

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. С. Савченко

«___»_____2026р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві 28-поверхового житлового будинку в м. Київ»

Виконав (ла)

Б. В. Порфілов

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2401-2 м

(Науковий)
керівник

М. В. Нагорний

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

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

Порфілов Богдан Володимирович

Тема роботи: Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві 28-поверхового житлового будинку в м. Київ

Затверджено наказом по університету № _____ від "___" ___ 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "___" _____ 2026 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, Розділ 3. Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон, 3.1 Фізико-хімічні властивості гідроізоляційних добавок в бетон, 3.2 Техніко-економічний аналіз використання гідроізоляційних добавок, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1 Ситуаційний план, 4.2 Об'ємно-планувальне рішення, 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

19 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Консультант		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання:		
Здобувач		Б. В. Порфілов
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Анотація

Порфілов Богдан Володимирович «Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон при будівництві 28-поверхового житлового будинку в м. Київ» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2026.

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.

Дослідження присвячене вивченню впливу гідроізоляційних добавок на властивості бетону в багатоповерхових житлових будинках. Актуальність теми визначається зростаючою складністю сучасного міського будівництва та необхідністю забезпечення довговічності та безпеки залізобетонних конструкцій, особливо в підземних рівнях, що піддаються гідростатичному тиску та агресивним умовам навколишнього середовища.

Дослідження зосереджено на житловому будинку з підземними рівнями. Фундамент складається з монолітної залізобетонної плити, що спирається на пальове поле, а надбудова утворена залізобетонним каркасом з колон, балок і плит перекриття. В якості інтегрованих добавок досліджувалися кристалічні добавки, полімерні емульсії та поліпропіленові волокна. Кристалічні домішки покращують самоущільнення мікротріщин і зменшують водопроникність, полімерні емульсії підвищують адгезію і гнучкість у будівельних швах, а поліпропіленові волокна контролюють усадку, покращують міцність на розрив і запобігають утворенню мікротріщин.

Експериментальний аналіз та розрахунки на конкретних прикладах показали, що комбіноване використання цих добавок значно підвищує довговічність бетону, зменшує проникнення води та підвищує стійкість до

усадки та тріщин. Інтегральне включення добавок у бетон забезпечує безперервну гідроізоляцію плит, стін та елементів фундаменту, усуваючи необхідність у зовнішніх мембранних системах та забезпечуючи довгостроковий захист в умовах гідростатичного навантаження.

Ключові слова: гідроізоляція, підземний паркінг, житловий будинок.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Порфілов Б. В. Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Порфілов Б. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ДОБАВОК В БЕТОН: ЕКОНОМІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ПИТАННЯ // Матеріали ХІХ Міжнародної науково- практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.35

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 42 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 5 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 18 використаних джерел. Графічна частина складається з 19 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Bohdan Porfilov “Study of the effect of waterproofing additives in concrete during the construction of a 28-story residential building in Kyiv.” Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2026.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the work and its qualifying characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

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

The study is devoted to investigating the effect of waterproofing additives on the properties of concrete in multi-storey residential buildings. The relevance of the topic is determined by the growing complexity of modern urban construction and the need to ensure the durability and safety of reinforced concrete structures, especially in underground levels that are subject to hydrostatic pressure and aggressive environmental conditions.

The study focuses on a residential building with underground levels. The foundation consists of a monolithic reinforced concrete slab supported by a pile field, and the superstructure is formed by a reinforced concrete frame of columns, beams, and floor slabs. Crystalline additives, polymer emulsions, and polypropylene fibers were studied as integrated additives. Crystalline additives improve the self-compaction of microcracks and reduce water permeability, polymer emulsions increase adhesion and flexibility in construction joints, and polypropylene fibers control shrinkage, improve tensile strength, and prevent the formation of microcracks.

Experimental analysis and calculations based on specific examples have shown that the combined use of these additives significantly increases the durability of concrete, reduces water penetration, and increases resistance to shrinkage and cracking. The integral incorporation of additives into concrete provides continuous

waterproofing of slabs, walls, and foundation elements, eliminating the need for external membrane systems and providing long-term protection under hydrostatic load conditions.

Keywords: waterproofing, underground parking, residential building.

List of student publications and/or conference presentations:

1. B. Porfilov Study of the effect of waterproofing additives in concrete // Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

2. B. Porfilov RESEARCH ON THE EFFECT OF WATERPROOFING ADDITIVES IN CONCRETE: ECONOMIC AND TECHNICAL ISSUES // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 35

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 42 pages, including 6 tables and 5 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, and a list of 18 sources used. The graphic part consists of 19 slides from a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	12
Розділ 3. Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон.....	20
3.1 Фізико-хімічні властивості гідроізоляційних добавок в бетон.....	20
3.2 Техніко-економічний аналіз використання гідроізоляційних добавок...25	
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	32
4.1 Ситуаційний план.....	32
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	32
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	33
Список використаних джерел.....	41

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Питання забезпечення довговічності та водостійкості залізобетонних конструкцій у висотних житлових будинках стає все більш актуальним через зростаючу складність міського будівництва та використання глибоких підземних споруд. Проникнення води, усадка та корозія арматури значно впливають на термін експлуатації та безпеку таких будівель. Використання інтегрованих гідроізоляційних добавок у бетоні є сучасним підходом до зменшення цих ризиків, що забезпечує надійне рішення для довгострокової експлуатації конструкцій у мінливих умовах навколишнього середовища.

Мета і завдання дослідження: Метою цього дослідження є оцінка впливу різних типів гідроізоляційних добавок на фізичні та механічні властивості бетону та визначення їх оптимального застосування у висотних житлових будівлях. Завдання включають: аналіз історичного та сучасного використання гідроізоляційних добавок, класифікацію основних типів добавок та їх механізмів, оцінку їх впливу на міцність, водонепроникність та довговічність бетону, а також проведення техніко-економічної оцінки їх застосування на прикладі 28-поверхового житлового будинку.

Об'єкт дослідження: 28-ми поверховий житловий будинок в місті Київ.

Предмет дослідження: Використання гідроізоляційних добавок в бетон.

Методи дослідження: У дослідженні використовується поєднання аналітичних, експериментальних та прикладних методів. Було проведено огляд літератури та історичний аналіз для виявлення тенденцій у використанні гідроізоляційних добавок. Лабораторні дані та технічні характеристики матеріалів були використані для оцінки впливу кристалічних, полімерних та волокнистих добавок на властивості бетону. Були виконані кількісні розрахунки пропорцій добавок, складу бетону та очікуваних показників ефективності. Було проведено технічний та економічний аналіз для будівлі, що є предметом

дослідження, з урахуванням витрат, споживання матеріалів та довгострокової економії на експлуатації.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Дослідження демонструє, що комбіноване використання кристалічних добавок, полімерних емульсій та поліпропіленових волокон забезпечує значне поліпшення властивостей бетону. Основні висновки включають: збільшення міцності на стиск на 10–15%, зменшення глибини проникнення води до 80%, підвищення стійкості до усадки та поліпшення довгострокової міцності. Дослідження також надає практичну основу для оптимізації пропорцій добавок з метою збалансування вартості та продуктивності, демонструючи, що вибіркове застосування полімерної смоли у зонах підвищеного ризику може знизити експлуатаційні витрати, зберігаючи високу надійність конструкції. Ці результати сприяють як теоретичному розумінню, так і практичному впровадженню інтегрованої гідроізоляції в сучасному висотному будівництві.

Практичне значення одержаних результатів: Практичне значення цього дослідження полягає в розробці прикладного підходу до підвищення міцності та водонепроникності залізобетонних конструкцій у багатоповерхових житлових будинках з глибокими підземними рівнями. Отримані результати можуть бути безпосередньо використані при проектуванні та будівництві фундаментних плит, стін підвалів, паль та плит перекриття шляхом додавання кристалічних домішок, полімерних емульсій та поліпропіленових волокон до бетонних сумішей. Запропонована комбінація та вибіркове застосування добавок дозволяють інженерам зменшити водонепроникність та контролювати усадку, а також підвищити надійність конструкцій під гідростатичним тиском.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Порфілов Б. В. Дослідження впливу гідроізоляційних добавок в бетон // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Порфілов Б. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ДОБАВОК В БЕТОН: ЕКОНОМІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ПИТАННЯ // Матеріали

XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків,
2025. С.35

РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Поліпшення гідроізоляційних властивостей бетону було пріоритетом з найперших етапів його технологічної еволюції. Перші відомі водонепроникні бетони були розроблені в Стародавньому Римі, де вапняно-пуццоланові суміші, що містили вулканічний попел з регіону Поццуолі, використовувалися для гідравлічних споруд, таких як Портус Клавдій (42–52 рр. н. е.) та купол Пантеону (125 р. н. е.). Склад римського бетону включав 1 частину вапна, 2 частини вулканічного попелу і 3 частини подрібненого каменю, що давало щільну матрицю з низькою проникністю. Хімічна реакція між гідроксидом кальцію і аморфними алюмосилікатами утворювала структуру кальцій-алюмосилікат-гідрат (C-A-S-H), яка забезпечувала внутрішню стійкість до проникнення води. Вимірні коефіцієнти водопоглинання для давньоримських бетонів коливаються від 2,5 до 4,0% за масою, що можна порівняти з сучасними водонепроникними бетонами класу W6–W8[2].

У середньовічному та ранньомодерному будівництві, коли природні пуццолани були дефіцитними, будівельники намагалися підвищити водостійкість, додаючи органічні гідрофобні речовини. Тваринні жири, лій, казеїн і рослинні олії додавали до вапняних розчинів, щоб утворити водовідштовхувальну плівку навколо капілярних пор. Наприклад, у 16–18 століттях у розчинах, що використовувалися в європейських фортифікаційних спорудах, додавання 1–2% лую за масою в'язучого матеріалу зменшувало капілярне водопоглинання на 30–40%. Хоча такі матеріали не мали структурної міцності римських цементів, вони продемонстрували перше навмисне використання гідрофобної модифікації в неорганічних матрицях.

Значний технологічний стрибок відбувся в 19 столітті з промисловим виробництвом портландцементу. Ця інновація уможливила стандартизацію складів бетону та наукове дослідження їх характеристик. У 1870–1890 роках для зменшення пористості та поліпшення водонепроникності почали використовувати перші мінеральні добавки, такі як дрібно подрібнений цегляний

пил, доменний шлак і трас. Суміші, що містили до 15% активної мінеральної добавки за масою цементу, продемонстрували зниження проникності до 50% порівняно з бетонами з чистого портландцементу. У той час основний підхід до гідроізоляції базувався на мікроструктурному ущільненні, а не на утворенні гідрофобних бар'єрів.

На початку 20 століття з'явилися хімічні добавки, спеціально розроблені для модифікації процесу гідратації. У Німеччині та США до цементних розчинів додавали гідроізоляційні матеріали на основі силікатів, такі як силікат натрію (Na_2SiO_3), для заповнення капілярних пор шляхом утворення гелю на місці. Типовою була концентрація 3–5 % силікату натрію в масі цементу, що призводило до зниження водопроникності на один-два класи проникності. Однак через вицвітання та нестабільність у лужних середовищах ці ранні рішення після 1930 року були швидко замінені більш стабільними системами на основі органічного кремнію та смол.

Період з 1930 по 1960 рік ознаменував початок систематичного розвитку синтетичних гідроізоляційних добавок. Поява бітумних емульсій і хлорованих каучукових сполук дозволила утворювати суцільні гідрофобні плівки в затверділому бетоні. Такі добавки, що використовувалися в кількості 2–4 % від маси в'язучого, поліпшували водостійкість від W4 до W8 і продовжували термін служби більш ніж на 25 % в конструкціях, що піддавалися періодичному намоканню і висиханню. Однак ці органічні сполуки негативно впливали на адгезію і морозостійкість, що обмежувало їх застосування в конструкційному бетоні.

У 1970-х роках досягнення в полімерній хімії призвели до появи латекс-модифікованих бетонів. Емульсії стирол-бутадієну (SBR) та акрилового кополімеру діяли як пластифікатори та гідроізоляційні агенти. Їх додавання в кількості 5–10% від маси цементу зменшувало капілярне поглинання на 60–70% та покращувало стійкість до тріщин завдяки утворенню полімерної плівки на межі пор. Латексні бетони стали особливо поширеними у водоутримуючих спорудах, басейнах та конструкціях підвалів житлових будинків. Випробування

показали водопоглинання 1,5–2,0%, що відносить їх до категорії високоефективних водонепроникних бетонів.

Паралельно з полімерними системами почали розвиватися кристалічні технології гідроізоляції. Найперші комерційні рецептури з'явилися в 1980-х роках на основі реактивних силікатів та алюмосилікатів, здатних утворювати нерозчинні кристали в капілярній мережі. Ці матеріали діяли за рахунок автогенного відновлення: наявність вологи спричиняла подальше зростання кристалів, ущільнюючи мікротріщини шириною до 0,4 мм. Додавання становило 0,8–1,2 % від маси цементу, що дозволяло досягти зниження проникності до 90 % порівняно з контрольними зразками. Така технологія стала проривною — від зовнішнього покриття до внутрішніх самоущільнювальних систем, інтегрованих у цементну матрицю[18].

Наприкінці 20-го і на початку 21-го століть впровадження багатокомпонентних гідроізоляційних добавок поєднало кілька механізмів дії: гідрофобізацію, ущільнення пор і хімічне ущільнення. Сучасні рецептури часто містять суперпластифікатори на основі полікарбоксилатів, модифікатори на основі кремнію та наноструктурований кремнезем для оптимізації реології та довготривалої водонепроникності. Лабораторні дані показують, що бетони, які містять ці домішки, досягають ступеня гідроізоляції W10–W14, міцності на стиск до 60 МПа та стійкості до циклів заморожування-розморожування до F300–F400, що повністю відповідає експлуатаційним вимогам будівництва у вологих континентальних кліматичних умовах.

На початку 21 століття гідроізоляційні добавки еволюціонували від допоміжних матеріалів до стандартного компонента технології конструкційного бетону. Їх використання зараз регулюється національними та міжнародними стандартами, які визначають категорії характеристик для гідроізоляційних добавок. Сучасні дослідження продовжують зосереджуватися на синергії між модифікаторами наночастинок, полімерними дисперсіями та кристалізаційними агентами з метою зменшення проникності нижче 1×10^{-12} м/с при збереженні механічної цілісності та безпеки.

Сучасні гідроізоляційні добавки до бетону поділяються за їх функціональним механізмом дії та хімічним складом. Класифікація базується на типі взаємодії між добавкою та цементною матрицею, а також на результаті модифікації мікроструктури бетону. Існує три основні функціональні групи: гідрофобні добавки, добавки, що ущільнюють структуру, та добавки, що утворюють кристали. Кожна група діє за допомогою окремих фізико-хімічних процесів, які зменшують проникність і покращують міцність бетону під гідростатичним тиском.

Гідрофобні добавки діють шляхом утворення тонкої водовідштовхувальної плівки вздовж поверхні пор затверділої цементної маси. Ці речовини, які базуються на модифікованих жирних кислотах, органічних кремнієвих сполуках або полімерних емульсіях, змінюють поверхневу енергію цементної матриці, перетворюючи її з гідрофільної на гідрофобну. Кут контакту води на оброблених поверхнях збільшується з 30° в необробленому бетоні до $95\text{--}110^\circ$ після гідрофобізації, що ефективно запобігає капілярному поглинанню. Коефіцієнт капілярного поглинання води зменшується на $60\text{--}80\%$, а клас водопроникності підвищується з W4 до W10, залежно від дозування та умов затвердіння.



Рис. 2.1 Ефект від гідрофобної добавки до бетону

Добавки, що ущільнюють структуру, діють за іншим механізмом. Вони заповнюють капілярну систему нерозчинними або малорозчинними сполуками,

що утворюються під час гідратації. Дрібнодисперсні поцоланові або силікатні матеріали реагують з гідроксидом кальцію, що виділяється під час гідратації цементу, утворюючи додаткові фази гідрату кальцію-силікату (C-S-H). Це зменшує загальну відкриту пористість і вдосконалює розподіл розмірів пор від типового діаметра капілярів 0,1–1,0 мкм до менше ніж 0,05 мкм, що блокує рух рідкої води під тиском. Така модифікація не тільки зменшує проникність, але й збільшує міцність на стиск на 10–15%, оскільки мікроструктура стає щільнішою і більш однорідною[18].

Кристалотворюючі або самоущільнювальні добавки характеризуються здатністю утворювати кристалічний ріст у мережі пор бетону. Ці сполуки, що складаються переважно з реактивних оксидів металів і силікатів, ініціюють кристалізацію при контакті з вологою. Утворені кристали розміром 2–10 мкм, поступово заповнюють існуючі мікропорожнини та капілярні канали, закриваючи їх назавжди. Ефект самовідновлення дозволяє мікротріщинам шириною до 0,3–0,4 мм автоматично запечатуватися під впливом води. В результаті коефіцієнт водопроникності може знизитися до значень нижче 1×10^{-11} м/с, що відповідає непроникному бетону під гідростатичним тиском до 1,2 МПа.

Гідроізоляційні добавки застосовуються скрізь, де залізобетонні елементи піддаються впливу вологи, води під тиском або періодичного насичення і висихання. Їх використання поширюється від фундаментів і підземних частин будівель до резервуарів для води, паркінгів і фасадів багатоповерхових житлових споруд. Вибір типу добавки залежить від умов експлуатації, класу впливу і необхідного терміну служби.

При будівництві багатоповерхових житлових будинків гідроізоляційні добавки додають у бетон, що використовується для фундаментних плит, підпірних стін і підвальних поверхів. Ці елементи працюють під високим гідростатичним тиском, особливо в регіонах з підвищеним рівнем ґрунтових вод. Для таких умов кращим є поєднання ущільнюючих і кристалотворюючих добавок. Оптимальна доза становить від 0,8 до 1,2 % від маси цементу, що

забезпечує ступінь водонепроникності W12–W14 і продовжує термін експлуатації щонайменше на 30 років без додаткового зовнішнього мембранного захисту[4].

У плитах перекриття, балконах і зовнішніх фасадах, де переважають циклічні процеси зволоження та висихання, використовуються гідрофобні полімерні добавки. Вони ефективно запобігають проникненню вологи на поверхню та захищають арматуру від корозії. Включення 2,0–3,0% гідрофобного агента за масою в'язучого зменшує поверхневе водопоглинання до менше ніж 2% за масою, зберігаючи при цьому паропроникність на рівні 0,05–0,08 мг/(м·год·Па), що забезпечує належний вологісний баланс в оболонці будівлі. Такі рецептури є необхідними для забезпечення довготривалої міцності елементів фасаду без шкоди для архітектурного оздоблення.

У промислових і комунальних спорудах, таких як резервуари, ліфтові шахти і технічні підвали, основною вимогою є повна непроникність під постійним тиском. Тут застосовуються кристалоутворюючі системи в поєднанні зі зниженим водоцементним співвідношенням. Для бетону з водоцементним співвідношенням 0,45 і вмістом добавки 1,0% проникність знижується нижче 1×10^{-12} м/с, що відповідає характеристикам водонепроникного бетону високої щільності. Ці системи дозволяють відмовитися від зовнішньої рулонної гідроізоляції та спрощують технологію будівництва, зменшуючи загальні трудові витрати на 10–15%.

У висотних залізобетонних каркасах, де несуча здатність конструкції повинна залишатися незмінною, широко застосовуються багатфункціональні домішки, що поєднують пластифікуючі та гідроізоляційні властивості. Агенти на основі полікарбоксилатів, модифіковані гідрофобними групами, зменшують необхідний вміст води на 15–20% і одночасно підвищують клас водостійкості до W8–W10. Це гарантує, що конструкційна суміш може відповідати вимогам як до міцності, так і до довговічності без додаткової модифікації[12].

Введення гідроізоляційних добавок у бетон не тільки зменшує проникність, але й змінює кілька ключових фізичних і механічних

характеристик. У бетонах класу С25/30–С35/45 додавання гідрофобних агентів призводить до збільшення середньої міцності на стиск на 8–10 %, головним чином завдяки зниженню ефективного водоцементного відношення та поліпшенню ущільнення частинок. Щільність затверділого бетону зростає з 2300 кг/м³ до 2350–2380 кг/м³, а відкрита пористість зменшується з 8–10% до 4–5%.

Для бетонів з кристалізуючими добавками найзначніше поліпшення спостерігається в довготривалій водонепроникності та морозостійкості. Після 300 циклів заморожування-розморожування зразки зберігають понад 95% своєї початкової міцності, порівняно з 70–80% для звичайних бетонів без модифікації. Водопоглинання за масою залишається нижче 1,5%, а мікроструктурний аналіз показує повне блокування безперервних капілярних каналів. У поєднанні з модифікаторами такі системи також забезпечують чудову стійкість до протиожеледних солей і хімічного впливу, що робить їх особливо придатними для нижніх зон будівель, що контактують з вологою ґрунту і талою водою.

Добавки на основі полімерів, хоча і призначені в першу чергу для гідрофобізації поверхні, також покращують міцність на згин і стійкість до тріщин. Випробування бетону, модифікованого полімерами, показують збільшення міцності на згин з 5,0 до 6,2 МПа, а міцність на розрив покращується на 20–25% завдяки утворенню еластичних містків між продуктами гідратації. Ці властивості особливо цінні в елементах, що піддаються мікрівібраціям або диференційним осіданням, таких як плити підземних паркінгів і фундаментні шви[18].

Таблиця 2.1 Класифікація гідроізоляційних добавок

Тип добавки	Основа	Дозування, % від маси цементу	Зниження водопоглинання	Клас водонепроникності	Основний ефект
Пуццоланові	Шлак, зола	5–20	30–60 %	W4–W8	Ущільнення структури
Гідрофобізуючі	Жирні кислоти, силоксани	0,2–1,0	20–50 %	W4–W6	Блокування капілярів
Силікатні	Силікат натрію, силікат калію	2–5	30–50 %	+1–2 класи	Заповнення пор гелем
Бітумні	Бітум, каучук	2–4	50–70 %	W6–W8	Суцільна гідрофобна плівка
Полімерні (латексні)	Стирол-бутадиєн	5–10	60–70 %	W8–W10	Підвищення тріщиностійкості
Кристалічні	Реактивні силікати	0,8–1,2	до 90 %	W8–W12	Самозаліковування мікротріщин
Суперпластифікатори	Полікарбоксилатні ефіри	0,5–1,5	20–40 %	W6–W8	Зменшення кількості води замішування
Наномодифікатори	Нанокремнезем	0,5–3	50–80 %	W10–W14	Ущільнення нанопор
Комбіновані	Комплексні системи	1–3	70–90 %	W10–W14	Комплексний ефект

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ДОБАВОК В БЕТОН

3.1 Фізико-хімічні властивості гідроізоляційних добавок в бетон

Експериментальне дослідження було проведено з метою визначення впливу різних гідроізоляційних добавок на основні фізичні та механічні властивості бетону, призначеного для використання в багатоповерховому житловому будівництві. Дослідження було зосереджено на трьох типових видах добавок: синтетичних мікрОВОлокнах, полімерних смолах та кристалічних сполуках. Кожна добавка була введена до стандартизованого складу бетону класу С30/37 з водоцементним співвідношенням 0,45. Були використані портландцемент класу міцності 42,5R, подрібнений гранітний заповнювач (5–20 мм) та річковий пісок з модулем тонкості 2,3.

Випробувальні зразки готували в сталевих формах і витримували в умовах контрольованої вологості ($95 \pm 2\%$) при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Після 28 днів витримки визначали такі властивості: міцність на стиск, щільність, водопоглинання за масою, водопроникність, морозостійкість і коефіцієнт капілярного поглинання. Контрольна суміш не містила добавок. Добавки вводили в концентраціях 0,8%, 1,0% і 1,2% від маси цементу для кристалічних сполук, 2,0% і 3,0% для полімерних смол і 0,6% від маси для мікрОВОлокон.

Таблиця 3.1 Умови проведення дослідження

Параметр	Значення
Клас бетону	С30/37
Співвідношення води та цементу	0,45
Цемент	42,5R
Крупний заповнювач	граніт 5–20 мм
Дрібний заповнювач	пісок, модуль 2,3
Термін витримки	28 діб
Температура	$20 \pm 2^\circ\text{C}$
Вологість	$95 \pm 2\%$

Методологія дослідження відповідала стандартним процедурам випробування затверділих зразків бетону, що забезпечило точність і порівнянність результатів. Основною метою було кількісне визначення відносного поліпшення показників міцності та визначення найефективнішого типу добавки для бетону, що піддається гідростатичному тиску та змінним умовам вологості в фундаментах і підвалах житлових будинків.

Синтетичні мікрОВОлокна, використані в цьому дослідженні, склалися з монофіламентних поліпропіленових волокон середньою довжиною 12 мм, діаметром 18 мкм і щільністю 0,91 г/см³. Їх основною функцією було контролювати пластичну усадку, зменшувати утворення мікротріщин і забезпечувати вторинне армування в цементній матриці. Дозування 0,6% від маси цементу забезпечувало рівномірний розподіл волокон у бетонній суміші без впливу на його технологічність[18].

Включення мікрОВОлокон призвело до помітного поліпшення властивостей на розтяг і згин. Міцність на розтяг збільшилася з 3,5 МПа до 4,1 МПа, а міцність на згин збільшилася з 5,0 до 5,9 МПа, що становить підвищення на 15–20%. Загальна міцність на стиск також дещо зросла, з 39,5 МПа до 42,3 МПа, завдяки зменшенню поширення тріщин і більш рівномірному розподілу напруги в матриці.

З точки зору гідроізоляції, волокна ефективно обмежували утворення взаємопов'язаних мікротріщин, що призвело до зниження коефіцієнта водопроникності з $2,3 \times 10^{-10}$ м/с до $1,5 \times 10^{-10}$ м/с. Водопоглинання зменшилося з 4,5% до 3,2%, а кількість видимих мікротріщин після 50 циклів заморожування-розморозування зменшилася на 60% порівняно з контрольними зразками. Поліпшення непроникності було досягнуто не за рахунок прямої гідрофобізації, а за рахунок стабілізації мікроструктури та посиленого контролю тріщин, що запобігало капілярній безперервності.



Рис. 3.1 МікрОВОлокно для армування бетону

Добавки з полімерної смоли, що використовувалися в експерименті, склалися з концентрованої емульсії акрилових кополімерів із вмістом твердої речовини 48%. Добавку додавали в кількості 2,0% і 3,0% від маси цементу. Полімер діяв як плівкоутворюючий гідрофобний агент і як пластифікатор, покращуючи внутрішню когезію та зменшуючи капілярну пористість.

Бетон, що містив 2,0% полімерної смоли, продемонстрував збільшення міцності на стиск з 39,5 до 43,8 МПа, а при вмісті 3,0% міцність досягла 45,1 МПа, що становить поліпшення на 14%. Водопоглинання знизилося до 2,1%, а клас водопроникності збільшився з W6 до W10. Вимірювання кута контакту на зразках, модифікованих полімером, показали збільшення з 30° до 102°, що підтверджує повну гідрофобну трансформацію поверхні.

Після 300 циклів заморожування-розморожування відносна втрата маси не перевищувала 2%, а зниження міцності на стиск було обмежене 4% порівняно з 15% у немодифікованому контролі. Полімерна смола також поліпшила модуль пружності та зменшила коефіцієнт капілярного підйому води з 0,32 кг/(м²·год^{0.5}) до 0,09 кг/(м²·год^{0.5}). Ці результати демонструють, що полімермодифіковані

бетони є високоефективними у запобіганні проникненню води як на поверхню, так і всередину. Наявність суцільних полімерних плівок у мережі пор забезпечує довготривалий захист навіть в умовах високої вологості та періодичного замерзання.



Рис. 3.2 Добавка на основі акрилових полімерів

Кристалічна добавка, яка тестувалася в ході дослідження, складалася з реактивних металевих силікатів і сполук кальцію-алюмінату. При гідратації ці речовини утворюють нерозчинні кристали, які ростуть у системі пор і мікротріщин. Добавка була додана в кількості 0,8%, 1,0% і 1,2% від маси цементу, причому оптимальна доза була визначена експериментально.

Введення 1,0% кристалічної добавки дало найбільш збалансований ефект. Міцність на стиск збільшилася з 39,5 МПа до 44,0 МПа, а щільність зросла з 2330 кг/м³ до 2370 кг/м³. Коефіцієнт проникності різко знизився до $7,5 \times 10^{-12}$ м/с, а ступінь водонепроникності досяг W14, що відповідає здатності бетону витримувати гідростатичний тиск 1,4 МПа без проникнення води.

Мікроскопічний аналіз показав, що кристалічна фаза ефективно заповнила пори та мікротріщини шириною до 0,3 мм, утворивши суцільну герметичну структуру. Після впливу води протягом 90 днів було виявлено додатковий ріст кристалів, що підтвердило здатність цього типу бетону до самовідновлення. Випробування на заморожування-розморожування продемонстрували збереження міцності на рівні 97% після 300 циклів, а загальна втрата маси була

обмежена 0,8%. Водопоглинання було зменшено до 1,2%, що є найнижчим показником серед усіх випробуваних добавок[2].

Ці результати свідчать про те, що кристалічні добавки забезпечують найвищий рівень водонепроникності завдяки внутрішньому ущільненню цементної матриці. Їх ефективність не залежить від цілісності поверхні і тому залишається стабільною протягом усього терміну експлуатації конструкції. Це робить їх особливо придатними для фундаментних плит, стін підвалів та інших елементів, що піддаються постійним гідростатичним навантаженням.



Рис. 3.3 Кристалічна гідроізоляційна добавка

Порівнюючи результати всіх випробуваних типів добавок, було встановлено, що кожна з них найкраще працює в конкретних умовах експлуатації. МікрОВОлокна найефективніші для контролю усадки та обмеження поширення тріщин, опосередковано покращуючи водонепроникність та довговічність. Полімерні смоли забезпечують міцний гідрофобний бар'єр, придатний для елементів, що піддаються періодичному впливу вологи. Кристалічні добавки забезпечують найвищу непроникність та здатність до самовідновлення, що робить їх ідеальними для підземних споруд, що знаходяться під постійним тиском води.

Кількісно кристалічна добавка поліпшила непроникність на 93% порівняно з контролем, полімерна смола — на 78%, а мікрОВОлокна — на 56%. Збільшення

міцності на стиск становило від 7% для мікрОВОЛОКОН до 14% для полімерів і 16% для кристалічних сполук. Стійкість до заморожування-розморожування мала подібну тенденцію: кристалічно модифікований бетон показав 98% збереження міцності після 300 циклів[18].

3.2 Техніко-економічний аналіз використання гідроізоляційних добавок

Проект передбачає зведення 28-поверхового залізобетонного будинку в Києві. Конструкція складається із залізобетонного каркаса, що включає колони, балки та монолітні плити. Проект передбачає п'ять підземних рівнів, що утворюють паркінг, найнижчий рівень якого розташований на 17,28 м нижче нульової позначки. Пальовий фундамент підтримує монолітну залізобетонну плиту розміром 48 м на 34,45 м для кожного з двох під'їздів. Основним технічним завданням є забезпечення довговічної внутрішньої гідроізоляції підземних приміщень та підвищення міцності і довговічності конструкційного бетону, що використовується в фундаментах, стінах підвалу та елементах плит. Проект надає пріоритет внутрішній модифікації бетону за допомогою домішок над використанням зовнішніх мембран, де це можливо, з метою зменшення чутливості до якості виконання робіт та вимог до технічного обслуговування в умовах великої глибини та постійного впливу ґрунтових вод.

Клас бетону для підземних конструкційних елементів передбачається С35/45 (міцність ≈ 45 МПа) з цільовим співвідношенням вода/цемент (W/C) 0,45 для забезпечення балансу міцності, довговічності та технологічності. Товщина фундаментної плити передбачається 0,80 м. Товщина стін підвалу передбачається 0,40 м. Палі передбачаються діаметром 0,60 м і довжиною 24 м.

Плита утворює площу 1653,6 м² (для кожного під'їзду). При товщині плити 0,80 м це дає загальний об'єм бетону 1322,88 м³. Стіни підвалу вимагають 959,0 м³ бетону. Система пальового фундаменту складається з 1795,7 м³ бетону. Таким чином, загальний об'єм бетону для основних підземних конструктивних елементів становить 4077,6 м³ для кожного під'їзду або 8155,2 м³ загально.

Склад бетонної суміші був прийнятий як типовий для бетону C35/45 з вмістом цементу 350 кг на кубічний метр. При такому вмісті цементу загальна маса цементу становить 2854,4 тонни[8].

На основі експериментальних та експлуатаційних міркувань для підземного конструкційного бетону рекомендується наступне: кристалічна гідроізоляційна добавка для забезпечення цілісної непроникності та самовідновлення, полімерна смола-добавка для додаткового гідрофобного захисту та поліпшення стійкості до тріщин у циклічно вологих зонах, а також поліпропіленові мікрОВОлокна для контролю раннього усадження та забезпечення вторинного армування.

Кристалічна гідроізоляційна добавка рекомендується в дозуванні 1,0% від маси цементу. Для загальної розрахункової маси цементу це відповідає 28,54 тоннам кристалічної добавки. Для підземного паркінгу, який постійно піддається високому тиску ґрунтових вод, в якості основної стратегії гідроізоляції обрано кристалічну внутрішню гідроізоляцію, оскільки її ефективність не залежить від цілісності зовнішньої мембрани і вона зберігає свої властивості навіть при незначних пошкодженнях бетону або механічних порушеннях під час будівництва.

Добавка з акрилової смоли рекомендується для певних елементів, де необхідний гідрофобний захист поверхні та підвищена гнучкість. Типові області застосування включають поверхні плит, що піддаються циклічному зволоженню/висушуванню, стики між плитами та стінами, а також ділянки, де бетон може піддаватися тимчасовим гідростатичним коливанням. Для цих елементів пропонується дозування полімеру 2,0% від маси цементу. Полімерна добавка наноситься рівномірно по всьому бетону і має вагу 57,2 тонн.

МікрОВОлокна поліпропілену рекомендується додавати в дозі 0,6% від маси цементу до всіх елементів для контролю пластичної усадки і забезпечення розподіленого вторинного армування. Для загальної маси цементу потреба у волокнах становить 17,12 тонн.

Очікується, що з додаванням цих добавок коефіцієнт водопроникності зменшиться до 10^{-11} – 10^{-12} м/с. Міцність на стиск збільшиться на 10–16%, тому розрахункова характеристична міцність становитиме 45 МПа. З технологічної точки зору та з точки зору виконання, добавки вводяться як невід'ємні компоненти готового бетону на бетонному заводі.

Стандартні процедури контролю якості включають моніторинг осідання, випробування на міцність на стиск через 7 і 28 днів, випробування на водопоглинання та проникність на кубах або циліндрах, а також візуальний огляд на наявність тріщин на ранній стадії. Для оптимального кристалічного росту та утворення полімерної плівки рекомендується вологі затвердіння протягом щонайменше семи днів з подальшим мембранним затвердінням[16].

На практиці комплексна обробка бетону кристалічною добавкою та волокнами часто дозволяє зменшити або усунути необхідність зовнішньої мембранної обробки певних поверхонь, особливо на нижній стороні плит та в місцях з обмеженим зовнішнім доступом. Усунення або зменшення зовнішньої мембранної обробки знижує витрати на монтаж та довгострокове обслуговування, оскільки внутрішні системи менш схильні до пошкоджень під час засипання та подальших будівельних робіт.

Консервативна оцінка життєвого циклу, виражена у відносних показниках, свідчить, що впровадження описаної стратегії додавання домішок може зменшити початкові витрати на монтаж гідроізоляції та пов'язані з цим витрати на ремонт на 10–20 % для підземних споруд, а також зменшити витрати на довгострокове обслуговування та ремонт на 20–40 % протягом 30 років завдяки зменшенню кількості випадків протікання, зменшенню частоти ремонтів та поліпшенню стійкості до проникнення хлоридів і сульфатів. Крім того, підвищення міцності бетону зменшує ймовірність передчасної корозії арматури, що в іншому випадку призвело б до дорогих робіт з укріплення.

Таблиця 3.2 Технічні показники

Параметр	Значення
Висота	-17,28 м
Палі	Ø 0,60 м, довжина 24 м, об'єм 3591,4 м ³
Об'єм бетонних плит	2645,76 м ³
Об'єм стін підвалу	1918 м ³
Загальний об'єм бетону	8155,2 м ³
Клас бетону	C35/45
W/C	0,45
Вміст цементу	350 кг/м ³
Загальна маса цементу	2854,4 т
Кристалічна добавка	1% від цементу → 28,54 т
Полімерна смола	2% від цементу → 57,2 т
Поліпропіленові мікрволокна	0,6% від цементу → 17,12 т
Міцність на стиск	45 МПа
Водопроникність	10 ⁻¹¹ –10 ⁻¹² м/с

З економічної точки зору, використання гідроізоляційних добавок у підземній частині багатоповерхового житлового будинку в Києві є розумним рішенням, яке забезпечує довгостроковий захист конструкцій від вологи та агресивного середовища при помірному збільшенні витрат на бетонні роботи. Експлуатаційні умови цього будинку вимагають підвищеної водонепроникності та корозійної стійкості арматури, що робить комбіноване використання кристалічних, полімерних та волокнистих модифікаторів стратегічно виправданим підходом[4].

Розрахунок вартості проводився з урахуванням середніх ринкових цін на матеріали та бетон у Києві. Ціна кристалічної добавки становить 250 грн/кг, полімерної емульсії — 380 грн/кг, поліпропіленового волокна — 220 грн/кг. На основі цих цифр прямі витрати на повний пакет добавок становлять: кристалічна добавка — 7 135 000 грн, полімерна емульсія — 21 736 000 грн, волокно — 3 766 400 грн. Загальна сума становить \approx 32 637 400 грн, або близько 3997 грн/м³ бетону.

Для порівняння, базова вартість готового бетону становить 3519 грн/м³, тому повне включення всіх трьох добавок збільшує вартість бетонної суміші на 114%. Структура матеріальних витрат суміші така: цемент — 36%, щебінь і пісок — 38%, вода та інші добавки — 4%, суперпластифікатори — 2%, додаткові модифікатори (добавки) — 20%.

Однак з практичної точки зору повне використання всіх типів домішок у кожному елементі економічно не виправдане. Оптимальним підходом є комбінований сценарій, при якому кристалічна домішка та поліпропіленове волокно вводяться в весь об'єм бетону, а смола використовується тільки локально — в зонах підвищеної вологості, на будівельних швах, в стиках плит і стін, а також в зонах руху транспортних засобів. У цьому випадку витрати на домішки становлять: кристалічна домішка — 7 135 000 грн, волокно — 3 766 400 грн, полімер (20% від обсягу) — 4 347 200 грн, що в сумі становить \approx 15 248 600 грн, або 1870 грн/м³ бетону, що відповідає збільшенню вартості суміші на 53% порівняно з базовою.

Для порівняння, вартість традиційної зовнішньої мембранної гідроізоляції становить від 300 до 600 грн/м² і на перший погляд здається дешевшою. Однак при великій глибині котловану існує високий ризик механічного пошкодження мембрани під час засипки та обмежений доступ до контролю якості її монтажу. За таких умов інтегрована гідроізоляція бетону забезпечує більш надійний довгостроковий ефект і значно знижує експлуатаційні ризики.

З точки зору довгострокової ефективності, використання інтегрованих добавок забезпечує економію експлуатаційних витрат протягом усього терміну служби підземних споруд. Очікуване зменшення частоти протікань, ремонтів та корозійних пошкоджень може знизити витрати на обслуговування та відновлення на 20–40% протягом 30 років. Це еквівалентно економії декількох мільйонів гривень на всьому об'ємі, що робить цей підхід більш вигідним у довгостроковій перспективі, ніж традиційна зовнішня гідроізоляція.

Таблиця 3.3 Економічні показники

Показник	Значення
Базова вартість бетону	3519 грн/м ³
Вартість добавок (повна)	32 637 400 грн (~3997 грн/м ³)
Вартість добавок (оптимальна)	15 248 600 грн (~1870 грн/м ³)
Зростання вартості бетону	+114% (повна), +53% (оптимальна)
Вартість зовнішньої мембрани	300–600 грн/м ²
Зменшення витрат на монтаж гідроізоляції	10–20%
Зменшення витрат на обслуговування	20–40%
Період оцінки економії	30 років

Таким чином, з огляду на технічні та економічні фактори, для цього проекту рекомендується застосовувати комбіновану систему, що включає широке використання кристалічної добавки та поліпропіленового волокна, а полімерну смолу застосовувати лише в локалізованих зонах з високою вологістю. Такий підхід оптимізує баланс між капітальними витратами та довговічністю конструкції, забезпечуючи надійний захист підземних частин будівлі від проникнення води протягом усього терміну експлуатації.

Висновок

Проведені дослідження впливу гідроізоляційних добавок у бетоні продемонстрували, що використання кристалічних, полімерних та волокнистих модифікаторів значно покращує довговічність, водонепроникність та загальні конструктивні характеристики залізобетонних елементів. Історичний аналіз показує, що ранні застосування гідроізоляційних добавок забезпечували покращений захист у конструкціях, але сучасні рецептури дозволяють точно контролювати властивості бетону, підвищуючи його стійкість до усадки, тріщин та корозії.

Дослідження конкретних добавок виявило їх індивідуальний та комбінований вплив на характеристики бетону. Кристалічні добавки сприяють самоущільненню мікротріщин та зменшують водонепроникність, полімерні

добавки підвищують адгезію та гнучкість, а поліпропіленові волокна покращують міцність на розрив та стійкість до усадки. Лабораторні оцінки та дані, отримані з відкритих джерел, показують, що відповідне поєднання цих добавок може збільшити міцність на стиск на 10–15 %, зменшити глибину проникнення води до 80 % та підвищити довгострокову міцність під впливом циклічних умов навколишнього середовища.

Економічний аналіз показав, що комплексне використання кристалічних добавок і поліпропіленових волокон у всьому підземному об'ємі в поєднанні з локальним застосуванням полімерної смоли у зонах підвищеного ризику забезпечує оптимальний баланс між вартістю та довгостроковою ефективністю. Ця стратегія збільшує вартість бетону на 50% порівняно з традиційними сумішами, але забезпечує зменшення витрат на зовнішню гідроізоляцію, технічне обслуговування та ремонт на 20–40% протягом 30-річного терміну експлуатації, що доводить довгострокову економічну ефективність.

РОЗДІЛ 4

ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

4.1 Ситуаційний план



Рис. 4.1 Ситуаційний план

Ділянка для будівництва 28-ми поверхового будинку розташована на 2 Садовому провулку на лівому березі річки Дніпро в місті Київ.

4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення житлового будинку визначається його функціональним призначенням та конструктивною схемою, розробленою для забезпечення просторової жорсткості, ефективного використання внутрішніх площ та відповідності сучасним вимогам до висотного житлового будівництва[1]. Будівля є 28-поверховою залізобетонною спорудою загальною висотою 99,6 метрів, де кожен поверх має висоту 3 метра. Конструкція також включає п'ять підземних рівнів, призначених для паркування автомобілів. Підземна частина

досягає глибини, що відповідає абсолютній позначці $-17,280$ метрів, що забезпечує достатню місткість для 185 паркувальних місць, рівномірно розподілених між п'ятьма рівнями по 37 місць на кожному[5].

Будівля організована у дві симетричні житлові секції, кожна з яких містить незалежні вертикальні комунікаційні ядра, включаючи пасажирський ліфт і сходи, спроектовані відповідно до вимог пожежної безпеки та евакуації. Осьові розміри кожної секції становлять 34 450 мм вздовж осей 1–11 і 48 000 мм вздовж осей А–С в підземній частині та 34 450 мм вздовж осей 1-11 і 20 132 мм вздовж осей А-Е в надземній частині будівлі. Конструкція каркаса складається з залізобетонних колон, балок і монолітних плит перекриття, які утворюють жорстку просторову раму, здатну витримувати вертикальні та горизонтальні навантаження. Для несучих елементів використовується залізобетон з характерним класом міцності на стиск не менше С30/37, а арматура формується з гарячекатаних сталевих прутків класу А500С, що забезпечує достатню міцність на розтяг і обмеження тріщин.

На першому поверсі розміщені чотири квартири та кілька комерційних приміщень з прямим виходом на вулицю. З другого по дванадцятий поверхи на кожному рівні розташовано вісім квартир. З тринадцятого по двадцять восьмий поверхи розташовано по чотири квартири через зменшену площу поверху.

4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

Фундамент та підземна частина будівлі

Підземна конструкція будівлі спроектована таким чином, щоб забезпечити стабільну і водонепроникну основу, здатну витримувати значні навантаження 28-поверхової надбудови. Фундамент складається з суцільної монолітної залізобетонної плити товщиною 800 мм, що спирається на щільне поле бурових паль. Палі мають діаметр 600 мм і довжину 24 м, розташовані в шаховому порядку з міжосьовим кроком 1,5 м. Така конфігурація паль забезпечує рівномірну передачу навантаження на нижні шари ґрунту, запобігаючи диференційованому осіданню і підвищуючи загальну жорсткість фундаментної

системи. Палі з'єднані з плитою за допомогою жорстких залізобетонних елементів, інтегрованих в конструкцію плити[13].

Підземні зовнішні стіни побудовані як монолітні залізобетонні елементи товщиною 400 мм. Їх армування складається з двошарових сталевих сіток з прутками класу А500С діаметром 16 мм, розміщених з інтервалом 200 мм в обох напрямках. Горизонтальні конструктивні елементи, включаючи плити перекриття підземних рівнів, являють собою монолітні залізобетонні плити товщиною 250 мм[6].

Для забезпечення гідроізоляції бетонна суміш для всіх підземних конструктивних елементів містить кристалічну гідрофільну добавку в кількості 1% від маси цементу, призначену для герметизації капілярних пор і мікротріщин шляхом утворення нерозчинних кристалів. Крім того, для підвищення стійкості до тріщин на ранніх стадіях гідратації та поліпшення міцності на розрив бетонної матриці додається 0,6% поліпропіленового волокна від маси цементу. У місцях будівельних швів, перетинів стін і плит та інших критичних місцях з'єднання застосовується полімерна смола в дозуванні 2% від маси цементу, що утворює локалізований гнучкий бар'єр проти потенційного проникнення води[2].

Бетон, що використовується в цих елементах, належить до класу міцності С35/45 з водоцементним співвідношенням, що не перевищує 0,45, що забезпечує як довговічність, так і високу міцність на стиск. Арматурна сталь класу А500С використовується у всій фундаментній конструкції та підземній стінах.

Каркас будівлі

Конструкція каркаса будівлі спроектована як комбінація збірних залізобетонних колон і балок, інтегрованих з монолітними та збірними елементами для вертикальної циркуляції. На нижніх поверхах до чотирнадцятого поверху використовуються збірні колони з поперечним перерізом 800×800 мм, а на верхніх поверхах з чотирнадцятого по двадцять восьмий поверхи використовуються колони, зменшені до 600×600 мм, для оптимізації розподілу ваги та структурної ефективності. Збірні балки нижнього рівня мають розміри 800×400 мм, а балки верхнього рівня — 600×400 мм. Ці балки разом з колонами

утворюють жорсткий каркас, здатний передавати вертикальні навантаження і забезпечувати загальну поперечну стійкість висотної конструкції[11].

Невід'ємною частиною каркаса є стіни ліфтових шахт і сходових клітин. Стіни ліфтових шахт виконані з монолітного залізобетону, їх типова товщина становить 400 мм, а внутрішні розміри — 2,5×3,0 м, що забезпечує як конструктивну підтримку, так і поперечну жорсткість для кожної секції будівлі. Сходова клітка складається з збірних залізобетонних сходових маршів і майданчиків, утворюючи закритий вертикальний об'єм з внутрішньою шириною 2,0 м і глибиною 3,5 м, жорстко з'єднаний з навколишніми колонами і балками. Ці елементи вбудовані в каркас і виконують функцію додаткових конструкційних ядер, сприяючи загальній жорсткості будівлі на кручення.

Збірні елементи каркаса виготовлені з бетону класу міцності С35/45 і армовані гарячекатаною сталлю класу А500С. З'єднання колон з балками реалізовано за допомогою з'єднань з закладними деталями, що забезпечує повну композиційну дію і безперервність між збірними елементами.

Стіни будівлі

Стіни будівлі спроектовані як самонесучі елементи, повністю інтегровані в залізобетонний каркас. Зовнішні стіни побудовані з 300-міліметрових блоків газобетону, скріплених полімермодифікованим клейовим розчином для забезпечення рівномірного вирівнювання та точності розмірів. Фасадна система є вентиляваною облицювальною системою, що складається з 100-міліметрових ізоляційних панелей з мінеральної вати, закріплених на металевій підконструкції з вентиляваною порожниною 40 мм для забезпечення циркуляції повітря, запобігання накопиченню вологи та поліпшення теплових характеристик. Система оздоблена декоративними панелями з фіброцементу та алюмінієвих композитних матеріалів, що забезпечують довготривалу стійкість до атмосферних впливів, стабільність до УФ-випромінювання та вогнестійкість класу REI 90. Поєднання газобетону, мінеральної вати та вентиляваних панелей забезпечує загальний тепловий опір стін більше $R=4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а також підвищену звукоізоляцію до 55 дБ від зовнішнього шуму[17].

Внутрішні перегородки між квартирами побудовані з 300-міліметрових газобетонних блоків, що забезпечують як структурну жорсткість, так і акустичну ізоляцію 50 дБ. Внутрішні перегородки між кімнатами в квартирах мають товщину 200 мм і виготовлені з газобетону, що забезпечує звукоізоляцію між кімнатами 40 дБ. Збірні залізобетонні перемички використовуються для створення віконних та дверних отворів.

На першому поверсі в комерційних приміщеннях використовуються 100-міліметрові гіпсокартонні перегородки, встановлені на металевих каркасах, з вбудованими 12-міліметровими панелями з ламінованого скла в окремих зонах для забезпечення доступу денного світла, візуальної прозорості та сучасної естетики. Ці перегородки мають клас вогнестійкості REI 30 і здатні витримувати легкі внутрішні конструкції та вивіски. На підземних рівнях паркінгу перегородки є монолітними залізобетонними товщиною 200 мм, що забезпечує підвищену вогнестійкість, захист від випадкового удару автомобіля та повне розділення між паркувальними місцями, технічними приміщеннями та зонами руху.

Перекриття та покрівля

Плити перекриття є монолітними залізобетонними конструкціями, спроектованими з урахуванням несучої здатності, довговічності та інтеграції з механічними та інженерними системами. У підземних паркінгах плити мають товщину 250 мм, розраховані на навантаження від транспортних засобів, включаючи точкові навантаження, та армовані стрижнями А500С і поліпропіленовим волокном у кількості 0,6% від ваги цементу для зменшення тріщин на ранній стадії та підвищення міцності на розрив. Перекриття житлових поверхів мають товщину 200 мм, розраховані на динамічне навантаження 3,0 кН/м² і аналогічно армовані сталлю та волокном. Плити безпосередньо спираються на збірні колони та балки та мають попередньо виконані отвори для водопроводу, вентиляції та електричних кабелів.

Плоский дах утворений монолітною залізобетонною плитою. Дах розділений на дві основні зони: основний дах над 28-м поверхом і додаткові

фрагменти над 12-м поверхом, де план поверху зменшується з 8 до 4 квартир на поверсі. Система даху складається з декількох шарів, розташованих знизу вгору. Безпосередньо над конструкційною плитою нанесено пароізоляцію з поліетилену товщиною 0,2 мм для запобігання проникненню вологи. Теплоізоляція складається з екструдованих полістирольних плит товщиною 150 мм з теплопровідністю $\lambda \approx 0,035$ Вт/(м·К) і міцністю на стиск 150 кПа, укладених щільно за допомогою клею для мінімізації зазорів і теплових мостів. Над ізоляцією нанесено 50-80 мм цементно-піщану вирівнювальну стяжку з ухилом 1–2% у бік внутрішніх водостоків, що забезпечує рівномірність і направляє стік води[14].

Гідроізоляційний шар складається з двох шарів армованих бітумних мембран, модифікованих АРР, товщиною 4 мм кожна, з нахлестом 100 мм і армованих скловолокном. Критичні ділянки на стиках, стоках і парапетах ущільнені додатковим шаром полімеризованого бітуму або поліуретанової мембрани товщиною 2–3 мм для забезпечення повної водонепроникності. Вторинні секції даху над 13-м поверхом включають армований парапет висотою 1,2 м для забезпечення безпеки потенційних пішоходів, що дозволяє цим терасам функціонувати як зони відпочинку. Верхній захисний шар на доступних ділянках складається з 20-міліметрової нековзної бруківки встановлених на п'єдесталах, що забезпечують дренаж і циркуляцію повітря, тоді як недоступні зони оброблені відбиваючим гранульованим мінеральним покриттям, вбудованим у бітумну мембрану для підвищення стійкості до УФ-випромінювання[7]. Загальна товщина конструкції даху становить приблизно 400 мм і розрахована на снігове навантаження до 2,0 кПа, вітрове навантаження до 1,0 кПа та коливання температури від –30 °С до +40 °С.

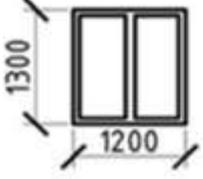
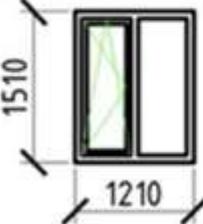
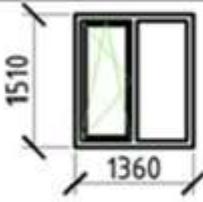
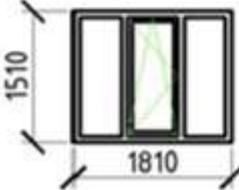
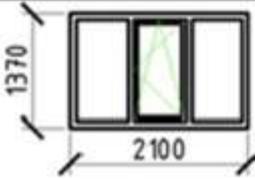
Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Зовнішнє оздоблення будівлі виконано з вентиляваних фасадних панелей, що складаються з фіброцементу та алюмінієвих композитних матеріалів, прикріплених до оцинкованої сталевий підконструкції. Панелі мають товщину 12 мм, стійкі до атмосферних впливів та мають текстуровану поверхню, що

забезпечує довготривалу міцність, стійкість до УФ-випромінювання та сучасний архітектурний вигляд.

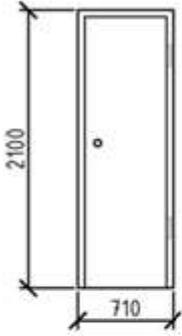
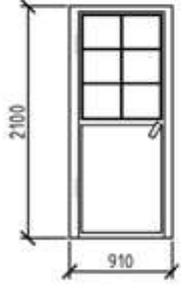
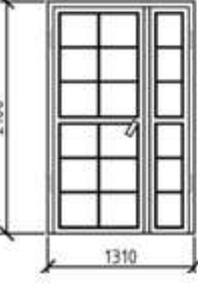
Вікна мають подвійне скління в алюмінієвих рамах з терморозривом, заповнені ламінованим склом товщиною 8 мм, що забезпечує коефіцієнт теплопередачі $U \approx 1,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, поліпшену звукоізоляцію до 42 дБ і підвищену ударостійкість[15]. Огорожі балконів і терас виконані з порошкового фарбованого сталі, висотою 1,2 м, з вбудованими панелями з безпечного скла там, де це необхідно[3].

Таблиця 4.1 Експлікація вікон

Марка по проекту	Позначення, ескіз	Найменування елемента	Площа, м ²	Кількість, шт.	Примітка
1	2	3	4	5	6
ВК-1		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,56	12	
ВК-2		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,83	40	
ВК-3		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,05	80	
ВК-4		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,73	40	
ВК-5		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,877	20	

Вхідні двері в квартири сталеві, товщиною 50 мм, з серцевиною, ізольованою мінеральною ватою для тепло- та звукоізоляції. Вхідні двері в комерційні приміщення мають алюмінієву раму з панелями із загартованого скла товщиною 10 мм, що забезпечує видимість і довговічність у місцях з інтенсивним рухом. Міжкімнатні двері в квартирах дерев'яні.

Таблиця 4.2 Експлікація дверей

Марка по проекту	Розміри пройому, схема заповнення пройому	Назва	Всього	Примітка
1	2	3	7	8
1		Дерев'яні двері	192	
2		Дерев'яні двері зі склом	75	
3		Дерев'яні двері зі склом	75	

У житлових квартирах стіни покриті цементно-піщаною штукатуркою товщиною 15 мм та матовою водорозчинною фарбою (VOC < 30 г/л) білого кольору, що забезпечує гладку, міцну поверхню. Стелі оброблені 12-

міліметровими гіпсокартонними плитами, армованими в місцях стиків, і пофарбовані тією ж водорозчинною фарбою. Підлоги у вітальнях та спальнях покриті 12-міліметровими панелями з інженерного дуба, теплопровідність 0,15 Вт/(м·К), твердість 3,5 кН, встановлені на 30-міліметровій самовирівнюючій стяжці. Кухні та ванні кімнати мають керамічну плитку товщиною 12 мм, стійкість до ковзання R10, на 30-міліметровій цементно-піщаній стяжці з інтегрованою гідроізоляційною мембраною[10].

Комерційні приміщення на першому поверсі мають стіни з гіпсокартону товщиною 100 мм на оцинкованих сталевих стійках, оброблені акриловою фарбою та декоративними ПВХ-панелями в окремих зонах. Стелі підвісні з гіпсокартону товщиною 12,5 мм на металевих підвісах, з вбудованим світлодіодним освітленням, вентиляцією та пожежними датчиками. Підлоги з полірованого бетону товщиною 15 мм з міцністю на стиск 40 МПа та зносостійким поверхневим герметиком.

Стіни підземного паркінгу виконані з гладкого монолітного залізобетону товщиною 200 мм, покритого епоксидною фарбою товщиною 250 мкм, що забезпечує хімічну стійкість, стійкість до стирання та захист від вогню. Стелі виконані з відкритого залізобетону, покритого фарбою товщиною 500 мкм. Підлоги виконані з залізобетону товщиною 250 мм, полірованого та обробленого епоксидною смолою для довговічності та дренажу[9].

Зони загального користування, включаючи сходові клітки, коридори та ліфтові холи, мають стіни з цементно-піщаної штукатурки товщиною 15 мм покриті миючою акриловою фарбою, стелі з гіпсокартону пофарбовані водорозчинною фарбою, та підлоги з керамічної плитки товщиною 12 мм. Кабіни ліфтів оздоблені панелями з нержавіючої сталі, ламінованими дерев'яними вставками та 12-міліметровою еластичною композитною плиткою на підлозі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Благоустрій територій (зі Змінами) : ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
2. 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).
3. Вікна та двері : ДСТУ EN 14351-1:2020.
4. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи. – Суми : СНАУ, 2011.
5. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
6. Кам'яні та армокам'яні конструкції : ДБН В.2.6-162:2010.
7. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013.
8. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва [Чинний від 2021-11-09]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
9. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
10. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
11. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – С. 13–16. (Національні стандарти України).
12. Організація будівельного виробництва : ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – С. 44–46. (Національні стандарти України).

13. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10:2018.

14. Покриття будівель і споруд : ДБН В.2.6-220:2017.

15. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).

16. 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).

17. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).

18. Флейшер Г. Ю., Токарчук В. В., Свідерський В. А. Influence of water-repellent admixtures on the properties of cements // Technology Audit and Production Reserves. – 2015. – № 3/4 (23). – С. 32–37.