підкреслює їхній потенціал для покращення як якісних, так і економічних аспектів бетону.

Мета і завдання дослідження: Основною метою цього дослідження є дослідження та підтвердження ефективності конкретних мікродобавок, а саме жовтого залізооксидного пігменту, рідкого скла, мідного купоросу та янтарної кислоти, у покращенні фізико-механічних властивостей бетону, який використовується в сільському господарстві. Це дослідження має на меті продемонструвати, як ці добавки можуть значно зменшити проникність бетону, покращити його термічну стабільність і надати антимікробні властивості, зрештою сприяючи подовженню терміну служби конструкцій, які піддаються впливу корозійних середовищ.

Об'єкт дослідження: Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок.

Предмет дослідження: Підприємство сільсько-господарського призначення в місті Конотоп.

Методи дослідження: Дослідження заглиблюється в основні причини деградації бетону в тваринницьких приміщеннях, визначаючи критичні фактори, такі як надмірна вологість, використання кислотних або лужних агресивних дезінфікуючих засобів, а також мікробна активність, яка сприяє корозії та руйнуванню бетонних конструкцій. Розуміючи ці фактори, дослідження має на меті оцінити вплив вибраних мікродобавок на фізичні властивості бетону. Експериментальні дослідження зосереджені на вимірюванні ключових параметрів, таких як глибина проникнення хлоридів, швидкість водопоглинання та зміни в структурі пор бетону, обробленого цими добавками.

Окрім покращення фізичних властивостей, дослідження також вивчає антимікробний потенціал цих добавок. Мікробіологічний аналіз відіграє вирішальну роль у цьому аспекті, оскільки він ідентифікує та кількісно визначає присутність шкідливих мікроорганізмів, таких як *Penicillium*, *Fusarium*, *Escherichia coli* та *Pseudomonas aeruginosa*, які, як відомо, спричиняють корозію бетону у тваринницьких середовищах. Ефективність запропонованих добавок щодо пригнічення росту цих мікроорганізмів ретельно перевірена, що дає цінну інформацію про їх потенційне застосування в сільськогосподарському будівництві.

Поєднуючи ці методи дослідження, дослідження має на меті забезпечити повне розуміння того, як мікродобавки можуть підвищити довговічність і ефективність бетону в сільськогосподарських умовах. Очікується, що отримані результати запропонують практичні рішення, які можна буде легко застосувати в будівельній галузі, вирішуючи нагальну потребу в більш стійких і довговічних будівельних матеріалах у середовищах, де традиційний бетон може вийти з ладу.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Дослідження представляє інноваційний підхід до оцінки термічної стабільності бетону за допомогою температурно-програмованої десорбційної мас-спектрометрії. Цей метод дозволяє проводити точний аналіз виділення монооксиду вуглецю

і вуглекислого газу з карбонатвмісних речовин у зразках бетону при різних температурах, пропонуючи новий погляд на стійкість матеріалу до термічної напруги.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Нагорний М.В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ БЕТОНУ ЗА РАХУНОК МІКРОДОБАВОК/ О.А Голуб. // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.40

2. Голуб О.А“Дослідження методу поліпшення експлуатаційних якостей бетону за рахунок мікродобавок для підприємства с/г призначення в м. Конотоп: техніко-економічний аспект/ Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.38

1.1. Огляд літературних даних та постановка проблеми

Бетон, що походить від французького слова *béton* і латинського *bitumen*, що означає гірський смок, є штучним композитним матеріалом, схожим на камінь. Виготовляється шляхом комбінування в'язучих, наповнювачів, води та, при необхідності, різноманітних спеціалізованих добавок. До застигання цю суміш називають свіжим бетоном. Як один з найважливіших матеріалів у будівництві, бетон широко використовується для виготовлення збірних залізобетонних і інших бетонних конструкцій, а також для зведення монолітних бетонних і залізобетонних форм.

Тип і розміри бетонних конструкцій визначаються на етапі планування проекту з урахуванням специфічних вимог до різних будівельних елементів. Використовуються різні типи і марки бетону в залежності від конструктивного елемента, про який йдеться, наприклад, фундаменту, несучих стін, внутрішніх перегородок і перекриттів.

Застосування бетону в сучасному будівництві постійно розширюється завдяки розробці високоякісного бетону з індивідуальними фізико-технічними властивостями. До цих властивостей відносяться знижена усадка, підвищена оброблюваність, підвищена морозостійкість, довговічність,

тріщиностійкість, теплопровідність, термостійкість і захист від радіоактивного опромінення. Такі досягнення в технології бетону пропонують значний потенціал для його використання як у традиційних, так і в інноваційних будівельних проектах.

Хоча бетон часто сприймається як відносно сучасний матеріал, його походження сягає тисячоліть, з найдавнішим відомим використанням у стародавньому Шумері в четвертому тисячолітті до нашої ери. Використання бетону в будівництві стало особливо помітним у Стародавньому Римі, де доступність необхідної сировини, такої як пуцолан і лавовий щебінь, сприяла його широкому застосуванню. Знакові римські споруди, такі як Колізей і розгалужена мережа римських доріг, були побудовані з бетону. Чудове збереження цих споруд, у тому числі 45-метрового бетонного куполу Пантеону, який залишається неушкодженим після майже двох тисячоліть, підкреслює тривалу міцність і актуальність бетону як будівельного матеріалу.

У Стародавній Греції суха кам'яна кладка була переважною будівельною технікою, яка покладалася на вагу великих кам'яних блоків для структурної стабільності. Однак цей метод виявився непридатним для цегли та меншого каміння, що спонукало до розробки сполучних матеріалів, таких як глина, гіпс, бітум і вапно. Ці в'язучі речовини відіграли важливу роль в еволюції будівельних практик, що зрештою призвело до винаходу римського бетону в 3 столітті до нашої ери. Невідомий римський новатор виявив, що суміш вапна, піску та дрібних каменів може сформувати міцний штучний камінь після затвердіння, пропонуючи значні переваги перед природним каменем. На відміну від природного каменю, який вимагав інтенсивного видобутку, формування та транспортування, бетон можна було відлити в бажані форми та розміри, утворюючи міцну монолітну структуру.

Додавання домішок, зокрема вулканічного попелу, ще більше покращило характеристики бетону. Ці домішки підвищили стійкість матеріалу до води та вологи, тим самим збільшивши його довговічність.

Названий на честь міста поблизу Неаполя, де добували вулканічний попіл, цей покращений матеріал став відомий як пуцолановий бетон. Масштаб будівельних проектів у цей період не зменшив попит на камінь; скоріше, він змістив акцент на якість використаних матеріалів. Каміні, які раніше вважалися непридатними, були перероблені за новими технологіями, і зростала потреба дробити й обробляти гірські породи для виробництва бетону, часто покладаючись на працю поневолених людей. Цей зсув вплинув на методи руйнування вапняку та інших порід, спрощуючи розробку будівельних матеріалів.

Бетон класифікується в основному за типом використовуваного в'язучого матеріалу. Основні категорії включають цементобетон, який є найбільш широко використовуваним; асфальтобетон, поширений у будівництві доріг; та інші види, такі як вапняний, гіпсовий і глиняний бетони. Кожен тип вибирається на основі конкретних вимог будівельного проекту, що підкреслює універсальність і адаптивність бетону в широкому діапазоні застосувань.

Важкий або нормальний бетон з об'ємною щільністю понад 1700 кг/м^3 виробляється з використанням наповнювачів, таких як щебінь або гравій, отриманий із щільних порід. Цей тип бетону в основному використовується в залізобетонних конструкціях, де критичними вимогами є висока міцність на стиск і щільність. Особливо важкий бетон із щільністю понад 2800 кг/м^3 містить наповнювачі, такі як бітум, іноземні руди або метали. Цей варіант спеціально розроблений для захисту від радіації, наприклад, на атомних електростанціях і в дослідницьких лабораторіях, де захист від гамма-випромінювання є найважливішим.

З іншого боку, легкий бетон з об'ємною вагою менше 1700 кг/м^3 використовує легкі заповнювачі, такі як пемза або керамзит. Цей вид бетону цінується за високі теплоізоляційні властивості і широко використовується при будівництві огорожувальних конструкцій і шарів теплоізоляції. Особливо легкі бетони, такі як газобетон (включаючи пінобетон і

автоклавний газобетон), мають ще меншу об'ємну вагу від 700 до 500 кг/м³ або менше. Ці матеріали вибираються через їхні виняткові тепло- та звукоізоляційні властивості, що робить їх придатними для різноманітних будівельних застосувань, де вага та ізоляція є критичними міркуваннями.

З точки зору армуючих матеріалів, бетон класифікується в залежності від типу використовуваної арматури. Найбільш поширеним є залізобетон зі статичним армуванням, який часто називають ізобетоном. Це включає в себе звичайний бетон із вбудованою сталеву арматурою, попередньо напруженою або ненапруженою, яка надає матеріалу міцність на розрив. Інші варіанти включають деревобетон, бетон, армований композитами зі скловолокна, очеретяний бетон і бетон, армований синтетичним волокном. Крім того, бетон може бути армований дисперсними волокнами, що забезпечує підвищену тріщиностійкість і загальну в'язкість.

Консистенція бетонної суміші відіграє вирішальну роль у визначенні її застосування. Жорсткі бетонні суміші, що характеризуються низькою легкоукладальністю, використовуються в масивних монолітних конструкціях, де потрібна висока стійкість і несуча здатність. Навпаки, пластичні бетонні суміші, які є більш придатними для роботи, є кращими для тонкостінних конструкцій, які сильно армовані, що дозволяє легше розміщувати та ущільнювати навколо щільних арматурних стрижнів.

Бетон також класифікується за його специфічними властивостями. Водостійкий бетон, наприклад, створений для опору проникненню води під тиском, що робить його ідеальним для використання в гідротехнічному будівництві, підземному будівництві та транспортній інфраструктурі. Морозостійкий бетон розроблений таким чином, щоб витримувати повторювані цикли замерзання-відтавання, що особливо важливо в кліматичних умовах із суворими зимовими умовами. Вогнетривкий бетон створений для стійкості до високих температур, що робить його придатним для використання в середовищах, які піддаються інтенсивному нагріванню, наприклад, у печах і димоходах.

Спосіб бетонування також впливає на кінцеві характеристики матеріалу. Торкрет-бетон, наприклад, передбачає пневматичне проектування бетонної суміші на поверхню за допомогою спеціалізованого пістолета-розпилювача, який часто використовується для облицювання тунелів, стабілізації схилів і складного структурного ремонту.

Заповнювачі, які складають до 80% складу бетону отримують з місцевих матеріалів. Ці заповнювачі класифікуються на основі розміру частинок на дрібні заповнювачі, такі як природний або штучний пісок із розміром зерна в діапазоні від 0,1 до 4 мм, і грубі заповнювачі, такі як щебінь або гравій, з розміром зерна в діапазоні від 6 до 75 мм, або навіть до 100 мм для масивних конструкцій. Окрім щільних кам'яних заповнювачів, для зменшення загальної щільності бетону також використовуються легкі заповнювачі, такі як пемза, туф, і штучні пористі матеріали, такі як керамзит або спечена зола-винесення.

В'язучий, або цементуючий агент, складається із суміші в'язучих матеріалів і води, причому деякі різновиди здатні тверднути без води, наприклад асфальтобетон. Звичайні сполучні матеріали включають цемент, вапно, гіпс, рідке скло, бітум і смоли. Бетонна суміш може складатися як з дрібних, так і з крупних заповнювачів, тільки з дрібних заповнювачів (наприклад, пісок), тільки з крупних заповнювачів або, в деяких випадках, зовсім без заповнювачів.

Найважливішою властивістю бетону є його міцність на стиск, на яку впливають кілька факторів, включаючи якість в'язучого, водоцементне співвідношення (де більш високе співвідношення призводить до нижчої міцності), щільність заповнювачів і сам бетон. Бетон класифікують за класами міцності, які відповідають міцності на стиск стандартного 30-денного бетонного куба.

Бетон є складним матеріалом, продуктивність якого залежить від ряду властивостей, включаючи морозостійкість, водонепроникність, жаростійкість, кислотостійкість, міцність на вигин і стійкість до корозії. Для

отримання певної марки бетону ретельно розраховується склад, який виражається як співвідношення цементу, піску та щебеню (або гравію). Це співвідношення, де об'єм цементу береться за одиницю відносно піску і щебеню, є основою для конструкції суміші. Точне дозування всіх матеріалів має вирішальне значення для забезпечення однорідності та якості бетонної суміші.

Для підвищення експлуатаційних характеристик бетону в суміш вводять різні хімічні добавки. Ці добавки можуть включати прискорювачі, сповільнювачі або інші активні речовини, які змінюють час схоплення, покращують працездатність або покращують специфічні властивості, такі як довговічність або стійкість до факторів навколишнього середовища. Наприклад, щоб отримати водонепроникні поверхні, бетон можна обробити розчинами силікофторидів цинку або кальцію, які шляхом гідролізу блокують поверхневі капіляри, тим самим запобігаючи проникненню води.

Процес затвердіння бетону, коли він набуває запланованої міцності, дуже чутливий до умов навколишнього середовища. Необхідно підтримувати оптимальний температурно-вологісний режим; це включає захист бетону від прямих сонячних променів, підтримку його вологості шляхом регулярного поливу та запобігання його замерзанню при мінусовій температурі. Виробництво бетону здійснюється на спеціалізованих механізованих заводах, які забезпечують точний контроль складу та якості суміші.

Для оцінки цілісності бетонних конструкцій широко використовуються методи неруйнівного контролю. Сучасна система переважно використовує поздовжні акустичні хвилі через відносну легкість вимірювання швидкості або часу поширення хвилі через бетонну масу. Однак цей метод обмежений його нездатністю отримувати додаткову інформацію, вбудовану в акустичний сигнал, що обмежує його застосування переважно для оцінки міцності бетону. Щоб подолати ці обмеження, було розроблено багатохвильовий ультразвуковий контроль, який передбачає одночасне використання різних типів хвиль. Такий підхід підвищує метрологічну

точність ультразвукового контролю та дозволяє більш повно оцінювати фізико-механічні властивості бетону як у лабораторних, так і в польових умовах.

Мікроструктура бетону, зокрема цементної матриці, складається з твердої фази, вкрапленої мережею пор, заповнених рідиною та газом. Загальні властивості бетону нерозривно пов'язані з фізико-хімічними характеристиками як твердої фази, так і структури пор. Цілісність твердої фази має вирішальне значення, тоді як простір пор повинен підтримувати стабільний рН, вміст вологи та температуру. Цілісне розуміння капілярно-пористої структури бетону має важливе значення для утворення як його твердої фази, так і порового простору, які разом визначають механічні та деформаційні властивості матеріалу.

На практиці, особливо в будівельних конструкціях, внутрішні поверхні як житлових, так і сільськогосподарських споруд часто споруджуються з бетону або цементного розчину. Було помічено, що бетон демонструє бактерицидні властивості на початковому етапі експлуатації, головним чином завдяки лужній природі порової рідини в цементній матриці. Ця лужність виникає через наявність вологи та розчиненого гідроксиду кальцію, який є побічним продуктом гідратації клінкерних матеріалів. Однак з часом, протягом року, зовнішній шар бетону втрачає свої бактерицидні властивості. Ця втрата пояснюється процесом карбонізації, коли гідроксид кальцію реагує з вуглекислим газом з повітря з утворенням карбонату кальцію, нейтралізуючи таким чином лужне середовище. Цей процес підкреслює агресивні умови навколишнього середовища, які зустрічаються в тваринницьких приміщеннях.

У таких середовищах аміак і сірководень, які є побічними продуктами відходів тваринництва, становлять серйозну загрозу для бетонних конструкцій. Аміак негативно впливає на різні будівельні елементи, включаючи підлоги, стіни та каналізаційні системи, тоді як сірководень прискорює корозію як бетону, так і його вбудованої арматури. З часом це

призводить до утворення сульфідів заліза, особливо в місцях, де бетонне покриття недостатньо товсте.

Високий рівень вологості, поширений у тваринницьких приміщеннях, у поєднанні з частим використанням дезінфікуючих засобів може змінити рН бетону, ще більше погіршуючи його довговічність. Крім того, органічні кислоти, такі як молочна кислота, виділяються з кислого молока та силосу, сприяючи кислому середовищу. У процесі бродіння силосу утворюються органічні кислоти, такі як молочна, масляна та оцтова кислоти, у концентраціях 1–1,5 %, що супроводжується підвищенням температури, яка в анаеробних умовах може досягати 35–55 °С. Корозійна дія молочної кислоти на бетон особливо сильна, коли рН падає нижче 4, що прискорює деградацію матеріалу. Таке поєднання хімічних і екологічних факторів підкреслює важливість проектування бетонних конструкцій з підвищеною стійкістю до агресивних умов, особливо в сільськогосподарських умовах.

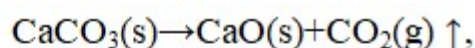
У тваринницьких приміщеннях відносна вологість часто досягає рівня 88%, що значно перевищує оптимальний діапазон для збереження цілісності будівельних матеріалів. Висока вологість призводить до конденсації водяної пари на поверхнях структурних компонентів, що дозволяє волозі проникати в пори цих матеріалів. З часом це призводить до прогресуючого зневоднення та розтріскування конструкцій, що погіршує їх довговічність та стабільність.

Взаємодія між аміаком, звичайним побічним продуктом відходів тваринництва, та водою призводить до утворення гідроксиду амонію, який створює основне середовище. Ця основність може посилити деградацію будівельних матеріалів, особливо в поєднанні з іншими хімічними процесами.

Карбонат кальцію, всюдисуща сполука, що зустрічається в земній корі, утворює основу таких порід, як вапняк і крейда, і є основним компонентом багатьох будівельних матеріалів. Хімічні та структурні характеристики карбонатів дуже різноманітні, що створює проблеми для їх аналізу та характеристики. Складність цих матеріалів особливо очевидна у виборі та

виділенні окремих хімічних компонентів, таких як вилучення вуглекислого газу. Цей газ необхідний для радіовуглецевого датування, процесу, який вимірює вміст ізотопу вуглецю ^{14}C за допомогою прискорювальної мас-спектрометрії.

Незважаючи на широке дослідження кінетики розкладання за високих температур, яке добре вивчено та задокументовано, аналіз його хімічної поведінки в різноманітних середовищах залишається складним. Розкладання карбонату кальцію, викликане тепловими процесами, є критичною реакцією зі значними наслідками як для геологічних, так і для будівельних матеріалів. Детальне розуміння цих реакцій має вирішальне значення для покращення довговічності та ефективності матеріалів, які піддаються впливу суворих умов навколишнього середовища, наприклад тих, що знаходяться в тваринницьких приміщеннях.



де s – твердофазний стан речовини,

g – газофазний стан речовини

Дослідження було зосереджено на вивченні впливу різних експериментальних факторів на реакцію розкладання карбонату кальцію, зокрема в умовах, пов'язаних з радіовуглецевим датуванням за допомогою прискорювальної мас-спектрометрії. Ключові досліджувані фактори включали швидкість нагрівання, розмір частинок, склад газу та наявність органічних і неорганічних домішок у карбонатах. Перебіг реакції спостерігали як в ізотермічних, так і в неізотермічних умовах. Однак слід зазначити, що більшість попередніх досліджень обмежувалися кінетикою розкладання хімічно чистого синтетичного. Це залишає прогалину в розумінні, необхідному для прикладних досліджень, особливо коли мова йде про реальні зразки складних хімічних і морфологічних структур.

Корозія бетону – це явище, яке часто посилюється через використання цементу низької якості або недостатнього вмісту цементу, поширена

проблема на сільськогосподарських підприємствах, де витрати на будівництво часто мінімізовані. Сполуки хлору, зокрема, прискорюють вимивання кальцію з бетону. Хлориди магнію та алюмінію реагують з гідроксидом кальцію, підвищуючи сприйнятливість бетону до корозії. Хлорид кальцію особливо руйнівний, якщо бетон не ущільнений і не витриманий належним чином.

Дослідження показали, що коли зразки бетону піддаються впливу середовища, багатого мікроорганізмами, відбувається значне погіршення, що призводить до широкомасштабної втрати міцності на великих площах поверхні. Крім бактеріальної діяльності, бетон також дуже сприйнятливий до пошкодження мікроскопічними грибами. Для підвищення тривалих бактерицидних властивостей бетону необхідно введення відповідних добавок.

Незважаючи на тривалі дослідження, досі не розроблено жодної ефективної добавки, яка покращує як експлуатаційні, так і антимікробні властивості бетону, а також протистоїть жорстким лугам і кислотам, які зустрічаються в тваринницьких приміщеннях. Крім того, екологічна безпека цих будівельних матеріалів залишається критично важливою мірою, оскільки вони не повинні виділяти токсичні речовини, шкідливі для тварин і людей.

Одним з потенційних рішень є введення спеціальних добавок до бетону, який використовується для підлоги тваринницьких приміщень. Ці добавки будуть служити для захисту бетону від біологічного розкладання, одночасно захищаючи тварин від патогенних мікроорганізмів.

Корозія арматури всередині бетону стає серйозною проблемою, коли товщина карбонізованого бетонного шару відповідає товщині захисного шару. У цей момент арматура вразлива до корозії, при цьому розширення продуктів корозії призводить до утворення тріщин уздовж арматурних стрижнів. Ці тріщини сприяють проникненню газів у бетон, що ще більше прискорює структурну деградацію. Руйнування бетонних конструкцій

внаслідок газової корозії може бути наслідком як руйнування арматури, так і руйнування самої бетонної матриці.

Критичний аналіз факторів, що впливають на надійність і довговічність бетону, підкреслює важливість його цементного компонента. Це підтверджується даними, що підкреслюють роль цементу в адаптивній еволюції бетону. Сучасні уявлення про структуру цементного каменю дозволяють класифікувати його на основі таких ключових характеристик, як дисперсія твердої фази, розмір пор, а також енергія та форми зв'язування води. У виробництві бетону першорядне значення для забезпечення бажаних властивостей матеріалу має вивчення твердої фази, що утворюється при гідратації і твердінні цементу. Утворення та розвиток цементного каменю значно впливає на довгострокову надійність і довговічність бетону в різних умовах навколишнього середовища.

Щоб вирішити ці проблеми, дослідження пропонує введення спеціальної композиції добавок до бетону для підлог тваринницьких приміщень. Цей склад включає в якості основних компонентів жовтий залізоокисний пігмент, рідке скло, мідний купорос і перуксусную кислоту. Ці добавки призначені для посилення стійкості матеріалу до біологічного розкладання, продовження його довговічності та покращення його загальних характеристик у суворих умовах.

Домішки відносяться до компонентів, які вводяться в бетонну суміш безпосередньо перед або під час процесу змішування для зміни її властивостей. Серед них було показано, що оксиди заліза, які входять до складу фарбувальних сумішей, покращують специфічні механічні властивості бетону. Недавні дослідження показали, що включення наночастинок значно зміцнює як свіжий, так і затверділий стан бетону, особливо з точки зору міцності на стиск. У будівництві широко використовується рідке скло, яке наноситься на конструкції для підвищення їх теплоізоляційних і міцних характеристик. При додаванні в бетон рідке скло істотно покращує ці властивості.

Надоцтова кислота синтезується в результаті реакції між концентрованим перекисом водню та крижаною оцтовою кислотою. Ця сполука відома своїми потужними антимікробними властивостями, оскільки вона порушує клітинні мембрани бактерій і ферментні системи, що призводить до загибелі клітин у вищих концентраціях. Антимікробний спектр пероцтової кислоти широкий, ефективні концентрації коливаються від 0,01% до 0,1%, залежно від часу впливу, який може варіюватися від 25 секунд до 25 хвилин. Ця ефективність поширюється на повне знищення грибків та їх спор. Однак, через корозійну природу надоцтової кислоти, у дослідженні розглядалося використання нижчих концентрацій у поєднанні з мідним купоросом для пом'якшення потенційної шкоди.

Було виявлено, що хвости міді, побічний продукт видобутку міді, мають незначний негативний вплив на час схоплювання та пористість бетонних сумішей. Однак, якщо додавати їх у відповідних кількостях, ці відходи можуть підвищити механічну міцність, стійкість до стирання та стійкість до проникнення хлоридів бетону. Примітно, що при рівні додавання 6% хвости міді є життєздатним варіантом як екологічно чиста домішка, яка позитивно впливає на характеристики матеріалу.

Розробка біоцидної добавки для бетону базувалася на сучасних стратегіях дезінфекції, зокрема на синергічній комбінації різних активних речовин для посилення корисних властивостей, таких як біоцидна активність, одночасно пригнічуючи небажані ефекти, такі як корозійна дія. Запропонована добавка, до складу якої входять жовтий залізоокисний пігмент, рідке скло, пероцтова кислота та мідний купорос, визнана ефективним засобом підвищення механічної міцності бетону, а також його стійкості до корозії та біологічного розкладання.

Підвищення експлуатаційних властивостей бетонних підлог, зокрема їх захисту від біопсії та стійкості до агресивних середовищ і біологічної корозії, досягнуто введенням до складу бетонної суміші жовтого залізоокисного пігменту, рідкого скла, мідного купоросу, пероцтової кислоти. Ця біоцидна

добавка включала певні пропорції цих компонентів: жовтий залізоокисний пігмент становив 2 мас. %, рідке скло 4 %, мідний купорос 1 %, надоцтова кислота 0,4 %. Воду додавали для доведення загального складу до 100%.

Щоб оцінити, як активність бактерій може вплинути на корозійну стійкість цього бетону в органічних середовищах, було підготовлено п'ять поживних середовищ, кожна з яких призначена для підтримки різних типів бактерій. Перше середовище було адаптовано для амоніфікації бактерій. Ці бактерії метаболізували середовище з утворенням вуглекислого газу, води, аміаку та солей сірчаної та фосфорної кислот.

Друге середовище підтримувало іншу групу амоніфікуючих бактерій. Це середовище також використовувало дистильовану воду і містило сечовину, цитрат калію з рН 8. Ці бактерії розщеплювали сечовину на карбонат амонію, який далі розщеплювався на аміак, вуглекислий газ і воду.

Третє середовище призначене для нітритних бактерій. Він містив сульфат амонію у дистильованій воді з рН 7,5. Ці бактерії окислювали солі амонію в нітрити, позначаючи першу фазу процесу нітрифікації.

Четверте середовище підтримувало нітратні бактерії. Це середовище було складено з нітриту натрію, карбонату натрію у дистильованій воді з рН 7,7. Ці бактерії перетворювали нітрити в нітрати, завершуючи другу фазу нітрифікації.

Нарешті, бетонні зразки поміщали в контрольне середовище, що імітує умови тваринницького приміщення, використовуючи дистильовану стерильну воду з рН 7,0. Фізико-механічні властивості зразків бетону потім були оцінені за допомогою стандартизованих методів для оцінки їх довговічності та стійкості до різних бактеріальних впливів.

Оцінку проникнення іонів хлориду в бетонні зразки проводили за допомогою стандартизованого випробування зануренням. Бетонні кубики занурили в 4% розчин хлориду натрію, покриваючи всі поверхні, крім однієї, на 30 днів. Після цієї експозиції зразки піддавали процедурі розщеплення,

після чого їх обробляли 0,15% розчином нітрату срібла для візуалізації глибини проникнення хлориду.

Глибина проникнення хлоридів була кількісно визначена шляхом визначення областей у бетоні, де концентрація вільних хлоридів перевищувала 0,1% маси цементу. Ці вільні хлориди прореагували з розчином нітрату срібла з утворенням білого осаду хлориду срібла. І навпаки, якщо присутність вільних хлоридів була мінімальною або була відсутня, спостерігався коричневий осад оксиду срібла. Цей коричневий осад утворюється в результаті реакції між нітратом срібла та гідроксидами, присутніми в бетоні.

Для точного аналізу використовувався апарат термопрограмованої десорбційної мас-спектрометрії. Ця установка включає високотемпературну піч і газовий мас-спектрометр моделі МХ-7304А, що полегшує детальне вивчення термічної поведінки та складу бетонних зразків.

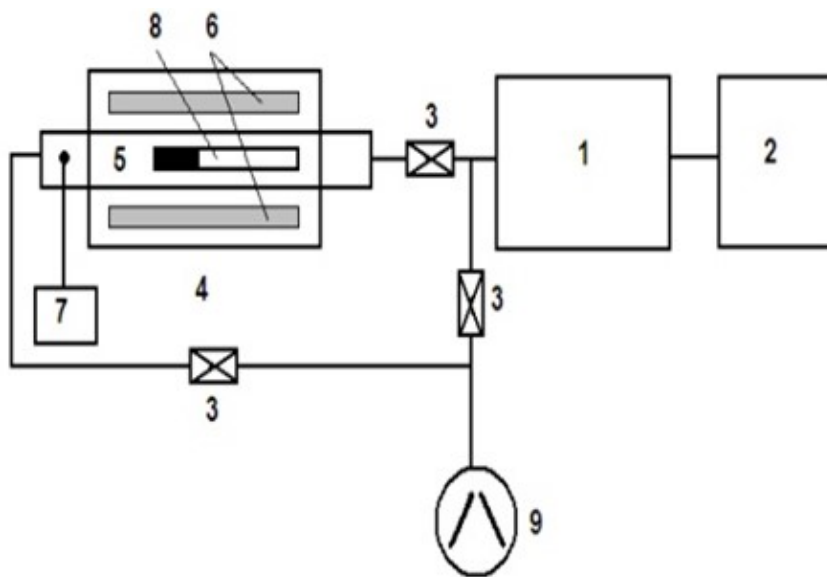


Рис. 1.1. Установка термопрограмованої мас-спектрометрії (ТПД-МС)

1 – мас-спектрометр; 2 – ПК; 3 – вакуумні крани; 4 – піч (1200 °С); 5 – вакуумована кварцова трубка; 6 – нагрівальні елементи; 7 – термопара; 8 – кварцова пробірка зі зразком; 9 – турбомолекулярний насос

Для експерименту використовували зразки масою приблизно 3–4 міліграми. Під час аналізу мас-спектри були ретельно досліджені, щоб

ідентифікувати піки, що відповідають конкретним іонам на основі їх молекулярних мас: 3 для водню, 17 для кисню, 19 для води, 29 для окису вуглецю і 45 для вуглецю діоксид.

Після 30-денного періоду твердіння зразки бетону поміщали в чашки Петрі, що містили агар Мюллера-Пептон, засіяний тестовими мікроорганізмами. Для приготування чашок у кожену чашку Петрі наливали 25 мілілітрів стерильного МФК і давали повністю застигнути. Згодом 1.2 мілілітр добової бульйонної культури, що містить приблизно 2.1 мільярди клітин, рівномірно розподіляли по поверхні агару. Через 45–65 хв надлишки культури видаляли, а бетонні проби вносили в чашки. Потім чашки Петрі інкубували в термостаті при 37,5 °C протягом 20–22 годин. Мікроорганізми, використані в тестуванні, були стандартними музейними штамами.

1.2. Результати дослідження властивостей бетону

Для дослідження корозійної стійкості готували зразки бетону з додаванням біоцидних добавок у концентраціях 0.5 %, 1 %, 1.5 % і 2.5 % за масою від вмісту цементу. Після стандартного періоду витримки зразки піддавали стерилізації в автоклаві, який працював при 120°C і 0,15 МПа для ефективної стерилізації.

Після стерилізації зразки поміщали в колби з поживними середовищами. Середовища були розділені на дві групи: в один набір засіяли специфічними бактеріями, що відповідають кожному типу живильного середовища, а інші середовища служили контролем, залишаючись неінфікованими. Для рН поживних середовищ контролювали та записували щомісяця, початкові значення рН коливалися між 4,6 і 5,2.

Таблиця 1.1. Значення показників рН середовища в різних поживних середовищах з мікроорганізмами і без них протягом 180 діб

№	Кількість добавки, % маси цементу	Імітація середовища тваринницьких приміщень		Середовище для амоніфікуючих бактерій (білок)		Середовище для нітрозних бактерій (нітрифікація 1-ї фази)		Середовище для нітратних бактерій (нітрифікація 2-ї фази)		Середовище для амоніфікуючих бактерій (сечовина)	
		З мікроорганізмами	Контроль	З мікроорганізмами	Контроль	З мікроорганізмами	Контроль	З мікроорганізмами	Контроль	З мікроорганізмами	Контроль
1	0	2,5	5,0	2,0	5,0	3,0	5,0	2,8	4,5	2,5	4,5
2	0,5	2,0	5,0	1,5	5,0	1,8	5,0	1,8	4,5	1,5	4,5
3	1	4,0	5,0	3,2	4,5	3,5	5,0	4,0	5,0	3,8	4,5
4	2	4,2	5,5	4,5	5,0	4,0	4,5	4,5	5,0	4,5	5,0

У середовищах, де проживають нітратвідновлюючі бактерії (беруть участь у другій фазі нітрифікації) і амоніфікуючі бактерії (мікроорганізми, що розкладають сечовину), спостерігалось значне зниження рівня рН. Зокрема, рН цих середовищ знижується на 15% відносно початкового рН. Навпаки, середовища з мікробною активністю зазнали більш суттєвого зниження рН, коливаючись від 55–65% порівняно з початковими значеннями рН, які були між 4.4 і 5.1.

Це зниження рН пояснюється метаболічною діяльністю бактерій, які утворюють кислотні побічні продукти, тим самим сприяючи кислому середовищу, яке прискорює корозію бетону. Детальні результати цих спостережень зображені на супровідному графіку.

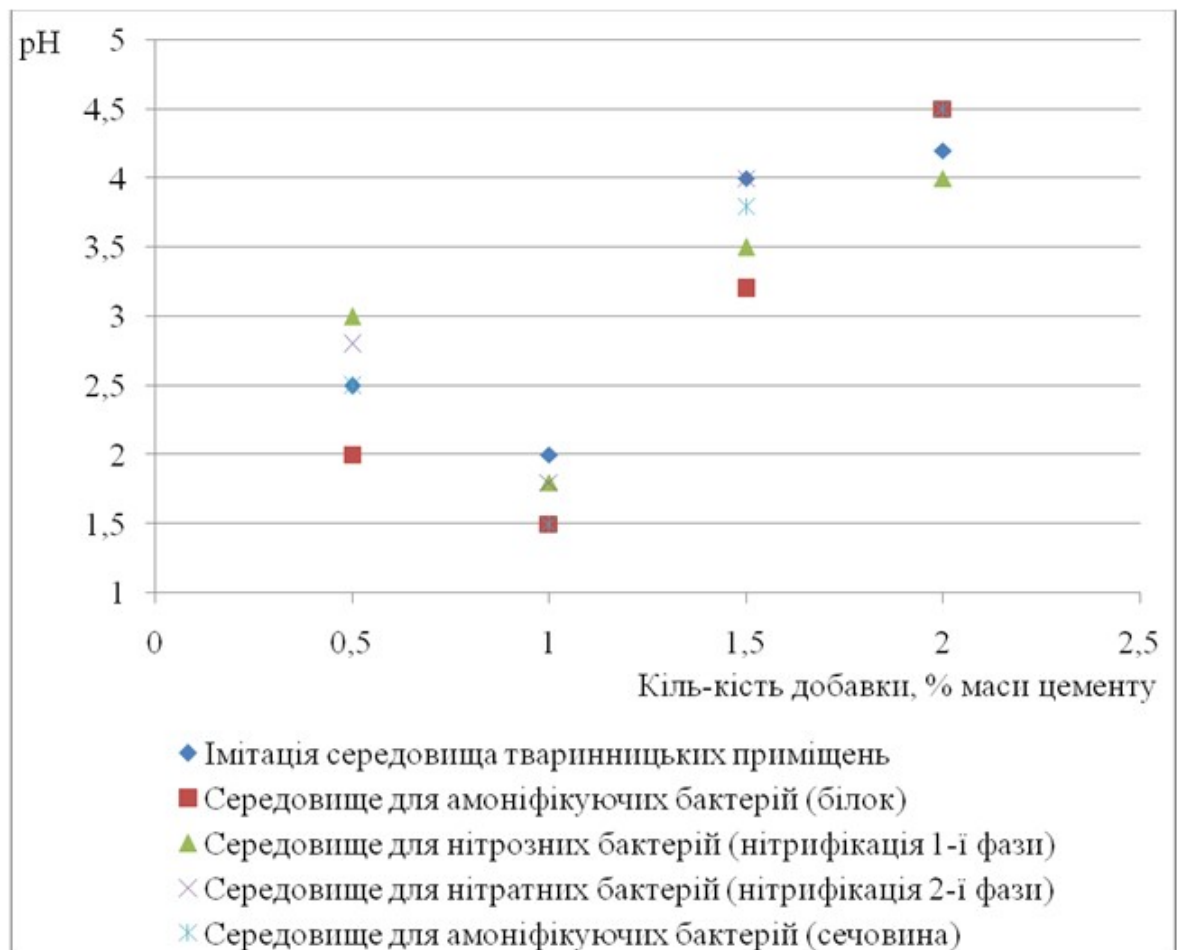


Рис. 1.2. Значення показників рН середовища в різних поживних середовищах з мікроорганізмами і без них протягом 180 діб

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що введення 1.5% і 2.5% біоцидних добавок в бетон суттєво не змінює рН в агресивних середовищах, що містять бактерії.

Згодом було проведено дослідження для оцінки впливу присутності мікробів на міцнісні властивості бетонних зразків. Ці зразки, які були піддані впливу обох середовищ з мікроорганізмами та без них, були проаналізовані через шість місяців.

Таблиця 1.2. Міцність на стискання зразків бетону після експозиції їх протягом 6 місяців у різних поживних середовищах (імітована, білок, нітрифікація 1-ї фази) з мікроорганізмами і без них, ($M \pm m$, $n=6$)

Зміна міцності зразків розміщених у різні середовища, (кг/см ²)						
Кількість добавки , % маси цементу	Середовище, яке імітує середовище тваринницьких приміщень		Середовище для амоніфікуючих бактерій (білок)		Середовище для нітрозних бактерій (нітрифікація 1-ї фази)	
	З мікроорг анізмами	Без мікроорг анізмів	З мікроорга нізмами	Без мікроорг анізмів	З мікроорга нізмами	Без мікроорг анізмів
Контроль	367	370	360	375	367	370
0,5	375	380	375	382	375	380
1	390	395	389	390	397	400
2	400	410	395	405	400	420

Дослідження показало, що контрольні зразки без добавок показали знижену міцність на стиск у різних середовищах порівняно з дослідними зразками, що містять комплексну біоцидну добавку. Зокрема, міцність на стиск дослідних зразків зростала зі збільшенням концентрації добавки незалежно від агресивних умов середовища. Це посилення було особливо вираженим у середовищах, населених амоніфікуючими бактеріями, які відомі своїми процесами амоніфікації білка.

Навпаки, середовища з амоніфікаторами на основі нітратів і сечовини не виявили жодного значного впливу присутності мікробів, що підтверджено даними про рН, наведеними в таблиці. Спостережене покращення міцності можна віднести до реакцій адсорбції за участю оксидів заліза в добавці. Ці реакції включають поверхневі функціональні групи іонів, які полегшують специфічну адсорбцію різних аніонів і, отже, зменшують електростатичну взаємодію між іонами. Механізм поверхневої адсорбції діє через групи Fe,

які можуть набувати негативного або позитивного заряду залежно від рН навколишніх іонів.

Введення біоцидних добавок у кількості 0,7% та 1.25% до маси цементу призводило до стабільного підвищення міцності зразків. Цей ефект був особливо помітний у середовищах, що імітують тваринницькі приміщення та середовища з азотистими бактеріями. Слід зазначити, що 2.3% концентрація біоцидної добавки дала найбільш суттєве покращення міцнісних властивостей зразків бетону порівняно зі стандартом. Дослідження також показало, що зразки з 2.1% біоцидною добавкою проявляли найбільш виражені бактерицидні властивості.

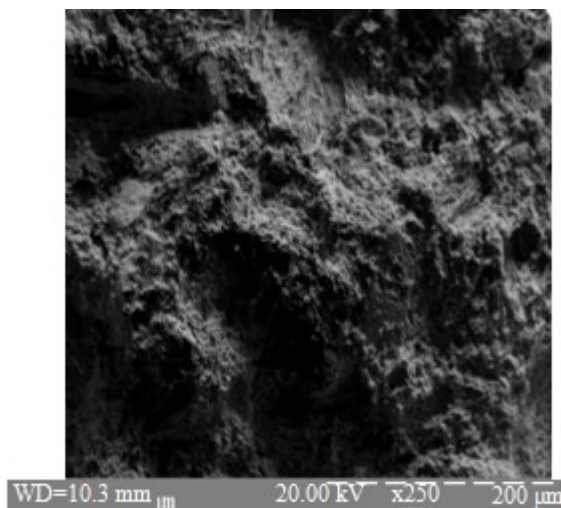


Рис. 1.3. Ущільнення структури бетону за рахунок добавки

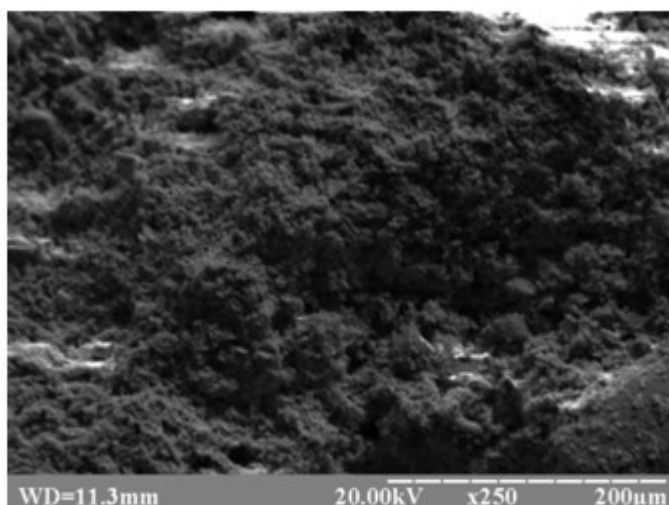


Рис. 1.4. Більш рихла структура бетону в контролі без добавок

Додавання до бетону біоцидної добавки в концентрації 0,55 % призводить до зниження міцності зразків у бактеріальних середовищах приблизно на 4.1–5.2 % порівняно з контрольними зразками. Навпаки, зразки бетону з концентрацією добавки 1.1% і 2.3% зберігають 99.05% початкової міцності при впливі агресивного середовища.

Глибину проникнення хлоридів у зразки бетону вимірювали після 30 денного періоду занурення в 5.5% розчин NaCl. Аналіз показав, що вміст хлоридів був значно вищим у контрольних зразках, які не містили добавок, порівняно з дослідними зразками. Зокрема, для бетонних сумішей без будь-яких добавок, глибина проникнення хлоридів становила 19,54 мм.

Навпаки, зразки бетону, що містять біоцидні добавки, продемонстрували знижене проникнення хлоридів. При концентраціях добавок від 0,51% до 2.5% глибина проникнення хлоридів зменшувалася з 8,95 мм до 3,25 мм відповідно. Це зменшення глибини проникнення пояснюється підвищеною водостійкістю бетону, досягнутою завдяки введенню оксиду заліза, сульфату міді, пероцтової кислоти та силікату натрію. Ці добавки сприяють зменшенню пористості шляхом зменшення кількості та розміру пор у бетонній матриці. Внаслідок цього внутрішня структура бетону стає менш проникною для хлоридів.

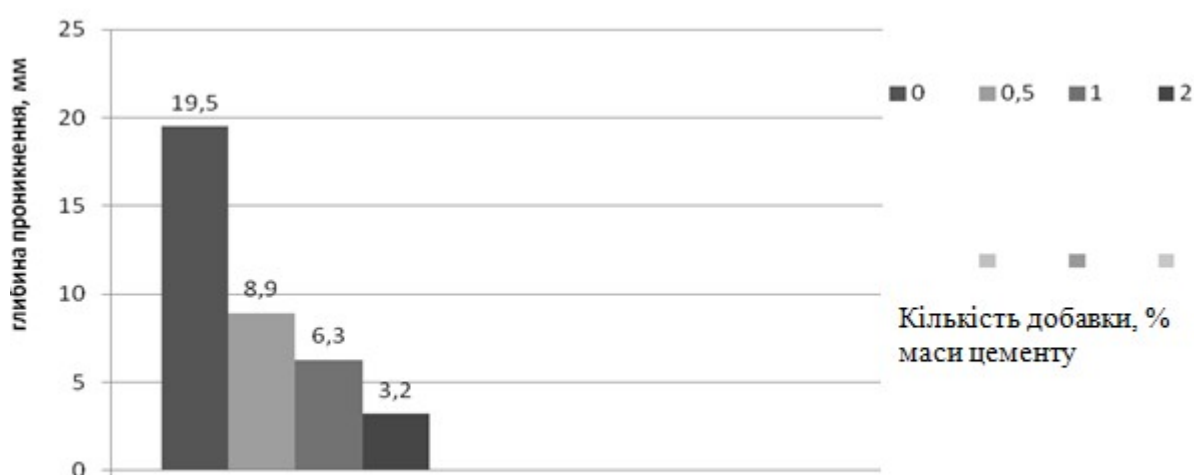


Рис. 1.5. Глибина проникнення хлоридів у зразки бетону

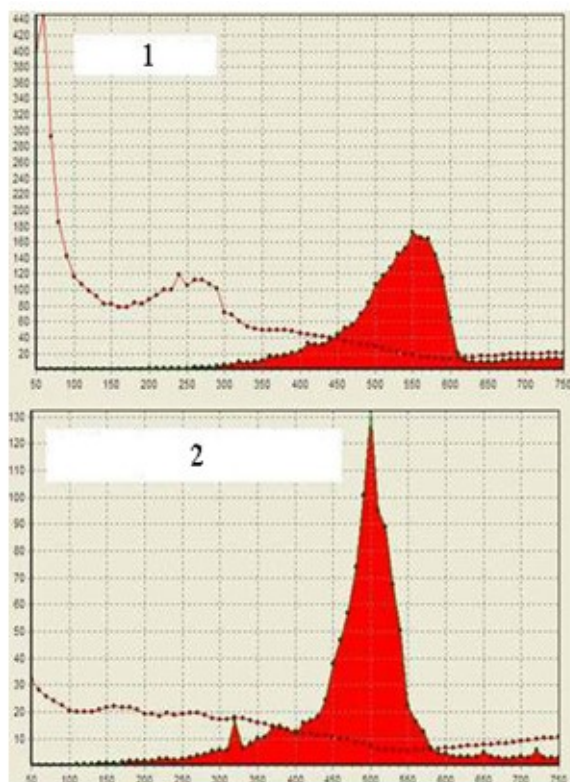


Рис. 1.6. Термограми іонів CO_2 , отриманих з бетонних зразків, модифікованих добавкою на основі жовтого залізоокисного пігменту та контрольнього зразка

Графік ілюструє залежні від температури профілі викидів оксиду вуглецю і вуглекислого газу із зразків бетону, що містять карбонат. Аналіз цих кривих показує виражений зсув у пікових температурах викидів цих газів, що корелює з наявністю різних домішок у зразках. Зокрема, зразки бетону, що містять оксид заліза, демонструють чіткий і інтенсивний пік викидів вуглекислого газу між 550 і 600 °С. На відміну від цього, контрольний зразок бетону без добавок починає виділяти газ при низьких температурах до 420 °С, що вказує на більш пористу структуру.

Експериментальні дані свідчать, що ефективний інтервал температур кількісного розкладання карбонату кальцію в бетонних зразках охоплює 420–550 °С. Термограми, отримані із зразків, показують значні зміни в ширині та інтенсивності виділення порівняно з контрольним зразком, який складається з хімічно чистого синтетичного в'язучого. Ці відмінності, ймовірно, пояснюються наявністю різних хімічних добавок у зразках бетону.

Застосування температурно-програмованої десорбційної мас-спектрометрії продемонструвало, що введення жовтого пігменту оксиду заліза в бетон підвищує його термостійкість.

Загалом дослідження підтверджує, що добавка для бетону не тільки покращує корозійну та біоцидну стійкість матеріалу, але й підвищує його структурну міцність. Оптимізований склад присадки включає водний розчин, що містить жовтий залізоокисний пігмент (1–2 мас.%), рідке скло (2.5–3 мас.%), надоцтову кислоту (0,25–0,35 мас.%) та мідний купорос (0,55– 1,25 мас.%). Для оцінки бактерицидної ефективності бетону зразки інкубували в поживних середовищах з різними мікроорганізмами.

Таблиця 1.3. Визначення бактерицидних властивостей біоцидної добавки до бетону

Кількість добавки, % маси	Експозиція			
	через 2 години	через 3 доби	через 30 діб	через 60 діб
Без добавок	+	+	+	+
0,5	–	–	–	+
1	–	–	–	–
2	–	–	–	–

Було продемонстровано, що бетон з добавками в концентраціях 1.5% і 2.5% зберігає свою бактерицидну ефективність.



Рис. 1.7. Зона затримки росту культури *Pseudomonas aeruginosa* навколо зразків бетону з добавкою

Дослідження показали, що мікроскопічні гриби активно розмножуються на бетонних поверхнях.

Таблиця 1.4. Визначення бактерицидних властивостей добавки до бетону для тваринницьких приміщень щодо мікроскопічних патогенних грибів ($M \pm m$, $n=3$)

№ п/п	Добавка до бетону	Кількість колоній грибів, (шт.)				
		Penicilli um	Aspergi llus	Cladosp orium	Fusariu m	Всього колоній
1	Контроль (без добавок)	65±0,12	29±0,53	150±0,4 2	44±0,2 8	288±0,1 2
2	Жовтий залізоокисний пігмент – 2 г; рідке скло – 3 мл; надоцтова кислота – 0,3 мл; сульфат міді – 0,2 г; водопровідна вода до 100 мл.	8±0,22**	–	–	–	8±0,22**

Результати експерименту підтвердили протигрибкову ефективність введеної біоцидної добавки в бетон. Зокрема, додавання біоциду призвело до 97% зменшення кількості грибкових колоній порівняно з контрольними зразками без добавок. Виявлені види грибків, які поширилися в пористій структурі бетону, мають потенціал для значної деградації матеріалу. Крім того, відомо, що їх спори токсичні як для тварин, так і для людей, що ще більше підкреслює важливість ефективних протигрибкових засобів для обробки будівельних матеріалів.



Рис. 1.8. Колонії грибів *Penicillium* та *Fusarium* на середовищі Чапека, виділені з бетону без біоцидних добавок

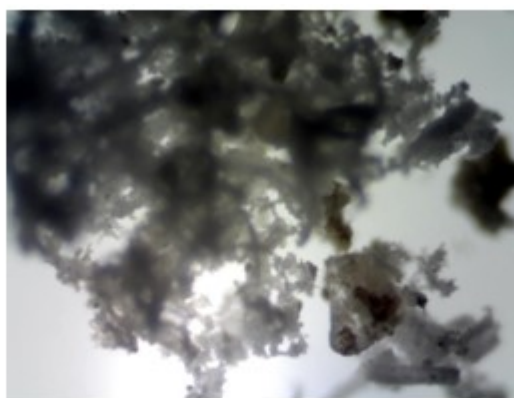


Рис. 1.9. Міцелій гриба в бетоні під мікроскопом (збільшення×400)

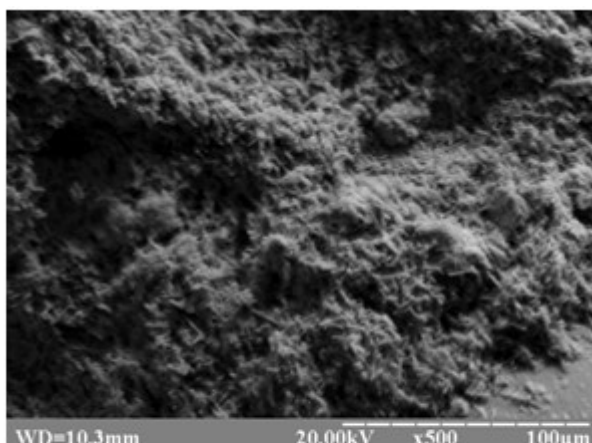


Рис. 1.10. Міцелії гриба в бетоні (скануючий електронний мікроскоп)

Введення в бетон добавок значно підвищує механічну міцність бетонної підлоги, покращує її експлуатаційні властивості, зменшує кількість мікрофлори як на поверхні, так і у внутрішній матриці матеріалу.

Проведені дослідження показали, що руйнування бетону та корозія є поширеними проблемами в умовах тваринництва. Щоб пом'якшити ці проблеми, життєздатним рішенням є додавання добавок, які підвищують стійкість бетону до корозії та продовжують його бактерицидну ефективність. Це досягається шляхом нейтралізації поверхневого шару бетону, що значно розширює його антимікробну дію.

Експериментальні результати показують, що введення бактерицидних добавок у бетон не тільки захищає тварин від повторного зараження патогенами, але й збільшує довговічність конструкцій, запобігаючи біологічній корозії. Додавання цих добавок ефективно зменшує мікробне навантаження на бетонні поверхні, тим самим знижуючи ризик зараження.

Зокрема, було показано, що додавання жовтого пігменту оксиду заліза покращує міцність бетону, термостійкість і знижує його проникність. Біоцидну дію цього пігменту пояснюють реакцією Фентона, передовим процесом окислення, що включає взаємодію перекису водню з іонами заліза. Ця реакція виробляє високореакційні речовини, включаючи гідроксильні радикали, супероксид-аніони і молекули кисню, які ефективні в руйнуванні мікроорганізмів шляхом окислення.

Крім того, введення оксиду заліза в бетон полегшує процеси поверхневої адсорбції. Це зменшує електростатичну взаємодію між іонами та підвищує міцність бетону на стиск шляхом створення різних ступенів і фаз окислення заліза.

Термопрограмована десорбційна мас-спектрометрія використовувалася для оцінки термічної стабільності бетонних зразків. Результати показали, що додавання оксиду заліза значно підвищує жаростійкість бетону порівняно з контрольними зразками. Однак цей метод має обмеження через хімічну різноманітність штучних карбонатів та їх незначну присутність у бетоні порівняно з природним вапняком. Таким чином, порівняння різних складів бетону та інтерпретація даних є трудомісткими.

У випробуваннях на проникнення хлоридів додавання 2.2% добавки, що містить жовтий пігмент оксиду заліза, пероцтову кислоту, рідке скло та мідний купорос, зменшило глибину проникнення до 3,25 мм порівняно з 19,50 мм у контрольних зразках. Це зменшення пояснюється використанням жовтого оксиду заліза та рідкого скла як пластифікаторів, які зменшують розмір пор і покращують структуру бетону. Тим не менш, псування бетону все ще спостерігається при використанні негашеного вапна та гідроксиду натрію у сільськогосподарських умовах.

Крім того, відомо, що мікроорганізми колонізують і пошкоджують будівельні матеріали, що призводить до виділення токсичних речовин і алергенів. Ця мікробна діяльність погіршує умови навколишнього середовища в будівлях, негативно впливаючи на здоров'я та ріст тварин.

Мікроскопічні дослідження підтвердили, що запропоновані добавки — жовтий залізоокисний пігмент, пероцтова кислота, рідке скло, мідний купорос — виявляють значні антимікробні властивості. Однак обмежена тривалість цих властивостей вимагає подальших досліджень для визначення оптимальних концентрацій і композицій цих добавок для підвищення їх довгострокової ефективності.

Підсумовуючи, додавання цих добавок значно покращує стійкість до корозії та антимікробні властивості бетону, що робить його придатним для використання при будівництві нових тваринницьких приміщень. Постійне дослідження та вдосконалення цих добавок сприятиме кращій довговічності та захисту бетонних конструкцій у сільськогосподарських умовах.

Висновок

Дослідженнями встановлено, що введення в бетон біоцидної добавки, до складу якої входять жовтий залізоокисний пігмент, пероцтова кислота, рідке скло, мідь. сульфат, значно покращує механічні властивості матеріалу. Ця добавка покращує міцність бетону на стиск і термостійкість, одночасно знижуючи його водопроникність. Слід зазначити, що при концентрації

добавки від 1.5% до 2.5% бетон зберігає 97-98% своєї міцності в агресивних середовищах порівняно з необробленими зразками.

Крім того, дослідження показало, що додавання біоцидних добавок у концентраціях від 0,50% до 2.5% призводить до помітного зменшення глибини проникнення хлориду з 8,90 мм до 3,20 мм. Ефективність цих добавок у покращенні фізико-хімічних властивостей бетону була підтверджена мас-спектрометрією температурно-програмованої десорбції, яка підтверджує роль добавки в підвищенні міцності бетону.

Крім того, біоцидні властивості добавки були очевидними завдяки зниженню на 97% кількості грибкових колоній, що підтверджує її застосування в таких середовищах, як тваринницькі приміщення. Таке значне зниження росту мікробів свідчить про те, що добавка може ефективно покращити гігієнічні умови та подовжити термін служби бетону, який використовується в таких умовах.

РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

2.1. Ситуаційний план



Рис. 2.1. Ситуаційний план

Ферма розташована на околиці міста Конотоп, по вулиці Професійній.

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Основною конструкцією ферми є каркасна будівля, спроектована з урахуванням практичності та довговічності. Він побудований з використанням каркасу з металевих колон і ферм, що забезпечує структурну стабільність будівлі, одночасно створюючи широкий відкритий внутрішній простір, придатний для різноманітних сільськогосподарських робіт.

З точки зору розмірів, головна будівля простягається на 60 метрів уздовж своєї довжини між осями 1 і 11, з шириною 18 метрів між осями А і Б. Цей значний розмір забезпечує достатньо місця для худоби, зберігання обладнання та інших необхідних для сільського господарства речей. Висота будівлі становить 6 метрів, що забезпечує ефективну вентиляцію та можливість багаторясного сховища або інших високих конструкцій усередині.

З боків основної будівлі розташовані дві квадратні прибудови розміром 12 на 12 метрів кожна. Ці додатки виконують важливі економічні та адміністративні функції, забезпечуючи приміщення для офісів, зон для персоналу та зберігання документів і витратних матеріалів, пов'язаних із фермою. Симетрія цих додатків доповнює практичний дизайн усєї конструкції, забезпечуючи цілісне розташування, яке підтримує повсякденну роботу ферми.

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти та основи

Фундаменти господарської будівлі побудовані як стрічкові монолітні фундаменти, які відомі своєю міцністю та довговічністю, особливо при опорі великих споруд. Ці фундаменти встановлюються на глибину 1,4 метра, забезпечуючи стабільність, надійно закріплюючи будівлю в землі. Ширина фундаменту становить 1,2 метра, що забезпечує міцну основу, здатну розподілити вагу металевого каркасу та значну висоту конструкції.

Щоб захистити фундамент від вологи, його покривають шаром бітумної гідроізоляції, що є перевіреним методом запобігання проникненню води та руйнуванню з часом. На додаток до гідроізоляції, фундамент утеплений, що допомагає регулювати температуру та мінімізувати ризик морозного обдимання в холодні місяці.

Рівень ґрунтових вод на ділянці знаходиться на глибині 5 метрів, значно нижче фундаменту, що зменшує ризик проблем, пов'язаних з водою, таких як просочування або затоплення. Склад ґрунту складається з родючого чорнозему, багатого чорнозему, ідеального для сільського господарства, та суглинку, який забезпечує стабільну, але керовану основу для будівництва.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Стіни сільськогосподарської будівлі побудовані з використанням сендвіч-панелей, високоефективного будівельного матеріалу, який поєднує міцність, теплоізоляцію та простоту монтажу. Ці панелі мають загальну товщину 15 см, що забезпечує як теплову, так і звукоізоляцію, необхідну для

підтримки стабільного внутрішнього середовища, придатного для сільськогосподарської діяльності.

В основі кожної сендвіч-панелі лежить пінополістирол, матеріал, обраний завдяки його чудовим ізоляційним властивостям і малій вазі. Пінополістирол допомагає регулювати внутрішню температуру будівлі, забезпечуючи енергоефективність за рахунок зменшення потреби в додатковому обігріві або охолодженні, що особливо корисно у великомасштабних сільськогосподарських умовах.

Зовнішній і внутрішній шари сендвіч-панелей виготовлені з оцинкованого заліза, стійкого до корозії матеріалу, який забезпечує довговічність і захист від негоди. Оцинковане покриття гарантує, що стіни можуть протистояти впливу погодних умов, включаючи дощ і вологість, а також забезпечує гладкий, функціональний зовнішній вигляд. Таке поєднання матеріалів не тільки підвищує структурну цілісність будівлі, але й сприяє її енергоефективності та довговічності, що робить її економічно ефективним рішенням для довгострокової роботи ферми.

Покрівля

У випадку ферми для корів, де головними пріоритетами є економічність, довговічність і стійкість до кліматичних умов, найкращим вибором для покрівлі буде використання профільованих листів.

Металочерепиця має спеціальне покриття для захисту від корозії, є чудовим варіантом для покрівлі господарських будівель. Вона відзначаються своєю легкістю, міцністю і довговічністю, що робить її оптимальним вибором для споруд, таких як корівники. Простота у монтажі, невелика вага матеріалу та його доступна вартість дозволяють швидко встановлювати покрівлю навіть на великих площах, що важливо для фермерських приміщень з прольотами значної довжини. Така покрівля забезпечує надійний захист від опадів, вітру та інших несприятливих умов, водночас створюючи можливість для природної вентиляції. Це дозволяє підтримувати

належний мікроклімат всередині приміщення, що є важливим для здоров'я тварин.

Для монтажу покрівлі на фермі використовують дерев'яну обрешітку, яка виступає основою для кріплення. Дерев'яні конструкції мають свої переваги, зокрема екологічність і низьку теплопровідність, що може сприяти додатковій теплоізоляції приміщення. Водночас важливо захистити деревину від впливу вологості та хімічних речовин, таких як аміак, що виділяється в корівниках. Для цього дерев'яні елементи обробляють спеціальними антисептичними засобами та лакофарбовими покриттями. При монтажі обрешітки важливо дотримуватися правильного кроку між елементами, щоб забезпечити достатню міцність і рівномірний розподіл навантаження на конструкцію.

В умовах холодного клімату можна додатково використовувати утеплення покрівлі. Шар мінеральної вати або іншого теплоізоляційного матеріалу розташовується між покрівельними листами та обрешіткою, що дозволяє зберігати тепло в приміщенні та забезпечити тваринам комфорт навіть у холодну пору року. Однак вентиляція залишається надзвичайно важливою, оскільки надмірна вологість і конденсат можуть негативно вплинути на стан тварин і конструкцій.

Щоб захистити приміщення від проникнення води, під покрівлю укладається гідроізоляційна мембрана, яка забезпечує додатковий захист під час дощів або танення снігу. Це особливо важливо для збереження сухості всередині приміщення, що сприяє підвищенню комфорту та гігієни на фермі. Окрім того, для покращення природного освітлення в покрівлі можна передбачити вставки з прозорого полікарбонату, що дозволить скоротити витрати на електроенергію.

Вікна та двері

Вікна та двері господарської будівлі розроблені таким чином, щоб збалансувати функціональність і довговічність, гарантуючи, що конструкція залишається безпечною та добре провітрюваною.

Вікна, стратегічно розташовані вздовж стін будівлі, оснащені подвійним склопакетом для покращення теплової ефективності. Подвійне склопакет забезпечує чудову ізоляцію, зменшуючи втрати тепла в холодні місяці та мінімізуючи приплив тепла в теплі періоди. Це гарантує, що внутрішнє середовище залишається стабільним, що має вирішальне значення як для добробуту худоби, так і для ефективності роботи. Віконні рами виготовлені з високоміцного алюмінію, матеріалу, вибраного через його стійкість до корозії та здатність протистояти умовам навколишнього середовища, звичайним для сільського господарства. Вікна достатньо великі, щоб природне світло проникало в будівлю, зменшуючи потребу в штучному освітленні протягом світлового дня, зберігаючи при цьому добре освітлене робоче місце для персоналу ферми.

Двері ферми сконструйовані таким чином, щоб полегшити пересування як персоналу, так і обладнання. Головний вхід має широкі промислові двері з оцинкованої сталі, схожі на зовнішні стіни, що забезпечує як безпеку, так і стійкість до погодних умов. Ці двері розроблені таким чином, щоб витримувати інтенсивне використання та забезпечувати легкий доступ для великої техніки чи худоби. На додаток до головних дверей, менші двері встановлюються в прибудовах і адміністративних зонах для повсякденного використання персоналом. Ці двері оснащені ізольованими панелями для підтримки енергоефективності, гарантуючи, що внутрішнє середовище не постраждає від частого відкривання.

Покриття підлог

Підлогове покриття господарської будівлі вибрано з огляду на довговічність, легкість в обслуговуванні та стійкість до суворих умов, характерних для сільськогосподарського середовища. Основним матеріалом, який використовується, є високоефективне епоксидне покриття, яке забезпечує безшовну непористу поверхню, ідеальну для приміщень, які повинні витримувати інтенсивний рух людей, рух машин і вплив вологи чи хімікатів.

Епоксидна підлога має високу стійкість до зношування, що робить її придатною для тваринницьких приміщень, де очищення та гігієна є критичними. Його непроникна поверхня запобігає поглинанню рідин, що важливо для підтримки санітарних умов, особливо в приміщеннях, де містяться тварини або де корм і вода можуть розлитися. Гладке, легке в очищенні епоксидне покриття також спрощує планове технічне обслуговування, скорочуючи час простою та роботу, необхідну для обслуговування.

Крім того, епоксидна підлога є стійкою до ковзання, що забезпечує безпеку як для працівників, так і для тварин. Його хімічна стійкість забезпечує захист від будь-яких випадкових розливів олії, засобів для чищення або інших речовин, які можуть використовуватися в щоденних роботах на фермі. Підлога наноситься кількома шарами, що підвищує її довговічність і забезпечує довговічність, функціональну поверхню, призначену для вирішення унікальних завдань сільськогосподарського середовища.

Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Всередині господарська будівля спроектована з метою оптимізації простору та функціональності. Великі відкриті внутрішні зони ідеально підходять для догляду за худобою та обладнанням. Підлога покрита високоефективною епоксидною смолою, яка є довговічною та легкою в обслуговуванні, що має вирішальне значення для складних умов сільськогосподарського середовища. Стіни з сендвіч-панелей всередині гладкі та практичні, сприяють чистоті та ізоляції.

Природне світло проникає всередину через великі вікна з подвійним склопакетом, зменшуючи потребу в штучному освітленні та покращуючи умови роботи. Добре спроектована система вентиляції забезпечує належний потік повітря, підтримуючи здорове середовище як для тварин, так і для персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. -К: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
3. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
4. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
6. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с. (Національні стандарти України).
7. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
8. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
9. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
10. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
11. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи

13. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.

14. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53-54 с. (Національні стандарти України).

15. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).

16. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).

17. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6- 98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).