

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

«__» _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві багатоповерхового будинку в м. Харків»

Виконав (ла)

(підпис)

В. В. Мережка

(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301м

(Науковий)
керівник

(підпис)

Л. О. Богінська

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 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

Мережка Владислав В'ячеславович

Тема роботи: Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві багатоповерхового будинку в м. Харків

Затверджено наказом по університету № 240/ос від " 31 " 01 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " " 2025 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, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, 2.1. Характеристики добавок, Розділ 3. Визначення

Анотація

Мережка Владислав В'ячеславович «Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві багатоповерхового будинку в м. Харків» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

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.

Це дослідження зосереджено на підвищенні довговічності та експлуатаційних характеристик бетону, зокрема у застосуваннях, що вимагають високої водонепроникності та тріщиностійкості. Важливими аспектами є застосування в підземному будівництві, де водна інфільтрація та навантаження можуть призвести до серйозних пошкоджень.

У рамках дослідження вивчається комбінований вплив добавок на міцність і водонепроникність бетону. Завдяки цим добавкам, бетон демонструє кращі характеристики механічної міцності на стиск і розтяг, а також значно знижує водопроникність. Ключові завдання дослідження включають аналіз мікроструктурних змін за допомогою сучасних методів, таких як електронна мікроскопія та рентгенівська дифракція, а також визначення оптимальних пропорцій для досягнення високої міцності і водонепроникності.

Наукова новизна цього дослідження полягає в комплексному аналізі взаємодії добавок для покращення якості бетону. Проведено порівняння груп бетонних сумішей, що дозволило виявити нові механізми взаємодії між компонентами. Результати дослідження відкривають нові можливості для

розробки високоефективних бетонів, що відповідають вимогам довговічності та здатні витримувати агресивні умови експлуатації.

Ключові слова: гідроізоляція, добавки, бетон.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Богінська Л. О., Мережка В., ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ДОБАВОК В БЕТОН ПРИ БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ В М. // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 25

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 47 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 6 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 21 використаних джерел. Графічна частина складається з 16 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Merezhka Vladyslav Vyacheslavovich “Study of the influence of waterproofing additives in concrete during the construction of a multi-storey building in Kharkiv” – 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, 2025.

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, and methods of scientific research are formulated.

This study focuses on increasing the durability and performance characteristics of concrete, in particular in applications requiring high water resistance and crack resistance. Important aspects are its use in underground construction, where water infiltration and loading can lead to serious damage.

The research studies the combined effect of additives on the strength and water resistance of concrete. Thanks to these additives, concrete demonstrates better mechanical strength characteristics in compression and tension, and also significantly reduces water permeability. The key objectives of the research include the analysis of microstructural changes using modern methods, such as electron microscopy and X-ray diffraction, as well as the determination of optimal proportions to achieve high strength and water resistance.

The scientific novelty of this research lies in the comprehensive analysis of the interaction of additives to improve the quality of concrete. A comparison of groups of concrete mixtures was carried out, which allowed to identify new mechanisms of interaction between components. The results of the research open up new opportunities for the development of high-performance concretes that meet the requirements of durability and are able to withstand aggressive operating conditions.

Keywords: waterproofing, additives, concrete.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Boginska L. O., Merezhka V., RESEARCH ON THE INFLUENCE OF WATERPROOFING ADDITIVES IN CONCRETE DURING THE CONSTRUCTION OF A MULTI-STOREY BUILDING IN M. // Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KHNADU, Kharkiv, P. 25

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

Structure of the work.

The work consists of the main text on 47 pages, including 6 tables, 6 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 21 sources used. The graphic part consists of 16 multimedia presentation slides.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	12
2.1. Характеристики добавок.....	12
Розділ 3. Визначення оптимального співвідношення суміші.....	17
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	33
4.1. Ситуаційний план.....	33
4.2. Об'ємно-планувальне рішення.....	33
4.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....	39
Список використаних джерел.....	46

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: У цьому дослідженні вивчається зростаюча потреба у бетоні з підвищеною довговічністю та експлуатаційними характеристиками, особливо у сферах застосування, що вимагають високої водонепроникності та тріщиностійкості. Ці властивості є важливими для підземного будівництва, де інфільтрація води та структурні навантаження можуть призвести до довготривалих пошкоджень та зниження рівня безпеки. Дослідження зосереджене на оптимізації бетонних сумішей шляхом включення до них золи-виносу, цементуючих капілярно-кристалічних гідроізоляторів та поліпропіленових волокон, які, як було доведено, підвищують механічну міцність та водонепроникність. Дослідження підкреслює синергетичний ефект цих компонентів у створенні міцного, тріщиностійкого бетону, пропонуючи ефективні рішення для підземної ізоляції та інших будівельних застосувань, що вимагають чудових експлуатаційних характеристик матеріалу.

Мета і завдання дослідження: Дослідження спрямоване на вивчення комбінованого впливу летючої золи, цементуючих капілярно-кристалічних гідроізоляторів та поліпропіленових волокон на механічні властивості та гідроізоляційні характеристики бетону. Мета полягає у визначенні оптимального складу цих матеріалів для підвищення міцності на стиск і розтяг при одночасному значному зниженні водонепроникності. Такий підхід спрямований на покращення структурної цілісності та вирішення таких проблем, як теплоізоляція підземних будівельних конструкцій.

Ключові завдання дослідження включають: по-перше, аналіз мікроскопічних змін у бетоні, що виникають внаслідок додавання цих матеріалів, з використанням передових методів, таких як скануюча електронна мікроскопія та рентгенівська дифракція. Ці методи дозволяють детально дослідити мікроструктурні та кристалографічні зміни в бетонній матриці. По-друге, визначення оптимальної комбінації матеріалів для досягнення ідеального балансу між механічною міцністю і

водонепроникністю, оцінка впливу на гідратацію цементу і мікроструктуру, а також виявлення механізмів, за допомогою яких ці добавки покращують властивості бетону.

Об'єкт дослідження: Багатоповерховий житловий будинок в м. Харків.

Предмет дослідження: Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон.

Методи дослідження: У дослідженні використовується комплексна методологія для оцінки впливу летючої золи, капілярно-кристалічних цементних гідроізоляторів та поліпропіленових волокон на характеристики бетону. Перший підхід використовує ортогональні випробування - структурований експериментальний дизайн, який оцінює взаємодію між матеріалами та визначає найбільш ефективні комбінації для покращення властивостей бетону. Цей метод дозволяє систематично досліджувати синергію матеріалів та оптимальні пропорції.

Другий підхід передбачає використання передових методів візуалізації. Електронна мікроскопія забезпечує морфологічний аналіз з високою роздільною здатністю, виявляючи мікроструктурні зміни, спричинені добавками. Крім того, рентгенівська дифракція визначає кристалографічні перетворення, пропонуючи розуміння хімічних і фізичних механізмів, відповідальних за поліпшення експлуатаційних характеристик.

Механічні випробування вимірюють міцність на стиск, розтяг і проникнення, щоб кількісно оцінити вплив цих матеріалів на структурну цілісність і водонепроникність. Інтегрована оцінка експлуатаційних характеристик оцінює загальну ефективність комбінацій матеріалів, що дозволяє визначити оптимальні рецептури. Цей комплексний підхід пропонує практичні рекомендації для покращення експлуатаційних характеристик бетону в будівництві.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів:

Наукова

новизна роботи полягає у комплексному аналізі комбінованого впливу поліпропіленових волокон, золи-виносу та капілярно-кристалічних гідроізоляторів на мікроструктуру та макроскопічні властивості бетону. Вперше було проведено порівняння чотирьох груп бетонних сумішей з різними комбінаціями цих матеріалів за допомогою скануючої електронної мікроскопії та рентгенівської дифракції для оцінки структурних і кристалографічних змін.

Дослідження виявило нові механізми взаємодії, включаючи роль поліпропіленових волокон у підвищенні мікроструктурної когезії, видаленні розчинних фаз та ущільнюючі ефекти капілярно-кристалічних гідроізоляційних агентів. Ці взаємодії значно покращують міцність, щільність та довговічність бетону. Крім того, було виявлено, що синергетичне використання летючої золи та капілярно-кристалічних добавок підвищує кристалічність продуктів гідратації, тим самим ще більше покращуючи експлуатаційні характеристики матеріалу.

Отримані результати дають цінну інформацію про поведінку компонентів бетону і відкривають нові напрямки для розробки високоефективних сумішей з чудовими механічними та гідроізоляційними властивостями. Це дослідження має практичне застосування у створенні довговічних бетонів, придатних для використання в агресивних умовах навколишнього середовища, що сприяє розвитку науки про будівельні матеріали.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Богінська Л. О., Мережка В., ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ДОБАВОК В БЕТОН ПРИ БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ В М. // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 25

РОЗДІЛ 2. БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристики добавок

Стрімке розширення будівельної галузі збільшило попит на великомасштабні житлові та підземні споруди. Однак це зростання призвело до таких проблем, як витік води, розтріскування бетону та деградація ізоляції. Витоки води є особливо критичними, оскільки вони ставлять під загрозу безпеку конструкцій, прискорюють корозію сталі, послаблюють бетон, а у важких випадках спричиняють економічні збитки або навіть людські жертви. У районах зі складними геологічними умовами вода, що містить агресивні іони, погіршує ці проблеми, підкреслюючи необхідність покращення гідроізоляції та тріщиностійкості підземних бетонних конструкцій.

Для вирішення цих проблем склад бетону оптимізують шляхом додавання мінеральних добавок, які підвищують водонепроникність і запобігають утворенню тріщин. Гідроізоляційна здатність бетону залежить від його щільності та механічних властивостей. Тріщини, великі чи мікроскопічні, послаблюють матеріал, зменшуючи його довговічність.

Дослідження показують, що заміна 30% цементу керамічним абразивним порошком і золою значно покращує гідроізоляційні властивості бетону. Додавання золи підвищує щільність і механічну міцність. Оптимальний склад включає 20% мінеральних добавок, 46% піску, 10% порошку і водоцементне співвідношення 0,3[20].

Однак мінеральні добавки можуть спричинити усадку бетону. Наприклад, шлаковий порошок збільшує усадку, підвищуючи ризик утворення тріщин. Високий відсоток заміни силікатного цементу також призводить до довготривалої усадки, як це спостерігається в самоущільнювальному фібробетоні. Активність і морфологія мінеральних добавок впливають на усадку і розтріскування. Високоактивні добавки прискорюють гідратацію і рух води, створюючи внутрішній тиск, який інтенсифікує усадку і утворення тріщин. Летюча зола, з її низькою

активністю і сферичними частинками, виявилася особливо ефективною для підвищення водонепроникності бетону.

Таблиця 2.1. Базові характеристики бетону та його застосування

Клас	Марка	Міцність (кгс/см ²)	Застосування
B5	M75	65	В якості штукатурки
B7.5	M100	98	Монтаж бордюрного каменю
B12.5	M150	131	
B15	M200	196	Стяжки, доріжки
B22.5	M300	294	Фундаменти
B25	M350	327	Монолітні стіни, ЗБВ
B30	M400	393	Мости, банківські сховища

Хоча мінеральні домішки можуть викликати автогенну усадку, їх контрольоване використання має важливе значення для покращення властивостей бетону. Доведено, що армований фібробетон підвищує водонепроникність і тріщиностійкість. Дослідження показують, що при постійному розтягуванні армований фібробетон має набагато нижчу проникність, ніж стандартний бетон, що демонструє його переваги у

довговічності. Це робить армування фіброволокном ефективним рішенням для покращення характеристик бетону в складних умовах будівництва.

Дослідження волокон і добавок показують, що певні комбінації можуть значно підвищити механічну міцність і гідроізоляцію. Наприклад, волокна полівінілового спирту в поєднанні з синтетичними сталевими волокнами і сульфоалюмінатом кальцію покращують міцність на стиск і розтяг, одночасно підвищуючи водонепроникність. Аналогічно, додавання поліпропіленових волокон до бетону на основі золи підвищує водонепроникність в залежності від дози.

Порівняння типів волокон показує, що як базальтові, так і поліпропіленові волокна зменшують водопроникність, причому волокна мають кращі показники. Використання поліпропіленових волокон діаметром 10 мм у контрольованих кількостях значно покращує гідроізоляцію порівняно зі стандартними бетонними сумішами.

Для систематичного порівняння результатів випробувань було проведено експеримент з використанням базового співвідношення сумішей. Контрольна суміш підтримувала фіксоване водоцементне співвідношення шляхом заміни частини цементу на золу і капілярно-кристалічні гідроізоляційні матеріали, що дозволило провести точну оцінку характеристик.

Контрольна суміш складалася зі звичайного портландцементу (клас міцності 42,5), як зазначено в технічній документації. В якості крупного заповнювача використовувався щебінь (5-16 мм), а в якості дрібного заповнювача - механічний пісок із співвідношенням розмірів частинок 2,6.

В якості мінеральної домішки була додана зола-виносу I класу, а для поліпшення довговічності - капілярно-кристалічний гідроізоляційний агент на основі цементу. Крім того, до складу суміші входили 19-міліметрові поліпропіленові волокна, технічні характеристики яких наведені в таблицях даних.

Бетон, що використовується в підземному будівництві, має відмінні характеристики, серед яких помірна міцність, висока текучість і відмінні гідроізоляційні властивості. На відміну від бетону, що використовується в інших конструкціях, цей тип бетону не несе основне навантаження будівлі, оскільки основні конструктивні елементи призначені для сприйняття цих навантажень. Таким чином, надвисока міцність не є критичною вимогою, оскільки бетон слугує в першу чергу захисним шаром.

Підземне будівництво створює специфічні проблеми, які роблять традиційні методи вібрації бетону непрактичними. Отже, основна увага при розробці суміші повинна бути зосереджена на забезпеченні достатньої міцності при адаптації властивостей бетону до складних умов підземного середовища.

Співвідношення змішування, засновані на стандартних специфікаціях, не можуть бути безпосередньо застосовані при приготуванні зразків. Важливо оцінити і скоригувати початкові пропорції суміші для досягнення бажаної легкоукладальності і механічних властивостей бетону.

Під час процесу змішування використовується примусовий змішувач, який виконує наступні етапи: Спочатку в змішувач додають цемент і дрібний заповнювач і перемішують протягом трьох хвилин. Потім додається вода для утворення цементно-дрібнозернистого розчину. Потім додається щебінь, і суміш перемішується протягом п'яти хвилин, щоб розчин повністю покрив камінь. Нарешті, додається водорозчинник, щоб відрегулювати консистенцію суміші. Після перемішування суміш перевіряють на просочування і проводять тест на седиментацію[21]

Після змішування та випробування бетону надають форму і залишають тверднути. Після затвердіння зразки поміщають у стандартну камеру для твердіння. Через тиждень проводять випробування на міцність на стиск, щоб оцінити початкову міцність бетону.

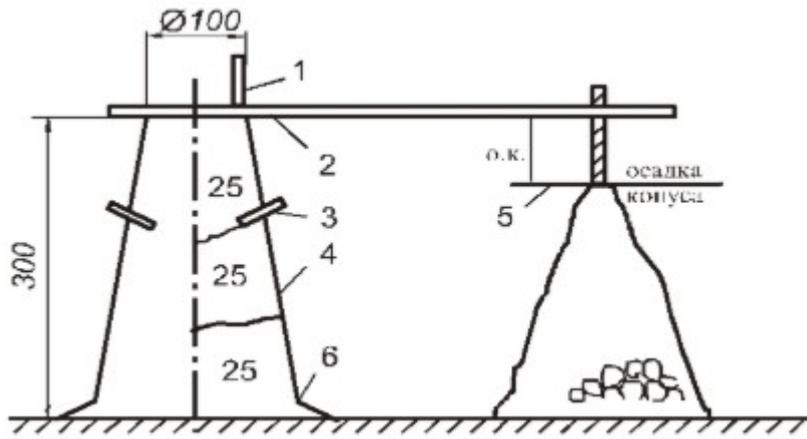


Рис. 2.1. Випробування на осідання

Результати випробування суміші показали, що початково розрахована бетонна суміш давала протікання, що вимагало коригування. Перший підхід передбачав зменшення водоцементного відношення без зміни кількості цементуючого матеріалу. Однак ця модифікація значно знизила плинність бетону, в результаті чого осадка склала лише 94 мм, що було недостатньо для передбачуваного застосування.

Другий підхід зосереджувався на збільшенні питомої поверхні бетону за рахунок збільшення частки піску. Цей метод вимагав додаткової води, але загальний вміст вільної води зменшився, що допомогло зберегти консистенцію суміші. Збільшення вмісту піску на 2% покращило оброблюваність суміші. Через тиждень міцність на стиск досягла 32,3 МПа, що задовольнило початкові вимоги як до міцності, так і до оброблюваності при ізоляції підземних конструкцій.

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СПІВВІДНОШЕННЯ СУМІШІ

Перед початком експерименту дуже важливо чітко визначити його цілі та встановити правильні параметри оцінки, щоб забезпечити точні та надійні результати. Основною метою цього експерименту є покращення водонепроникності та тріщиностійкості бетону, що використовується в підземних спорудах, шляхом додавання різних домішок. Для досягнення цієї мети було обрано три ключові показники: міцність на стиск, міцність на розтяг і глибина проникнення води. Міцність на стиск показує, наскільки добре бетон може витримувати великі навантаження. Міцність на розтягнення вимірює, наскільки він стійкий до розтріскування. Глибина проникнення води показує, наскільки добре бетон запобігає просочуванню води.

Після вибору параметрів випробувань були визначені фактори, які можуть вплинути на результати, і встановлені їх рівні. Ці фактори були обрані на основі як практичного досвіду, так і детального вивчення існуючих досліджень. В результаті було обрано три ключові матеріали: летюча зола, широко використовувана мінеральна добавка; поліпропіленові волокна, волокнисте армування; і капілярний гідроізоляційний матеріал, гідроізоляційний агент. Ці матеріали були обрані через їхній потенціал для підвищення довговічності та водонепроникності бетону.

Після визначення факторів та їх рівнів, наступним кроком був вибір відповідних випробувань. Розмір випробувального масиву має важливе значення, оскільки він повинен бути добре збалансованим. Якщо він занадто великий, це може не суттєво вплинути на результати і знизити ефективність. Якщо він занадто малий, результати можуть бути неточними. Оскільки це дослідження включає три фактори з трьома рівнями кожен, трифакторний, трирівневий ортогональний масив був обраний як найкращий вибір для експерименту. Для збереження постійного співвідношення води до в'язучого частина цементу в суміші була замінена на золу і капілярний гідроізолятор.

Зразок бетону готували за допомогою примусового змішувача, гарантуючи, що кожен компонент був точно зважений перед змішуванням. Спочатку в змішувач додавали цемент, пісок і поліпропіленові волокна і перемішували, щоб рівномірно розподілити волокна і запобігти утворенню грудок. Потім додали воду, і суміш ще раз перемішали, щоб утворився однорідний цементний розчин. Після цього додали щебінь і водорозчинник, і суміш знову ретельно перемішали, щоб переконатися, що все повністю з'єдналося.

Після перемішування бетон розлили у форми і ущільнили за допомогою вібрації. Форми залишали на 24 години, після чого знімали. Кожен зразок був промаркований і зберігався в стандартній камері твердіння протягом одного місяця для забезпечення належного затвердіння. Механічні властивості випробовували на зразках 100 мм, а водонепроникність оцінювали на зразках трапецієподібної форми.

Після періоду затвердіння для випробування механічних властивостей використовували компресійну машину з певною швидкістю навантаження. Стандартний бетон показав крихке руйнування, тобто він легко розтріскувався і розпадався на частини. Однак армований фібробетон зберігав певну міцність навіть після розтріскування. Це сталося тому, що поліпропіленові волокна допомагають зміцнити бетон при розтягуванні, роблячи його більш стійким до раптового руйнування[21].

Зразки бетону розподіляються на групи, кожній з яких присвоюється певне цифрове позначення. Для визначення остаточного значення міцності на стиск для кожної групи розраховується середнє значення міцності на стиск.



Рис. 3.1. Випробування на стиск

Враховуючи, що зразки в цьому експерименті нестандартні, розраховане середнє значення межі міцності на стиск потребує коригування. Це коригування здійснюється шляхом застосування понижувального коефіцієнта 0,95. Скоригована межа міцності на стиск визначається за вказаною формулою, яка враховує нестандартність зразків[9].

$$f_{cc} = \frac{F}{A}$$

Де, f представляє міцність на стиск бетонного куба, F відноситься до навантаження на розтяг, а A - площа, на яку припадає тиск. Межа міцності на розтяг є критичним параметром для оцінки стійкості бетону до розтріскування, що відіграє важливу роль при проектуванні конструкцій. Він впливає на здатність матеріалу протистояти розтріскуванню і впливає на міцність зв'язку між бетонною матрицею і арматурою.

Для випробування міцності на розрив використовується таке обладнання, як ударні блоки зі сталеву дугою, фанерні ударні смуги та лінійки. Швидкість навантаження 0,005 МПа/с потрапляє в рекомендований діапазон від 0,005 до 0,008 МПа/с для цього типу бетону.

Значення межі міцності на розрив розраховується як середнє значення для трьох зразків із застосуванням понижуючого коефіцієнта 0,95 для врахування нестандартного характеру зразків. Метод розрахунку полягає в наступному:

$$f_{ts} = \frac{2F}{\pi A} = 0.637 \frac{F}{A}$$

У дослідженні для оцінки водопроникності бетону використовувався тестер гідроізоляції бетону. Тестер працює під тиском 4 МПа і має функцію автоматичного наддуву.

Процес починається з вилучення зразка з контейнера для затвердіння та його очищення. Для підвищення операційної ефективності та мінімізації впливу на навколишнє середовище на кожен кінець зразка поміщається гумове кільце, а для герметизації наноситься клей.



Рис. 3.2. Стенд для випробування на водонепроникність бетону

Після завершення процедури герметизації починається процес тестування. Першим кроком є відкриття шести клапанів подачі води, щоб заповнити випробувальний резервуар і видалити повітря, що потрапило в

труби подачі води і резервуар. Важливо переконатися, що випробувальні зразки надійно закріплені гвинтами для забезпечення належної герметизації.

Тиск води спочатку встановлюється на рівні 1,2 МПа, а потік води навколо зразків ретельно контролюється. Якщо виявлено будь-яке витікання, зразки слід вийняти, знову запечатати і повторно протестувати. Тиск води підтримується на цьому рівні протягом однієї доби для кожного з шести зразків, після чого вихідний клапан закривається для завершення випробування.

Згодом насичені водою зразки бетону розділяють навпіл вздовж центральної лінії за допомогою преса. Водяні плями на бетоні позначаються водостійкою ручкою, а зразок ділиться на десять рівних частин. Потім вимірюється висота проникнення і розраховується середнє значення.

Висота проникнення вологи:

$$h_i = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} h_{ij}$$
$$= \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 h_i$$

У дослідженні h_j представляє висоту проникнення в точці вимірювання i -го зразка, тоді як h позначає середню висоту проникнення через десять точок вимірювання того самого зразка. Середня висота проникнення для всієї групи зразків позначається H , вимірюється в міліметрах. Це значення використовується як остаточний результат для випробування групи на висоту проникнення.

Після визначення висоти проникнення для кожної групи зразків розраховується коефіцієнт відносної проникності на основі прикладеного тиску води і часу проникнення. Цей коефіцієнт служить показником ефективності гідроізоляції бетону. Нижчий коефіцієнт відносної проникності відповідає вищому опору бетону до проникнення рідини.

$$S_k = \frac{mD^2}{2TH}$$

У цьому контексті S_k позначає відносний коефіцієнт проникності, а m - коефіцієнт водопоглинання бетону. Змінна D_m - це середня висота проникнення зразка, T - час проникнення, а H - тиск води, виражений в дюймах водного стовпа.

Бетон з модифікованими матеріалами демонструє підвищену міцність порівняно зі звичайним бетоном. Примітно, що другий зразок бетонної суміші продемонстрував найбільш значне збільшення міцності приблизно на 25%. Це свідчить про те, що поєднання летючої золи, поліпропіленових волокон та капілярно-кристалічного гідроізоляційного матеріалу позитивно впливає на загальну міцність бетону.

Однак в контексті ортогональних експериментів простого порівняння груп зразків недостатньо. Для виявлення чітких закономірностей впливу дуже важливо провести аналіз діапазону та дисперсійний аналіз експериментальних результатів.

Аналіз міцності на стиск виявив вплив трьох факторів: летючої золи, поліпропіленових волокон і капілярно-кристалічного гідроізоляційного матеріалу. Летюча зола має найбільш значний вплив на міцність, за нею йдуть волокна і гідроізоляція, причому зменшення вмісту летючої золи призводить до помітного збільшення міцності.

Летюча зола підвищує міцність за рахунок трьох механізмів: її реакції з гідроксидом кальцію під час гідратації, введення дрібних агрегатів і морфології частинок. Пуццоланова реакція утворює щільніші гідратовані сполуки, покращуючи структуру бетону. Дрібні частинки золи збільшують площу поверхні заповнювача, заповнюючи проміжки між грубими і дрібними заповнювачами, покращуючи оброблюваність і міцність. Це явище відоме як ефект мікрозоли. Крім того, сферичні, гладкі частинки зменшують потребу у волозі, покращують сипучість та сприяють ефективному ущільненню.

Поєднання летючої золи, поліпропіленових волокон і капілярно-кристалічних гідроізоляторів дає синергетичний ефект, значно підвищуючи міцність. Оптимальне співвідношення суміші можна визначити за допомогою індексної факторної діаграми, а дисперсійний аналіз дає змогу глибше зрозуміти взаємодію цих факторів.

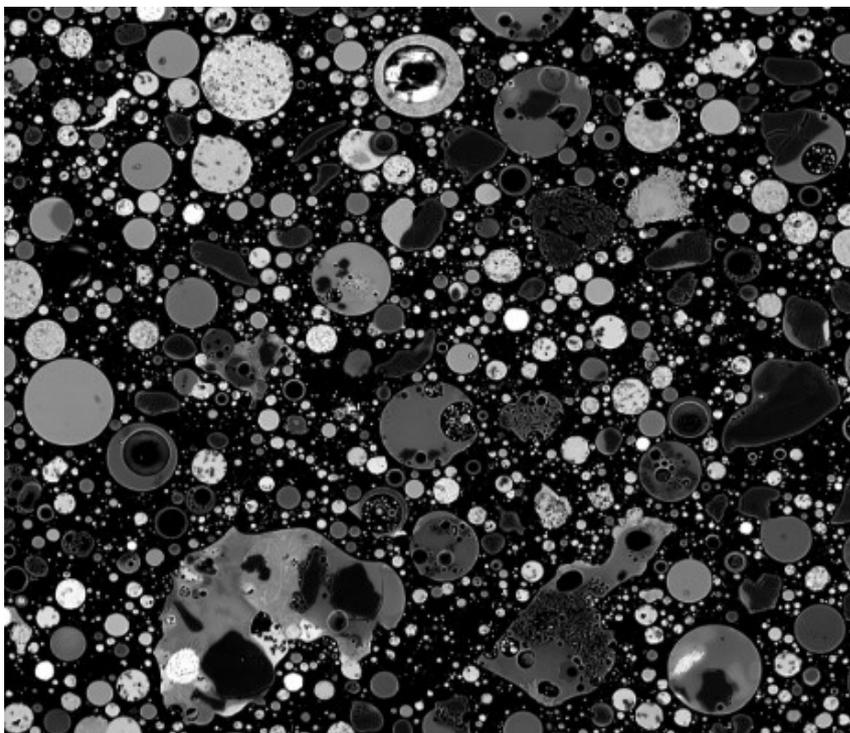


Рис. 3.3. Структура летючої золи

Результати розрахунків показали, що р-значення було нижче 0,05, що підтверджує його значний вплив на міцність бетону на стиск. Однак комбінація поліпропіленових волокон і капілярно-кристалічного гідроізоляційного матеріалу мала незначний вплив на міцність на стиск. Були визначені оптимальні пропорції суміші, які дозволили отримати середню міцність на стиск 49.8 МПа, що значно покращило несучу здатність порівняно зі стандартним бетоном. Еталонний бетон мав межу міцності на розтяг 4,03 МПа, що є найнижчим показником серед усіх десяти зразків. На противагу цьому, зразки два і чотири показали найвищі показники міцності на розрив - 6,29 МПа і 5,92 МПа, що становить збільшення на 56% і 47%, відповідно. Додавання летючої золи, волокон і гідроізоляційних добавок підвищило тріщиностійкість бетону[21].

Щоб краще зрозуміти вплив цих трьох факторів на міцність на розрив і оптимізувати їх дозування, був проведений дисперсійний аналіз. Результати показали, що вміст поліпропіленової фібри був найбільш впливовим фактором підвищення міцності на розрив, в той час як зола-винесення мала незначний вплив. На відміну від мінеральних добавок, поліпропіленові волокна впливають на бетон шляхом фізичної взаємодії. Під час змішування пучки волокон розділяються на окремі нитки, створюючи мережу, яка сприяє рівномірному розподілу частинок. Хоча це трохи знижує текучість, але призводить до більш щільної структури бетону. Поліпропіленові волокна також пом'якшують мікротріщини, викликані пластичною усадкою і термічним впливом, зменшуючи концентрацію напружень і сповільнюючи поширення тріщин.

Дисперсійний аналіз показав, що р-значення становить від 0,02 до 0,05, підтверджуючи, що поліпропіленові волокна відіграють значну роль у підвищенні міцності на розрив. Значення р-value коливалося між 0,1 і 0,2, що свідчить про те, що капілярно-кристалічна гідроізоляція має помірний вплив на тріщиностійкість. Необхідні подальші дослідження для вивчення потенційної взаємодії між гідроізоляційними речовинами і волокнами, особливо щодо посилення адгезії.

Зміна вмісту золи мала мінімальний вплив на міцність на розрив, з максимальною варіацією лише 0,3 МПа в діапазоні 15-25%. Додавання поліпропіленових волокон спочатку збільшило межу міцності на розрив, досягнувши піку при 1,5 кг/м³, де вона досягла 6 МПа. Однак збільшення вмісту фібри понад цей рівень призвело до зниження міцності на розрив через зменшення плинності та злипання фібри, що призвело до появи дефектів, які послаблювали бетон. Цей негативний ефект ставав більш вираженим, коли вміст фібри перевищував оптимальний рівень.

Додавання капілярно-кристалічних гідроізоляторів до 2% цементної суміші також покращило міцність на розрив. Однак перевищення цієї кількості перешкоджало гідратації цементу, зменшуючи утворення

гідратованого силікату кальцію і послаблюючи тріщиностійкість матеріалу. Оптимальна пропорція суміші дозволила досягти середньої межі міцності на розрив 6,31 МПа, що на 56% вище, ніж у стандартного бетону, і значно підвищила тріщиностійкість.

Для випробування на проникність зразки були згруповані і виміряна їх середня висота проникності. Статистичний аналіз визначив висоту проникності та відносний коефіцієнт проникності, показавши, що звичайний бетон мав висоту проникності 121 мм і відносний коефіцієнт проникності 2,08. Додавання летючої золи, поліпропіленових волокон і кристалічних гідроізоляторів значно зменшило водопроникність. Найбільше зниження відбулося у зразку №6, де водопроникність становила близько третини від еталонного бетону, що призвело до відносної проникності 88%.

Найменше зниження спостерігалось у третьому зразку, де відносна водопроникність становила 43% порівняно з контролем. Загалом, ці добавки значно покращили гідроізоляційні властивості бетону. Для уточнення співвідношення сумішей і поглиблення розуміння факторів.



Рис. 3.4. Структура поліпропіленових волокон

Дисперсійний аналіз показав, що ключовими факторами, які впливають на гідроізоляційні властивості бетону, є капілярно-кристалічний гідроізоляційний матеріал, поліпропіленове волокно та зола-виносу.

Ієрархічна структура підтвердила, що капілярно-кристалічний гідроізоляційний матеріал мав найбільш значний вплив, з р-значенням 0,02. Поліпропіленове волокно слідувало за ним з р-значенням 0,05, демонструючи сильний вплив на гідроізоляцію. Летюча зола з р-значенням 0,08 також сприяла гідроізоляції, хоча і в меншій мірі.

Кожен матеріал покращував гідроізоляцію за допомогою різних механізмів. Капілярно-кристалічні гідроізоляційні матеріали утворювали нерозчинні кристали при реакції з вільними іонами і оксидом кальцію в бетоні, герметизуючи пори і мікротріщини. Поліпропіленові волокна мінімізували дефекти під час затвердіння, гальмували усадку і запобігали утворенню пенетраційних тріщин. Летюча зола, з її дрібнодисперсним вмістом і пуццолановими властивостями, покращила ущільнення, зменшила пористість і підвищила гідроізоляцію.

Взаємозв'язок між вмістом золи і проникністю відповідав оптимальній моделі, причому найбільше зниження проникності відбувалося в діапазоні від 15% до 25% вмісту золи. Найкращі результати були досягнуті при вмісті 15% золи, що дозволило зменшити висоту проникнення на 53%, 56% і 44% порівняно з еталонним бетоном. Аналогічно, оптимальний вміст поліпропіленової фібри становив 1,5 кг/м³, що зменшувало проникнення води на більше ніж на 50%. Однак надмірний вміст фібри пригнічував внутрішню стисливість. Найефективніший вміст кристалічного гідроізоляційного матеріалу становив 2%, що зменшувало висоту проникнення води на 46%, 62% і 41%.

Для оцінки водонепроникності та тріщиностійкості бетону був застосований комбінований метод оцінки. Цей метод об'єднав кілька факторів в єдину систему оцінки і призначив вагові коефіцієнти відповідно до цілей експерименту. Хоча ці коефіцієнти є важливими, загальноприйнятої формули не існує. Загальний бал ефективності для кожної комбінації розраховувався за формулою:

Оцінка = (150 - висота) × 2,50 + міцність на розрив × 2,50 + міцність на стиск × 0,50.

У цій формулі висота, на якій вода не може проникнути у зразок, дорівнює 150, тобто вищі показники свідчать про кращі характеристики бетону.

Таблиця 3.1. Аналіз діапазону висот проникнення

Номер зразка: 1	Вміст леткої золи: 15%	Вміст волокон: 1.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 1.0%	Висота проникнення: 62 мм
Номер зразка: 2	Вміст леткої золи: 20%	Вміст волокон: 1.5 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 2.0%	Висота проникнення: 46 мм
Номер зразка: 3	Вміст леткої золи: 25%	Вміст волокон: 2.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 3.0%	Висота проникнення: 79 мм
Номер зразка: 4	Вміст леткої золи: 15%	Вміст волокон: 1.5 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 3.0%	Висота проникнення: 58 мм
Номер зразка: 5	Вміст леткої золи: 20%	Вміст волокон: 2.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 1.0%	Висота проникнення: 77 мм
Номер зразка: 6	Вміст леткої золи: 25%	Вміст волокон: 1.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 2.0%	Висота проникнення: 42 мм
Номер зразка: 7	Вміст леткої золи: 15%	Вміст волокон: 2.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 2.0%	Висота проникнення: 49 мм
Номер зразка: 8	Вміст леткої золи: 20%	Вміст волокон: 1.0 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 3.0%	Висота проникнення: 78 мм
Номер зразка: 9	Вміст леткої золи: 25%	Вміст волокон: 1.5 кг/м ³	Вміст гідроізолятора: 1.0%	Висота проникнення: 56 мм

Аналіз результатів випробувань показав значні відмінності між комбінаціями, визначивши основні фактори, що впливають на механічні властивості і довговічність, в порядку капілярно-кристалічної гідроізоляції, композитних волокон і золи-виносу. Дисперсійний аналіз підтвердив, що волокна і гідроізоляція мають ймовірність значущості нижче 0,05, що вказує на їх суттєвий вплив як на механічні, так і на водонепроникні властивості.

Випробування підтвердили, що оптимальна комбінація факторів дала найвищі значення для кожного параметра. Зокрема, перша комбінація бетону підвищила міцність на стиск на 29,3%, тоді як друга комбінація покращила міцність на розтяг на 56%. Друга комбінація виявилася найефективнішою, пропонуючи чудову водопроникність і загальні характеристики[21].

Подальші випробування показали, що цей бетон отримав найвищий загальний бал. Він не тільки відповідав вимогам міцності на стиск, але й підтримував оптимальні рівні міцності на розтяг і водопроникності, значно покращуючи тріщиностійкість і гідроізоляцію.

Мікроструктурні властивості та склад бетону відіграють ключову роль у визначенні його загальних характеристик. Початкові оцінки підтвердили, що додавання летючої золи, поліпропіленових волокон і капілярно-кристалічної гідроізоляції значно покращило механічну міцність і гідроізоляцію. Для подальшого дослідження мікроскопічних механізмів, що впливають на гідратацію і твердіння, були використані скануюча електронна мікроскопія і рентгенофазовий аналіз. Ці методи дозволили детально вивчити, як ці матеріали модифікують структуру бетону та взаємодіють на мікроскопічному рівні. Було підготовлено чотири групи бетонів: один з поліпропіленовими волокнами, один з поєднанням волокон і летючої золи, один з волокнами і гідроізоляційним матеріалом, і один з усіма трьома матеріалами. Оскільки поліпропіленові волокна впливають на бетон переважно через фізичну взаємодію, а не через хімічні зміни, для покращення структурних властивостей було випробувано різні цементні склади. Вміст фібри був стандартизований на рівні 1,5 кг/м³, золи-виносу - 15% цементуючого матеріалу, а гідроізоляційного матеріалу - 2%. Точні пропорції та номери зразків наведені в таблиці, що додається.

Мікроструктура кожної групи була проаналізована за допомогою растрової електронної мікроскопії, зосередженої на адгезії волокон до бетонної матриці. Зображення показали значні відмінності в мікроструктурі після одного місяця гідратації. У першій групі, яка використовувала лише

цемент як в'язуче, спостерігалися шаруваті кристали гідроксиду кальцію та рясні гідратовані гелі силікату кальцію у порах і тріщинах. Пухка і пориста структура послаблювала як механічні властивості, так і гідроізоляцію. Друга група, до складу якої входила летюча зола, мала більш щільну мікроструктуру з меншою кількістю пор і тріщин. Зола прискорювала гідратацію цементу, заповнюючи порожнечі і формуючи більш компактну структуру, що покращувало міцність і довговічність.

Третя група, яка включала гідроізоляційний матеріал, показала більш щільну структуру, ніж перша група, зі зменшеним розміром пор. Це покращило цілісність і щільність, підвищивши водонепроникність. Четверта група, що містила портландцемент і золу-виносу, продемонструвала значне зменшення дефектів після гідратації. Повне утворення гідратованих гелів силікату кальцію свідчило про просунуту реакцію гідратації, зміцнення бетону і поліпшення гідроізоляції.

У першій групі численні дефекти матриці призвели до витягування волокон, що підкреслило слабку адгезію і великі зазори на межі розділу. У другій групі, незважаючи на більш гладку матрицю, залишилися значні зазори, що свідчить про недостатню адгезію волокон. У третій групі волокна ефективно обмежували поширення мікротріщин, зменшували порожнечі, підвищували міцність з'єднання і водостійкість. У четвертій групі волокна були покриті гідратованими кристалами силікату кальцію, що додатково зміцнювало зв'язок і запобігало утворенню тріщин, що призвело до мінімальної кількості пустот.

Загалом, бетон на основі цементу мав помітні внутрішні дефекти, але додавання летючої золи дещо покращило мікроструктуру та міцність зчеплення. Поєднання цементу та золи-виносу призвело до найбільш значного покращення, продемонструвавши відмінну сумісність. Для подальшого аналізу впливу летючої золи на гідратацію цементу був проведений рентгеноструктурний аналіз чотирьох наборів зразків: еталонний бетон, летюча зола, бетон і композитний бетон. Поліпропіленові волокна

були виключені з цього аналізу, оскільки вони не впливають на гідратацію цементу. Детальна інформація про номери зразків і відсоткове співвідношення для дифракційних вимірювань наведена в таблиці, що додається.

Таблиця 3.2. Результати дослідження

Номер зразка: 1	Міцність на стиск: 39 МПа	Міцність на розтяг: 4 МПа	Висота проникнення: 121 мм
Номер зразка: 2	Міцність на стиск: 50 МПа	Міцність на розтяг: 6 МПа	Висота проникнення: 52 мм
Номер зразка: 3	Міцність на стиск: 41 МПа	Міцність на розтяг: 6 МПа	Висота проникнення: 47 мм
Номер зразка: 4	Міцність на стиск: 43 МПа	Міцність на розтяг: 6 МПа	Висота проникнення: 44 мм

Порівняльний аналіз показав, що додавання летучої золи до цементу, як окремо, так і в комбінації, не змінило тип продукту гідратації, але вплинуло на інтенсивність певних піків на дифракційній картині. Первинні кристалічні фази, виявлені в зразках бетону, включали гідроксид кальцію, карбонат кальцію та негідратовані частинки цементу. Основний продукт гідратації цементу, гідратований силікат кальцію, є аморфним і не з'являється на дифракційній картині.

Порівняння перших двох спектрів показало, що летюча зола дещо збільшила інтенсивність піку гідроксиду кальцію. Це сталося тому, що зола сприяла утворенню гелеподібних продуктів гідратації та посиленню кристалізації, що призвело до більш вираженого піку. Реакція гідратації продемонструвала прямий зв'язок між кількістю гелю і гідроксиду кальцію, що має вирішальне значення для міцності і довговічності бетону. Заміна частини цементу на летючу золу зменшила загальний вміст цементу і збільшила водоутримання, покращивши внутрішню структуру і щільність бетону.

Порівняння першого і третього спектрів показало, що додавання гідрофобізатора на основі цементу значно збільшило інтенсивність піку гідроксиду кальцію. Це свідчить про те, що гідрофобізатор посилює кристалізацію продуктів гідратації, прискорюючи гідратацію та покращуючи міцність і довговічність бетону. Четвертий спектр, який включав як золу, так і репелент на основі капілярно-кристалічного цементу, показав інтенсивність піку гідроксиду кальцію вищу, ніж перші два спектри, навіть при зниженому вмісті цементу. Це свідчить про те, що поєднання золи і гідрофобізатора сприяло гідратації, підвищенню кристалічності продуктів гідратації і, в кінцевому підсумку, поліпшенню структурної цілісності бетону.

Висновок

Дослідження демонструє, що додавання золи-виносу і цементуючих капілярних кристалічних гідроізоляторів значно покращує властивості бетону, особливо з точки зору динаміки гідратації, мікроструктури і загальних експлуатаційних характеристик. Хоча тип продуктів гідратації залишається незмінним, інтенсивність ключових кристалічних піків, таких як гідроксид кальцію і негідратовані компоненти цементу, суттєво змінюється. Летюча зола, як додатковий цементуючий матеріал, дещо збільшує інтенсивність піку гідроксиду кальцію, що вказує на її роль у сприянні утворенню гелеподібних продуктів гідратації та кристалізації, які мають вирішальне значення для підвищення міцності та довговічності бетону. Крім того, за рахунок заміни частини цементу на летючу золу покращується внутрішня структура і щільність бетону, що призводить до отримання більш компактного матеріалу.

Додавання капілярно-кристалічних гідроізоляторів має більш виражений ефект, значно збільшуючи інтенсивність піку гідроксиду кальцію. Це свідчить про те, що гідроізолятор сприяє підвищенню кристалічності продуктів гідратації, покращуючи як процес гідратації, так і загальні механічні властивості бетону. Це призводить до отримання міцнішого і довговічнішого бетону з покращеною стійкістю до проникнення води.

Коли зола-винесення і гідроізолятор використовуються в комбінації, їх синергетичний ефект ще більше сприяє кристалізації продуктів гідратації і підтримує реакцію гідратації, незважаючи на знижений вміст цементу. Така комбінація покращує мікроструктуру бетону, підвищуючи його стійкість до розтріскування і покращуючи гідроізоляційні властивості. Поєднання цих матеріалів не тільки оптимізує процес гідратації, але й сприяє підвищенню стійкості бетону за рахунок зменшення загального вмісту цементу та покращення його екологічних характеристик.

Зрештою, результати підкреслюють потенціал цих модифікованих матеріалів для покращення механічних властивостей бетону, водонепроникності та довготривалої довговічності. Це робить золу і цементні капілярно-кристалічні гідроізолятори ефективними рішеннями для розробки бетону з покращеними експлуатаційними характеристиками і стійкістю, що сприяє розвитку будівельних матеріалів для більш довговічної та екологічно чистої інфраструктури.

Отриманий матеріал має високі гідроізоляційні якості, що дозволяє більш ефективно використовувати його для будівництва вразливих до вологи конструкцій та підземних споруд, як в даному будинку.

РОЗДІЛ 4. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

4.1. Ситуаційний план

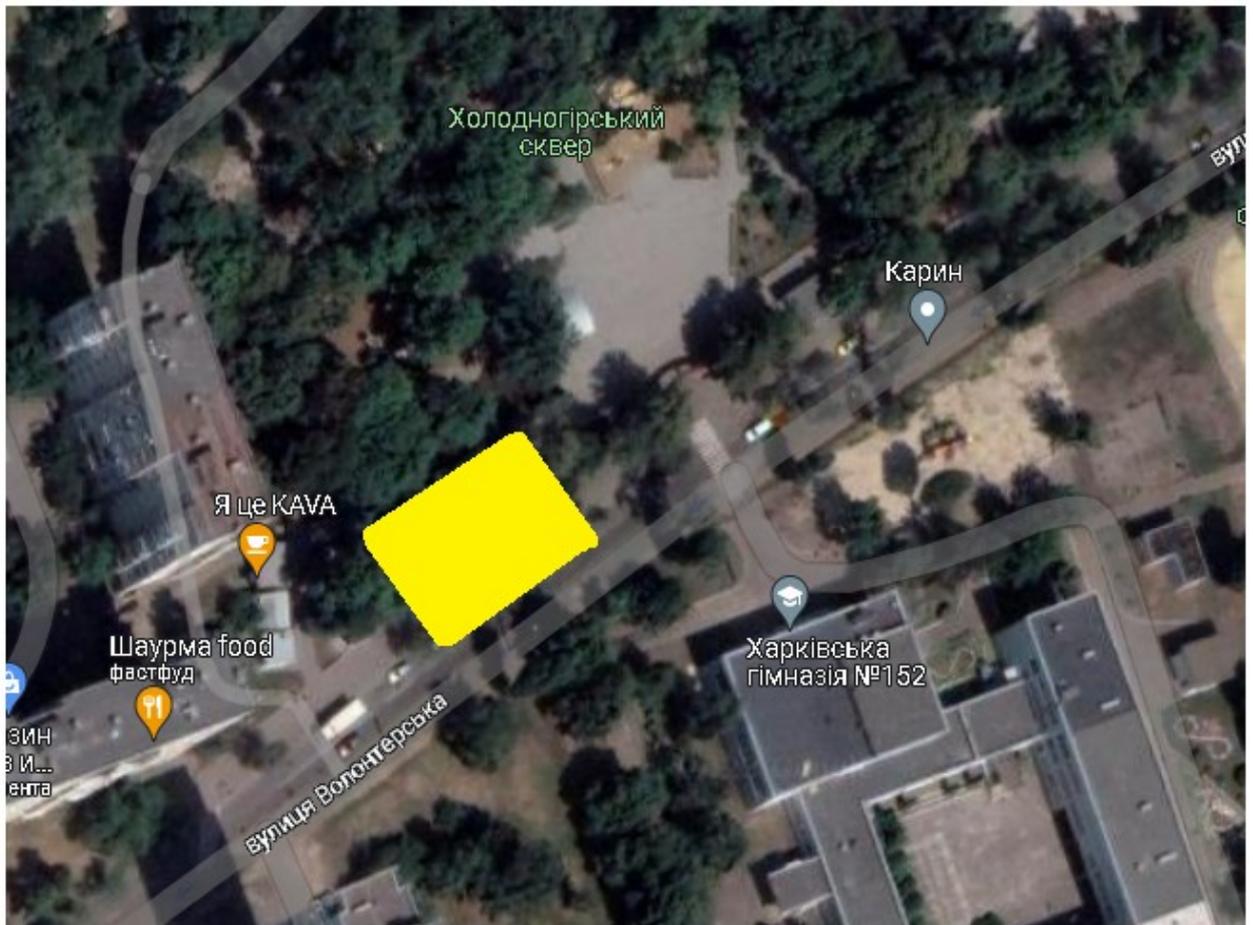


Рис. 4.1. Ситуаційний план

Багатоповерховий житловий будинок планується будувати на вулиці Волонтерській в місті Харків.

4.2. Об'ємно-планувальне рішення

Житловий будинок являє собою 28-поверхову споруду з монолітним залізобетонним каркасом, що забезпечує високу міцність, а підземні конструкції побудовані з використанням гідроізоляційних добавок в бетоні. Конструкція будівлі має складне геометричне планування і включає два окремі під'їзди, кожен з яких має точні розміри 32 300 мм в довжину і 17 000 мм в ширину. Вертикальний зв'язок між поверхами забезпечують сходові клітки та ліфти. Ліфти виготовлені компанією Otis, відомою своєю безпекою та ефективною роботою.

Загальна висота будівлі становить 110 метрів. На першому поверсі розташовані чотири квартири, комерційні торгові приміщення для магазинів та підземний паркінг, що охороняється. З другого по тринадцятий поверх - по вісім квартир на рівні. З чотирнадцятого по двадцять восьмий поверхи - по чотири квартири на кожному поверсі. Всі квартири спроектовані з висотою від підлоги до стелі 3,15 метра, що забезпечує відчуття відкритості та комфорту.

Кожна квартира обладнана окремими ванними кімнатами та туалетами. Залежно від планування, квартири мають один або два балкони, кожен розміром 1,5 на 4 метри. Балкони огорожені перилами із загартованого ламінованого скла виробництва Saint-Gobain, що забезпечують безпеку та елегантний зовнішній вигляд. Вікна виготовлені з алюмінієвими рамами з потрійним склінням від Schüco, що забезпечують високу теплоізоляцію (коефіцієнт теплопередачі $\leq 1,0$ Вт/м²К) та акустичні характеристики (зниження рівня шуму до 42 дБ).

Для максимального використання міського простору та забезпечення безпечного зберігання автомобілів у проекті передбачено п'ятиповерховий підземний паркінг. Ця споруда опускається на 17,3 метра нижче рівня землі, кожен рівень має висоту 3,15 метра. Паркінг пропонує 185 стандартних паркомісць, кожне з яких має довжину 5 000 мм і ширину 2 500 мм, що дозволяє розмістити транспорт всіх мешканців та гостей. Рух транспортних засобів між поверхами полегшують залізобетонні пандуси з кутом нахилу 5 градусів, спроектовані для забезпечення безперешкодної та безпечної експлуатації. Вертикальний рух пішоходів на рівнях паркінгу підтримується двома ліфтами та вантажним ліфтом.

У конструкції будівлі використано бетон марки С30/37 для конструктивних елементів. Армування виконано з використанням сталевих арматур марки 500.

Таблиця 4.1. Експлікація приміщень першого поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа , м ²	Кат. приміщення
1	Спальня	19.47	
2	Зал	21.33	
3	Кухня	16.98	
4	Санвузол	2.62	
5	Коридор	11.56	
6	Ванна кімната	5.55	
7	Спальня	20.39	
8	Балкон	0.86	
9	Спальня	15.63	
10	Зал	18.47	
11	Кухня	15.25	
12	Санвузол	2.62	
13	Коридор	19.20	
14	Ванна кімната	5.02	
15	Балкон	0.87	
16	Кухня	18.77	
17	Балкон	0.98	
18	Санвузол	3.49	
19	Коридор	16.69	
20	Зал	38.54	
21	Спальня	22.99	
22	Спальня	25.12	
23	Ванна кімната	4.11	
24	Спальня	22.23	
25	Спальня	37.28	
26	Спальня	38.00	
27	Балкон	8.01	
28	Санвузол	6.26	
29	Ванна кімната	7.90	
30	Коридор	36.42	
31	Кухня	21.59	
32	Зал	38.78	
33	Балкон	1.08	
34	Санвузол	7.36	
35	Магазин	63.91	
36	Магазин	31.82	
37	Магазин	40.41	
38	Магазин	59.08	

Таблиця 4.2. Експлікація приміщень 2-13 поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
1	Спальня	19.47	
2	Зал	21.33	
3	Кухня	16.98	
4	Санвузол	2.62	
5	Коридор	11.56	
6	Ванна кімната	5.55	
7	Спальня	20.39	
8	Балкон	0.86	
9	Спальня	15.63	
10	Зал	18.47	
11	Кухня	15.25	
12	Санвузол	2.62	
13	Коридор	19.20	
14	Ванна кімната	5.02	
15	Балкон	0.87	
16	Кухня	18.77	
17	Балкон	0.98	
18	Санвузол	3.49	
19	Коридор	16.69	
20	Зал	38.54	
21	Спальня	22.99	
22	Спальня	25.12	
23	Ванна кімната	4.11	
24	Спальня	22.23	
25	Спальня	37.28	
26	Спальня	38.00	
27	Балкон	8.01	
28	Санвузол	6.26	
29	Ванна кімната	7.90	
30	Коридор	36.42	
31	Кухня	21.59	
32	Зал	38.78	
33	Балкон	1.08	
34	Санвузол	7.36	

Номер приміщення	Найменування	Площа, м	Кат. приміщення
35	Спальня	38.00	
36	Балкон	8.01	
37	Спальня	37.28	
38	Спальня	22.23	
39	Санвузол	7.36	
40	Коридор	36.42	
41	Зал	38.78	
42	Балкон	1.08	
43	Кухня	21.59	
44	Ванна кімната	7.90	
45	Санвузол	6.26	
46	Спальня	25.12	
47	Ванна кімната	4.11	
48	Спальня	22.99	
49	Зал	38.54	
50	Коридор	16.77	
51	Санвузол	3.49	
52	Кухня	18.74	
53	Балкон	0.98	
54	Кухня	16.98	
55	Санвузол	2.62	
56	Зал	21.33	
57	Коридор	11.56	
58	Спальня	19.47	
59	Ванна кімната	5.55	
60	Спальня	20.39	
61	Балкон	0.86	
62	Коридор	19.25	
63	Санвузол	2.34	
64	Кухня	15.25	
65	Зал	18.47	
66	Ванна кімната	5.02	
67	Спальня	15.63	
68	Балкон	0.87	

Таблиця 4.3. Експлікація приміщень 14-28 поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
1	Кухня	10.77	
2	Балкон	0.98	
3	Санвузол	3.49	
4	Коридор	16.69	
5	Зал	38.54	
6	Спальня	22.99	
7	Спальня	25.12	
8	Ванна кімната	4.11	
9	Спальня	22.23	
10	Спальня	37.28	
11	Спальня	38.00	
12	Балкон	8.01	
13	Санвузол	6.26	
14	Ванна кімната	7.90	
15	Коридор	36.42	
16	Кухня	21.59	
17	Зал	38.78	
18	Балкон	1.08	
19	Санвузол	7.36	
20	Спальня	38.00	
21	Балкон	8.01	
22	Спальня	37.28	
23	Спальня	22.23	
24	Санвузол	7.36	
25	Коридор	36.42	
26	Зал	38.78	
27	Балкон	1.08	
28	Кухня	21.59	
29	Ванна кімната	7.90	
30	Санвузол	6.26	
31	Спальня	25.12	
32	Ванна кімната	4.11	
33	Спальня	22.99	
34	Зал	38.54	
35	Коридор	16.77	
36	Санвузол	3.49	
37	Кухня	10.74	
38	Балкон	0.98	

4.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти та основи

Фундамент 28-поверхового житлового будинку складається з монолітної залізобетонної фундаментної плити, що спирається на пальові фундаменти для забезпечення стійкості та розподілу навантаження. Її товщина становить 900 мм, що забезпечує необхідну міцність для підтримки конструкції. Плита побудована з використанням важкого бетону класу С25/30, який має характеристичну міцність на стиск 30 МПа. Плита передає навантаження на залізобетонні буронабивні палі діаметром 800 мм і середньою глибиною 20 метрів, що розташовані у вигляді сітки з кроком в один метр.

Горизонтальна гідроізоляція фундаменту досягається за допомогою рідкого розчину на основі склоцементу і вапна, що забезпечує безшовний і довговічний бар'єр від вологи. Горизонтальний шар гідроізоляції наноситься товщиною 3 мм за допомогою спеціалізованого обладнання для рівномірного покриття. Для вертикальної гідроізоляції стіни підвалу покриваються двома шарами термореактивної мастики, кожен шар наноситься товщиною 2 мм. Мастика являє собою модифікований полімерами бітумний матеріал, що забезпечує стійкість до гідростатичного тиску і проникнення ґрунтової вологи.

Для збереження цілісності конструкції та запобігання інфільтрації води по периметру фундаменту встановлюються дренажні труби з поліетилену високої щільності компанії Wavin. Ці труби укладаються в гравійну подушку і захищаються геотекстильним фільтром для забезпечення ефективного управління водними ресурсами.

Всі будівельні роботи, включаючи фундамент і системи гідроізоляції, проводяться в суворій відповідності з місцевими будівельними нормами і міжнародними стандартами. Детальні геотехнічні вишукування та структурний аналіз керують проектуванням і виконанням робіт, забезпечуючи довгострокову довговічність і безпеку фундаментної системи.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Будівництво стін підземного паркінгу з монолітного бетону починається з риття котловану, укріплення ґрунту та облаштування дренажної системи. Далі встановлюють опалубку та армування для підвищення міцності конструкції. У бетонну суміш додають золу виносення, яка покращує щільність і міцність, поліпропіленові волокна для зменшення ризику тріщин і капілярно-кристалічний гідроізолятор, що підвищує водонепроникність. Готовий бетон заливають у опалубку, ущільнюють вібраторами та витримують у вологих умовах для рівномірного твердіння. Після демонтажу опалубки за необхідності наносять додаткову гідроізоляцію. Завдяки таким добавкам стіни стають міцними, довговічними та добре захищеними від вологи.

Зовнішні стіни запроектовані як самонесучі конструкції товщиною 440 мм, побудовані з використанням блоків з автоклавного газобетону. Блоки мають щільність D500 та розміри $600 \times 200 \times 400$ мм. Цей матеріал обрано за його сучасні характеристики, що поєднують відмінні теплоізоляційні властивості, легку конструкцію та несучу здатність, придатну для висотного будівництва. Блоки укладаються з використанням тонкошарового клейового розчину, що забезпечує мінімальний тепловий місток і підвищену енергоефективність.

Для досягнення необхідних теплових характеристик стіни фасаду зовні утеплені пінополістирольними плитами щільністю 35 кг/м^3 , що відповідають стандартам енергоефективності. Ізоляція товщиною 150 мм закріплена за допомогою клею та механічних кріплень, після чого нанесено армований базовий шар зі скловолокнистої сітки для додаткової стабільності та довговічності.

Перегородки складаються з легких газобетонних блоків щільністю 400 кг/м^3 і товщиною 200 мм. Ці блоки забезпечують оптимальний баланс між економічною ефективністю та теплопровідністю, ще більше покращуючи загальні ізоляційні характеристики стінової системи.

Зовнішня поверхня стін оброблена полімер-модифікованою атмосферостійкою штукатуркою виробництва компанії Weber, що забезпечує довговічний і візуально привабливий фасад. Ця конструкція стін забезпечує відповідність сучасним вимогам енергоефективності, зберігаючи при цьому економічну ефективність і структурну цілісність.

Перекриття

Перекриття будівлі виконано з використанням монолітних залізобетонних плит товщиною 250 мм. Ці плити відливаються на місці з бетону класу C25/30 з характеристичною межею міцності на стиск 30 МПа. Армування плит спроектовано і виконано відповідно до стандартів для залізобетонних конструкцій. Використовується високоміцна сталева арматура марки B500B. Арматура складається з двошарової сталеві сітки, стержні якої розташовані з кроком 150 мм, що забезпечує стійкість до згинання та зсуву. Мінімальний шар бетону становить 25 мм, щоб захистити арматуру від корозії та вогню.

Плити виконані з допомогою системи опалубки від компанії PERI, що забезпечує точні розміри і високу якість обробки. Під час будівництва встановлюються тимчасові опори та підпори для забезпечення стабільності конструкції, поки бетон не досягне необхідної міцності. Ці плити забезпечують відмінну несучу здатність, довговічність і стійкість до вібрацій, відповідаючи структурним і функціональним вимогам будівлі.

Сходи

Внутрішні сходи - це збірні залізобетонні конструкції, спроектовані як двомаршеві з ребристим покриттям для посилення структурної цілісності та розподілу навантаження. Ці сходи виготовлені з використанням бетонних елементів заводського виробництва марки C30/37, що забезпечують характерну міцність на стиск 37 МПа, з армуванням зі сталі марки B500B.

Сходинок інтегровані в конструкцію і мають нековзне покриття з полірованого граніту від компанії Granex товщиною 30 мм як з естетичних міркувань, так і з міркувань безпеки. Глибина кожної проступи становить 300

мм, а висота підсходинки - 150 мм, що забезпечує відповідність ергономічним нормам і будівельним правилам.

Сходи спроектовані з міцним з'єднанням з площадками та стінами за допомогою вбудованих сталевих пластин і дюбелів, що гарантує стабільну та безпечну установку. Ребриста конструкція оптимізує використання матеріалів, зберігаючи при цьому несучу здатність.

Поручні виготовлені з труб з нержавіючої сталі з матовим покриттям, що забезпечує довговічність і стійкість до корозії. Балюстради кріпляться за допомогою прихованих анкерів, що надає їм чистого та сучасного вигляду.

Ці збірні сходи забезпечують стабільну якість, скорочують час монтажу та зменшують кількість робочої сили на будівельному майданчику, що відповідає загальним цілям ефективності будівельного проекту.

Дах та покрівля

Будинок має шатровий дах з декоративними куполами і вставками, покликаний поєднувати функціональність з естетичною привабливістю. Покриття даху складається з високоякісних металевих листів з оцинкованої сталі, покритих полімерним покриттям для забезпечення корозійної стійкості та довговічності. Листи, що постачаються компанією Ruukki, мають товщину 0,6 мм і пофарбовані поліуретановим покриттям, що забезпечує довготривалий захист від атмосферних впливів та ультрафіолетового випромінювання.

Каркас даху побудований з використанням ламінованих дерев'яних елементів. Ці елементи оброблені вогнетривкими та протигрибковими покриттями для підвищення безпеки та довговічності. Конструкції розраховані на вагу покрівельного покриття, снігове навантаження та додаткові декоративні елементи.

Для забезпечення захисту від вологи та конденсату встановлюються шари гідро- та пароізоляції. Гідроізоляційна мембрана розміщується над покрівельним настилом, щоб запобігти проникненню води, а пароізоляція,

наприклад встановлюється під шаром теплоізоляції для регулювання вологості і підтримки комфорту в приміщенні.

По периметру даху встановлений захисний бортик та інтегрована система управління зливовими водами, що включає жолоби та водостоки з попередньо пофарбованої оцинкованої сталі. Ці елементи призначені для ефективного відведення води від будівлі, запобігаючи пошкодженню конструкцій і зберігаючи цілісність фундаменту.

Декоративні куполи та вставки виготовлені з легкого алюмінію з порошковим покриттям, що забезпечує стійкість до корозії та простоту обслуговування. Ці архітектурні елементи надійно закріплені на каркасі даху, підвищуючи візуальну привабливість будівлі, зберігаючи при цьому безпеку конструкції.

Вікна та двері

Вікна та балконні двері виготовлені з високоякісних металопластикових профілів, з використанням ПВХ-рам серії Rehau Euro-Design 70, з двокамерними склопакетами з низькоемісійним склом. Склопакет має розрахунковий термічний опір 0,6 С/Вт, що забезпечує зменшення тепловтрат та покращену звукоізоляцію. Склопакет має 16-міліметрову заповнену аргоном прокладку між двома 4-міліметровими шибками, одна з яких має покриття для підвищення енергоефективності.

Вхідні двері до квартир виготовлені з посиленого, ударостійкого металу з межею вогнестійкості не менше 0,6 години. Ці двері мають сталеві рами, панелі товщиною 2 мм та ізоляційне наповнення з мінеральної вати, що забезпечує як теплоізоляцію, так і вогнестійкість. Кожні двері оснащені гумовими ущільнювачами для забезпечення герметичності і обладнані високозахисними багатоточковими замками, що гарантують надійну безпеку. Міжкімнатні двері дерев'яні, виготовлені з масиву дуба з ламінованим покриттям, що забезпечує довговічність і високоякісний естетичний вигляд. Розміри дверей з типовою шириною 900 мм і висотою

2000 мм для стандартних приміщень, що забезпечує функціональні та рівномірні отвори в усьому будинку.

Головні вхідні двері в будівлю виготовлені з вогнестійкої сталі з межею вогнестійкості 0,5 години. Ці двері оснащені кодовими замками та домофонними системами для контрольованого доступу. Двері, що ведуть на горище, в ліфтові шахти та технічні приміщення, відповідають нормам пожежної безпеки, оснащені самозакривними пристроями, ручками, засувками та сертифікованими замками. Механізми самозачинення гарантують, що двері залишатимуться зачиненими для підтримання протипожежного розмежування.

Балконні та аварійні виходи спроектовані відповідно до вимог евакуації, всі двері відчиняються назовні, щоб полегшити швидку евакуацію. Двері на горище та в технічні приміщення також утеплені мінеральною ватою, щоб відповідати стандартам термо- та вогнестійкості. Ці особливості забезпечують безпеку, комфорт і відповідність будівельним нормам, надаючи пріоритет функціональності та енергоефективності.

Покриття підлог

Підлоги у житловому будинку підбираються з урахуванням функціонального призначення кожного приміщення, забезпечуючи довговічність, комфорт та простоту догляду.

У спальнях настиляється ламінат класу зносостійкості 32, товщиною 8 мм, з антистатичним покриттям, стійкістю до подряпин і легким доглядом. Матеріал має підвищену стійкість до вицвітання, а поверхня має тиснення під натуральну деревину. Ламінат укладається на коркову підкладку 2 мм, яка забезпечує додаткову шумо- та теплоізоляцію. Колір – натуральний дуб.

У вітальні використовується паркетна дошка з дуба, товщиною 14 мм, зі структурованою поверхнею та потрійним захисним покриттям маслом-воском, що забезпечує вологостійкість, захист від механічних пошкоджень і природну текстуру дерева. Паркет укладається плаваючим способом із

використанням підкладки товщиною 3 мм для шумоізоляції та амортизації навантажень.

У кухні укладається керамічна плитка розміром 60×60 см, класу зносостійкості PEI IV, з матовою поверхнею, антиковзким покриттям R10, стійкістю до вологи, побутової хімії та перепадів температур. Колір – світло-сірий. Для довговічності та естетики використовується вологостійка антибактеріальна затирка.

У ванних кімнатах використовується керамограніт розміром 60×60 см, водопоглинання $\leq 0,5\%$, з протиковзким покриттям R11, стійкістю до агресивних миючих засобів і тривалого впливу вологи. Поверхня матова, текстурована, колір – білий. Для комфорту встановлюється електрична система підігріву підлоги, що забезпечує рівномірний розподіл тепла.

У коридорах і передпокої застосовується вінілова плитка SPC товщиною 5 мм з інтегрованою підкладкою 1,5 мм. Вона має 43 клас зносостійкості, 100% вологостійкість, антиковзке покриття R10, стійкість до механічних навантажень і подряпин. Матеріал не вбирає бруд, легко миється і витримує перепади температур. Поверхня імітує натуральну деревину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с.
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с.
3. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
4. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с.
5. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
6. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
7. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с.
8. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
9. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с.
10. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с.
11. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
12. 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.
13. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.
14. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с.
15. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с.

16. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с.
17. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи. – Суми: СНАУ, 2011.
18. Нормування праці та кошториси в будівництві. – Суми: «Мрія-1», 2010. – 452 с.
19. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). – Суми: СНАУ, 2011. – 125 с.
20. Сидор, Н. І., Марущак, У. Д., Маргаль, І. В./ Вплив компонентного складу на властивості інженерних цементуючих композитів, 2018
21. Li H., Zhou A., Wu Y., Deng L., Zhu K., Lu F. Research and Development of Self-Waterproofing Concrete for Tunnel Lining Structure and Its Impermeability and Crack Resistance Characteristics // Materials. – 2023. – Т. 16, № 16. – С. 5557