

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Кафедра Технології та організації будівельного виробництва


**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ
ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНО-МОНОЛІТНОГО 12-ПОВЕРХОВОГО
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У ХАРКОВІ**

Виконав: студент 2 курсу, М ПЦБ 2024-1з

Спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма – Промислове і цивільне будівництво

 Москвітін О.С.

Керівник  Братішко С.М.

Рецензент  Савченко О.І.

2026

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М.БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ
ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології та
організації будівельного виробництва
д.т.н., проф. Шумаков І.В.

_____ ” ____ ” _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

МОСКВІТІНУ ОЛЕКСАНДРУ СЕРГІЙОВИЧУ

Спеціальність 192 –Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма – Промислове та цивільне будівництво

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: Удосконалення організаційно-технологічних
рішень зведення каркасно-монолітного 12 поверхового
житлового будинку у Харкові

затверджена наказом ректора ХНУМГ від “_____” _____ 2026 р. № -03

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15 червня 2026р.

Вихідні дані до магістерської роботи тематика дослідження, архітектурні
креслення об’єкту, конструктивні рішення об’єкту.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд попередніх досліджень з обраної тематики.
2. Дослідження - обґрунтовано використання технологій та методів
ефективного утеплення фасадів сучасними системами утеплення.
3. Впровадження результатів досліджень шляхом будівництва

Перелік графічного матеріалу: архітектурно-композиційне рішення об’єкту
впровадження, конструктивне рішення фундаментів, конструктивне рішення
несучих конструкцій будівлі, технологічні карти, будгенплан, календарний
графік будівництва.

Дата видачі завдання “09” березня 2026 р.

Керівник магістерської роботи _____

















Братішко С.М.

Завдання прийняв до виконання _____



Москвітін О.С.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		завдання видав	завдання прийняв	
1. Аналітичний огляд стану питання.	доц. Братішко С.М.			
2. Дослідницька частина.	доц. Братішко С.М.			
3. Проектна частина	Архітектурно-конструктивне рішення обраного для впровадження об'єкта будівництва.	доц. Казімагомедов Ф.І.		
	Розрахунок та проектування підземної та надземної частини об'єкта (споруди).	доц. Храпатова І.В.		
		доц. Псурцева Н.О.		
	Технологія і організація будівельного виробництва.	доц. Братішко С.М.		
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	доц. Косенко Н.О.		
4. Нормоконтроль	зав.лаб. Зінов'єва О.М.			

Календарний план

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Аналітичний огляд стану питання.	03.03.26 – 28.03.26	виконано
2.	Дослідницька частина.	01.04.26 – 26.04.26	виконано
3.	Проектна частина	01.05.26 - 08.06.26	виконано
4.	Нормоконтроль	16.06.26 – 20.06.26	виконано

РЕФЕРАТ

Москвітін О.С. Удосконалення організаційно-технологічних рішень зведення каркасно-монолітного 12 поверхового житлового будинку у Харкові.

Магістерська кваліфікаційна робота, подана на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньою програмою «Промислове та цивільне будівництво». Робота виконана під керівництвом С.М. Братішко в Навчально-науковому інституті будівництва, землеустрою та цивільної інженерії Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова у 2026 році.

Пояснювальна записка містить 134 сторінки, включає 37 графічні матеріали, 34 таблиці та список використаних джерел із 37 позицій.

У магістерській роботі розглянуто комплекс питань, пов'язаних із підвищенням ефективності організації будівельного процесу при зведенні багатоповерхового житлового будинку. Особливу увагу приділено вдосконаленню технологічних рішень виконання будівельно-монтажних робіт у поєднанні з раціональним плануванням ресурсів, що дозволяє скоротити тривалість будівництва та знизити витрати.

Проведено аналіз сучасних конструктивних схем каркасно-монолітних будівель і досліджено специфіку їх реалізації в умовах міської забудови. Окремо розглянуто огороджувальні конструкції, їх вплив на експлуатаційні характеристики будівлі, а також сучасні системи теплоізоляції, що забезпечують підвищення енергоефективності об'єкта.

У роботі здійснено порівняння різних варіантів утеплення фасадів із урахуванням технічних, економічних та експлуатаційних показників. Обґрунтовано доцільність застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів і технологій, що відповідають вимогам енергозбереження та нормативної бази.

Запропоновано оптимізовані організаційно-технологічні рішення, які враховують послідовність виконання робіт, взаємодію будівельних процесів, використання машин і механізмів, а також ефективне управління трудовими та матеріальними ресурсами. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та будівництві аналогічних об'єктів житлового призначення.

Ключові слова: каркасно-монолітне будівництво, організація будівництва, технологія зведення, огорожувальні конструкції, теплоізоляція, енергоефективність, фасадні системи, оптимізація будівельних процесів.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ I Аналітичне дослідження сучасного стану проблеми.....	10
1.1. Законодавчі та нормативно-технічні основи забезпечення енергоефективності і теплозахисту огорожувальних конструкцій.....	10
1.2. Аналіз сучасних конструктивних систем зовнішніх стін із підвищеними теплоізоляційними характеристиками.....	13
1.3. Системний аналіз сучасних технологій утеплення фасадів будівель.....	18
РОЗДІЛ II Дослідницька частина.....	24
2.1. Інноваційні технології та системні підходи до формування енергоефективних будівель.....	24
2.2. Технологічні особливості зведення житлових будівель з піносілікатних блоків з суцільною теплоізоляцією з мінераловатних плит без порожнин.....	30
2.3. Порівняння традиційного та удосконаленого варіантів улаштування теплоізоляції фасадів.....	42
2.4. Оцінювання ефективності організаційно-технологічних удосконалень теплоізоляції фасадів житлових будівель із піносілікатних блоків.....	45
РОЗДІЛ III Проектна частина.....	49
3.1 Архітектурно-конструктивні рішення об'єкту будівництва.....	49
3.2 Розрахунок та проектування підземної частини 12-поверхового житлового будинку.....	64
3.3 Розрахунок та проектування надземної частини 12-поверхового житлового будинку	73
3.4 Технологія і організація будівельного виробництва.....	90
3.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	113
ВИСНОВКИ	128
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	131

ВСТУП

Рівень енергоефективності сучасних будівель формується під впливом комплексу факторів, серед яких визначальними є кліматичні умови регіону, особливості географічного розташування, традиції та технології будівництва, стан існуючого житлового фонду, а також підходи до експлуатації та технічного обслуговування об'єктів нерухомості. У зв'язку з цим нормативні вимоги, що застосовуються в різних країнах, суттєво відрізняються і не завжди можуть бути безпосередньо адаптовані до інших умов без відповідного коригування.

Незважаючи на наявність чинних будівельних норм, що регламентують вимоги до енергоефективності, їх практична реалізація часто супроводжується низкою проблем. Серед них — недостатня повнота статистичних даних щодо енергоспоживання будівель, обмежена кількість комплексних досліджень у цій сфері, а також відсутність єдиного підходу до оцінювання енергоефективності. Це, у свою чергу, ускладнює процес сертифікації та знижує достовірність отриманих результатів. Крім того, на практиці нерідко спостерігається невідповідність між проєктними рішеннями та фактичними показниками експлуатації будівель, що зумовлено як недосконалістю технологічних процесів, так і порушенням вимог нормативної документації.

Для України питання підвищення енергоефективності будівель набуває особливої актуальності в умовах зростання вартості енергоресурсів, необхідності оновлення застарілого житлового фонду та орієнтації на досягнення сучасних екологічних стандартів. Зменшення розриву між проєктними показниками та фактичними результатами експлуатації будівель є одним із ключових завдань найближчих років.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення організаційно-технологічних рішень при зведенні 12-поверхового житлового будинку каркасно-монолітного типу в місті Харків. Значну увагу приділено аналізу сучасних фасадних систем, технологій

утеплення та їх впливу на енергетичні характеристики будівлі.

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю впровадження ефективних рішень щодо зниження енергоспоживання будівель, що досягається за рахунок удосконалення конструктивних рішень огорожувальних елементів та застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів. Додатковим фактором є потреба у виборі економічно доцільних технологій, які забезпечують необхідний рівень теплозахисту за мінімальних витрат.

Метою роботи є комплексне дослідження існуючих підходів до проєктування систем утеплення фасадів та обґрунтування оптимальних рішень щодо вибору матеріалів і технологій для підвищення енергоефективності житлових будівель.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано та вирішено такі основні завдання:

- проведено аналіз нормативно-технічної бази у сфері теплоізоляції фасадних систем;
- досліджено сучасні технології утеплення огорожувальних конструкцій;
- виконано порівняльну оцінку існуючих систем утеплення з урахуванням технічних та економічних показників;
- обґрунтовано вибір найбільш ефективного варіанту утеплення фасаду для каркасно-монолітного житлового будинку в умовах міста Харків.

Об'єктом дослідження є процеси проєктування та реалізації систем утеплення фасадів житлових будівель.

Предметом дослідження виступають методи та підходи до оптимізації вибору теплоізоляційних систем для каркасно-монолітних будівель.

Методологічну основу дослідження становлять методи аналізу науково-технічної літератури, порівняльна оцінка техніко-економічних показників, а також системний підхід до вибору конструктивних і технологічних рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вдосконаленні

підходів до вибору технологій утеплення огорожувальних конструкцій із урахуванням їх експлуатаційної ефективності та економічної доцільності.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування запропонованих рішень при проєктуванні та будівництві житлових будинків, а також при проведенні заходів з термомодернізації існуючих об'єктів. Отримані результати можуть бути використані для подальшого розвитку методичних підходів до формування сучасних енергетичних стандартів у будівництві.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ

1.1. Законодавчі та нормативно-технічні основи забезпечення енергоефективності і теплозахисту огорожувальних конструкцій

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі питання підвищення енергоефективності будівель набуває стратегічного значення, оскільки безпосередньо пов'язане зі зменшенням споживання енергетичних ресурсів, підвищенням рівня комфорту проживання та зниженням негативного впливу на навколишнє середовище. Одним із визначальних чинників, що формують енергетичні характеристики будівлі, є теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Формування ефективної системи теплозахисту неможливе без урахування чинної нормативно-правової бази, яка регламентує вимоги до проєктування, будівництва та експлуатації будівель. В Україні така система включає державні будівельні норми, стандарти та інші регламентуючі документи, що визначають гранично допустимі показники тепловтрат, енергоспоживання та мікроклімату приміщень. Основною метою нормативного регулювання є досягнення раціонального співвідношення між витратами енергії та забезпеченням необхідних умов експлуатації будівель.

Нормативні вимоги охоплюють не лише характеристики окремих конструктивних елементів, але й розглядають будівлю як єдину енергетичну систему. Такий підхід передбачає комплексну оцінку ефективності, що включає теплотехнічні параметри огорожень, роботу інженерних систем, а також умови повітрообміну. Важливим аспектом є також регулювання процесів проєктування, що дозволяє забезпечити узгодженість між архітектурними, конструктивними та інженерними рішеннями.

Останні зміни у нормативній базі спрямовані на впровадження більш жорстких вимог до енергозбереження. Зокрема, введено показники питомого енергоспоживання на опалення будівлі протягом опалювального періоду.

При цьому враховуються додаткові фактори, такі як сонячна радіація, внутрішні тепловиділення та інтенсивність вентиляції. Зазначені показники використовуються для визначення класу енергоефективності будівель і є важливим інструментом контролю якості проектних рішень.

Сучасна система нормування теплозахисту базується на трьох взаємопов'язаних рівнях вимог:

- встановлення нормативних значень опору теплопередачі для окремих огорожувальних конструкцій;
- визначення інтегральних показників енергоефективності будівлі в цілому;
- обмеження питомих витрат енергії, що характеризують ефективність експлуатації об'єкта.

Разом із тим, практичне застосування нормативних вимог виявляє низку проблемних аспектів, серед яких можна виділити недостатню узгодженість між різними нормативними документами, складність проведення точних розрахунків, а також обмеженість даних щодо фактичної енергоефективності існуючих будівель. Це зумовлює необхідність подальшого вдосконалення нормативної бази та адаптації її до сучасних умов будівництва.

Відповідно до чинних вимог, у складі проектної документації обов'язково передбачається розділ, присвячений енергоефективності, в якому визначаються основні теплотехнічні характеристики будівлі. До ключових параметрів належать приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, а також показники повітрообміну, що забезпечують необхідний рівень санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях.

У зв'язку з підвищенням нормативних вимог, традиційні конструктивні рішення поступово втрачають актуальність. Натомість широкого застосування набувають багат шарові огорожувальні системи, що включають несучу основу, ефективний теплоізоляційний шар та зовнішнє оздоблення. Такі конструкції дозволяють значно знизити тепловтрати, однак

вимагають ретельного проектування вузлів з'єднання для запобігання утворенню містків холоду.

Теплозахисна оболонка будівлі повинна відповідати комплексу критеріїв, серед яких:

- забезпечення нормативного рівня опору теплопередачі для всіх елементів огороження;
- досягнення встановлених значень питомих теплових характеристик будівлі;
- дотримання температурного режиму внутрішніх поверхонь конструкцій відповідно до санітарних норм.

Виконання зазначених вимог гарантує не лише відповідність будівлі нормативним показникам, але й створення комфортного мікроклімату для користувачів. Особливого значення набувають інтегральні показники енергоефективності, які дозволяють оцінити будівлю як єдину систему, а не сукупність окремих елементів.

Розподіл тепловтрат свідчить, що найбільші втрати теплової енергії припадають на зовнішні стіни та світлопрозорі конструкції. Значна частка також пов'язана з інфільтрацією повітря, що підтверджує необхідність комплексного підходу до підвищення енергоефективності будівель. Зменшення тепловтрат можливе за рахунок удосконалення теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій та підвищення герметичності будівлі.

Впровадження сучасних норм і технологій дозволило суттєво підвищити рівень енергоефективності будівель. За оцінками фахівців, застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів і конструктивних рішень дає змогу знизити витрати теплової енергії на опалення на 40–50 %. Крім економічного ефекту, це також сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу, що відповідає сучасним екологічним вимогам.

Розподіл тепловтрат будівлі через огорожувальні конструкції

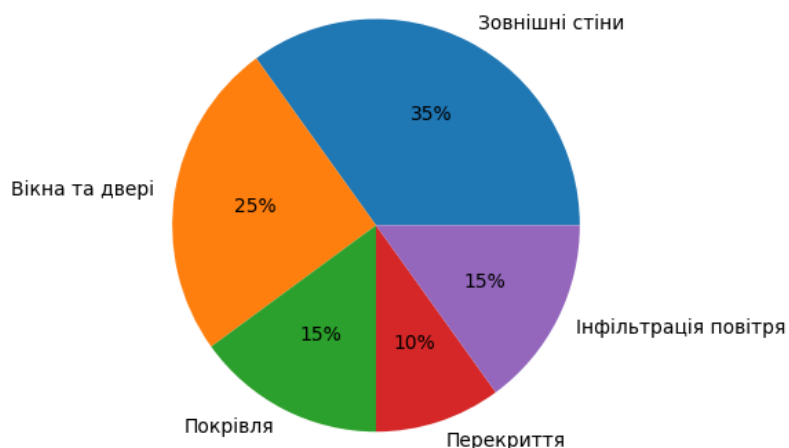


Рисунок 1.1.1 – Розподіл тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі

Таким чином, нормативно-правове регулювання у сфері теплозахисту є важливим інструментом підвищення енергоефективності будівель. Його подальший розвиток повинен бути спрямований на вдосконалення методів оцінки, впровадження інноваційних матеріалів та забезпечення ефективного контролю за дотриманням встановлених вимог.

1.2 Аналіз сучасних конструктивних систем зовнішніх стін із підвищеними теплоізоляційними характеристиками

Одним із визначальних чинників формування енергоефективності будівлі є вибір конструктивного рішення зовнішніх стін, які виступають основним бар'єром між внутрішнім середовищем приміщень і зовнішніми кліматичними впливами. Рівень тепловтрат через огорожувальні конструкції залежить від комплексу параметрів, серед яких: поверховість будівлі, тип застосованих матеріалів, конструктивна схема, якість виконання будівельно-монтажних робіт, а також тривалість і умови експлуатації об'єкта.

Аналіз розподілу тепловтрат у житлових будівлях показує, що їх структура

змінюється залежно від поверховості. У малоповерхових будинках частка втрат через зовнішні стіни становить близько третини загального обсягу, тоді як у багатоповерхових спорудах цей показник може досягати майже половини. Водночас значна кількість тепла втрачається через світлопрозорі конструкції, перекриття та інфільтрацію повітря через нещільності. Це свідчить про необхідність комплексного підходу до проєктування огорожувальних систем.

Сучасна практика будівництва передбачає застосування рішень, спрямованих на зниження тепловтрат ще на етапі архітектурного та конструктивного проєктування. До таких рішень належать оптимізація об'ємно-планувальних характеристик будівлі, використання ефективних теплоізоляційних матеріалів, впровадження багат шарових фасадних систем, а також застосування енергоефективних світлопрозорих конструкцій.

Важливою вимогою до огорожувальних конструкцій сучасних енергоефективних будівель є їхня повітронепроникність та відсутність локальних зон підвищеної теплопровідності.

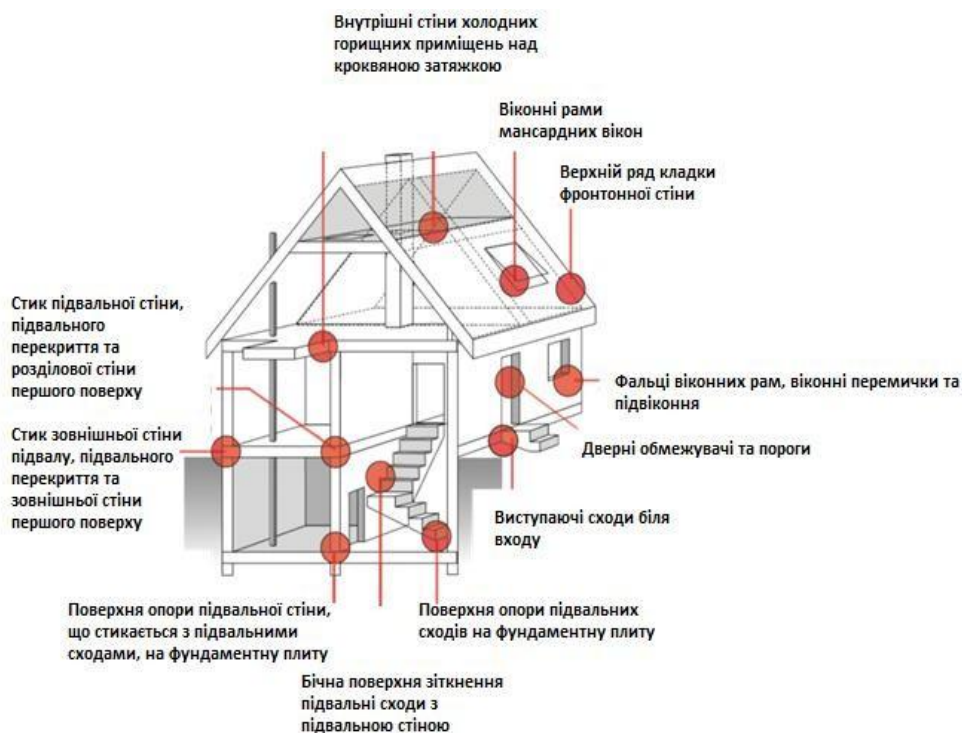


Рисунок 1.2.1 - Схема ділянок, де утворюються «містки холоду»

Такі зони, відомі як «містки холоду», виникають у місцях порушення однорідності конструкції або при поєднанні матеріалів із різними теплофізичними властивостями. Найбільш характерними ділянками їх утворення є вузли примикання конструкцій, зони встановлення вікон і дверей, а також місця проходження конструктивних елементів через теплоізоляційний шар.

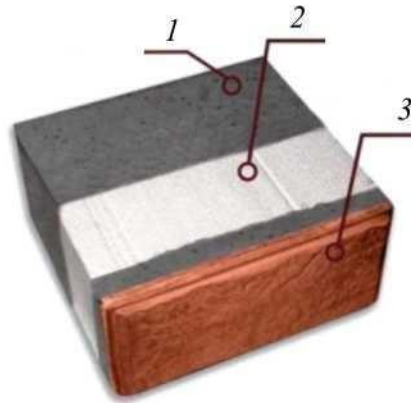
З метою мінімізації тепловтрат значна увага приділяється формі будівлі. Компактні об'ємно-просторові рішення дозволяють зменшити площу зовнішніх огорожень відносно об'єму будівлі, що позитивно впливає на її енергетичні показники. Найбільш ефективними з точки зору теплотехніки вважаються форми, близькі до сферичних, однак у практичному будівництві переважають більш традиційні геометричні рішення.

Орієнтація будівлі відносно сторін світу також відіграє суттєву роль у формуванні теплового балансу. Раціональне розташування житлових приміщень, максимальне використання сонячної радіації та зменшення впливу холодних вітрів дозволяють знизити потребу в додатковому опаленні. У цьому контексті важливим є правильний розподіл площі застакнення фасадів: збільшення площі вікон на південній стороні та обмеження їх на північній.

Серед конструктивних рішень зовнішніх стін найбільшого поширення набули багатошарові системи, які поєднують несучу частину, теплоізоляційний шар і зовнішнє оздоблення. Такі конструкції забезпечують високий рівень теплозахисту при відносно невеликій товщині стіни. Водночас їх ефективність значною мірою залежить від якості виконання монтажних робіт та правильного вирішення вузлів примикання.

Одним із варіантів підвищення енергоефективності є використання багатошарових стінових блоків, що поєднують функції несучого елемента, теплоізоляції та облицювання. Такі матеріали дозволяють значно скоротити трудомісткість будівництва та зменшити витрати на додаткові оздоблювальні

роботи. Водночас вони мають певні обмеження, пов'язані з їхньою міцністю та вимогами до транспортування і монтажу.



1 – керамзитобетон; 2 - пінополістирол; 3 – фактурний бетон

Рисунок 1.2.2 - Схема блоку з кремнеграніту

Альтернативою традиційним матеріалам є великоформатні керамічні блоки з порожнистою структурою, які поєднують достатню міцність із покращеними теплоізоляційними властивостями. Залежно від конструктивного рішення, такі стіни можуть виконуватися як одношаровими, так і багатошаровими.

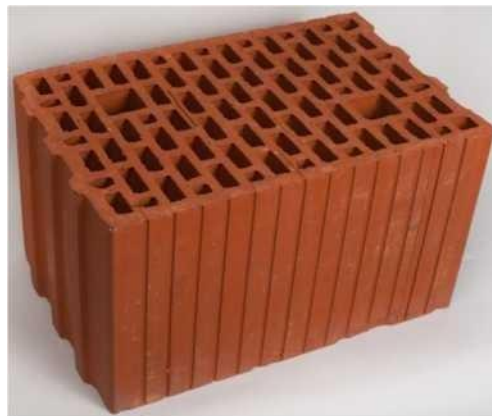


Рисунок 1.2.3 - Керамічний камінь

Перспективним напрямком є застосування легких бетонів, зокрема полістиролбетону, який характеризується низькою теплопровідністю, малою щільністю та достатньою міцністю для використання в малоповерховому будівництві. Його перевагами є також висока морозостійкість і технологічність у виробництві. Разом із тим, використання цього матеріалу

обмежується складністю технологічного процесу та відносно високою вартістю компонентів.

Широкого застосування набули також комірчасті бетони, такі як газобетон і пінобетон, які відзначаються низькою густиною та хорошими теплоізоляційними характеристиками. Їх використання дозволяє зменшити навантаження на фундаменти та прискорити процес зведення будівель. Однак такі матеріали потребують додаткового захисту від вологи та ретельного дотримання технології монтажу.



Рисунок 1.2.4 - Блоки з пористого бетону

Окрему групу становлять піскоцементні блоки з пористою структурою, які виготовляються із застосуванням легких наповнювачів. Незважаючи на їхню відносно високу міцність, вони мають більшу масу порівняно з іншими енергоефективними матеріалами, що обмежує їх застосування в умовах, де важливим є зниження навантаження на конструкції.



Рисунок 1.2.5 - Піскоцементний стіновий блок

Суттєвий вплив на теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій має якість виконання вузлів з'єднання. Недостатня герметичність стиків може призводити до інтенсивної інфільтрації повітря, що значно збільшує тепловтрати. У деяких випадках ці втрати можуть перевищувати розрахункові значення у кілька разів. Особливо критичними є зони примикання віконних блоків до стін, де можливе накопичення вологи, утворення конденсату та розвиток біологічних пошкоджень.

Для контролю якості виконання робіт та виявлення прихованих дефектів широко застосовуються методи тепловізійної діагностики. Використання інфрачервоної зйомки дозволяє оперативно визначати ділянки підвищених тепловтрат і вживати заходів щодо їх усунення.

Сучасні конструктивні рішення зовнішніх стін характеризуються різноманіттям підходів і матеріалів, що дозволяє адаптувати їх до конкретних умов будівництва. Вибір оптимальної системи повинен здійснюватися з урахуванням теплотехнічних, економічних та технологічних факторів, а також вимог нормативної бази. Комплексний підхід до проектування огорожувальних конструкцій є необхідною умовою забезпечення високого рівня енергоефективності будівель.

1.3 Системний аналіз сучасних технологій утеплення фасадів будівель

Підвищення енергоефективності будівель у сучасних умовах безпосередньо пов'язане з удосконаленням конструктивно-технологічних рішень зовнішніх огорожувальних конструкцій. Відомо, що через фасадні елементи відбувається найбільша частка тепловтрат, що обумовлює необхідність застосування ефективних систем теплоізоляції.

Сучасні технології утеплення фасадів формуються на основі принципів багат шаровості, енергоощадності та забезпечення нормативного мікроклімату приміщень. При цьому вибір конкретної технології визначається поєднанням таких факторів, як тип несучих конструкцій,

кліматичні умови, експлуатаційні вимоги та економічна доцільність.

На основі конструктивних особливостей сучасні системи утеплення фасадів можна поділити на такі основні групи:

- системи зовнішньої теплоізоляції з тонкошаровим штукатурним покриттям (ETICS);
- вентилявані фасадні системи (rainscreen);
- тришарові стінові конструкції;
- індустриальні панельні (сендвіч) системи.

Кожна із зазначених систем відрізняється механізмом теплопередачі, умовами роботи теплоізоляційного шару та технологією монтажу.

Системи ETICS (External Thermal Insulation Composite System) передбачають улаштування безперервного теплоізоляційного шару по зовнішній поверхні стіни з подальшим нанесенням захисно-декоративного покриття.

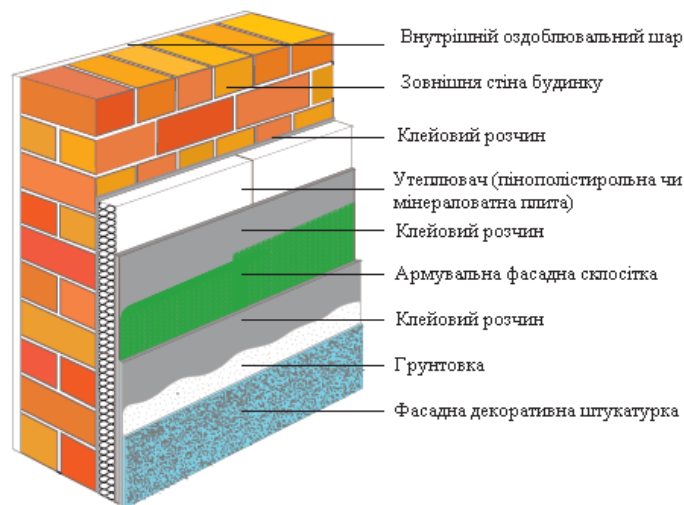


Рисунок 1.3.1 – Конструктивна схема системи ETICS

Як видно зі схеми, система складається з декількох функціональних шарів: основа (стіна з цегли, бетону або піносилікатних блоків);

- клейовий склад;
- теплоізоляційні плити;
- механічні кріплення;

- армувальний шар зі склосіткою;
- декоративно-захисне покриття.

Такі системи формують суцільну теплоізоляційну оболонку будівлі, що значно зменшує теплові втрати та ліквідовує «містки холоду».

Переваги:

- висока енергоефективність;
- відносно низька вартість;
- універсальність застосування;
- можливість використання при реконструкції.

Недоліки:

- залежність якості від технології виконання;
- обмежена механічна міцність;
- чутливість до вологи під час монтажу.

Вентильовані фасади базуються на принципі розділення теплоізоляційного та облицювального шарів повітряним прошарком. Це дозволяє створити ефективну систему відведення вологи.

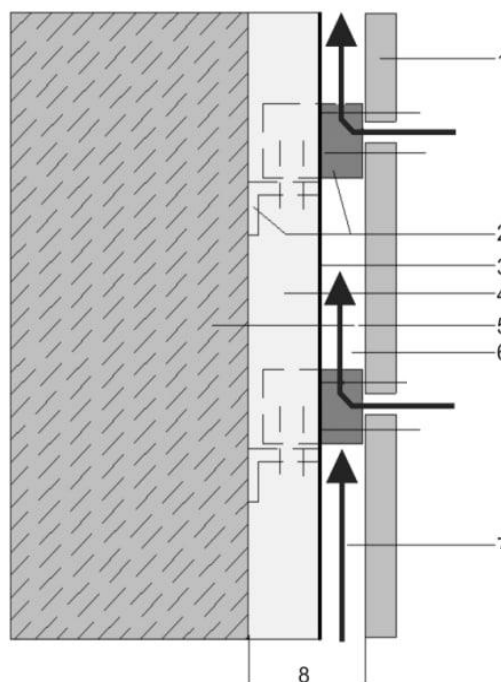


Рисунок 1.3.2 – Схема вентильованого фасаду

1 - фасадне облицювання, 2 - каркас, 3 - повітряний бар'єр, 4 - теплоізоляція,
5 - зовнішня стіна

Головною особливістю є наявність вентиляційного каналу, який забезпечує стабілізацію вологісного режиму конструкції.

Переваги:

- довговічність;
- стійкість до атмосферних впливів;
- ефективне видалення вологи.

Недоліки:

- висока вартість;
- складність монтажу;

більша товщина конструкції.

Тришарові конструкції є класичним підходом до забезпечення теплозахисту, де теплоізоляція розміщується всередині стіни.

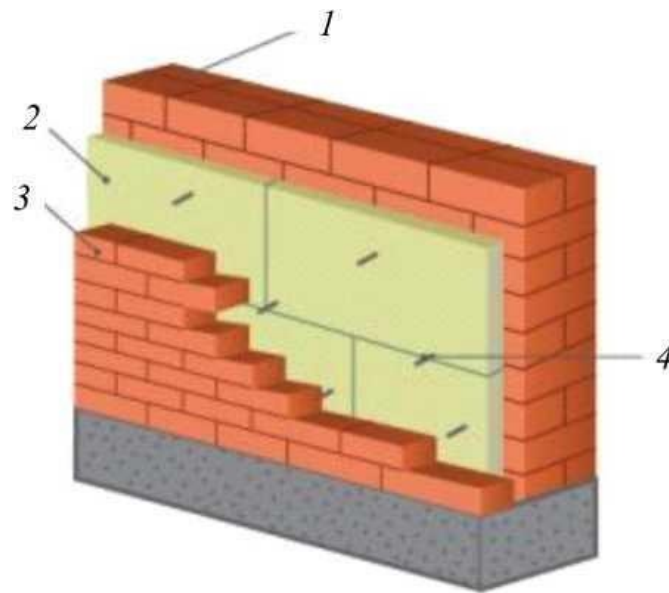


Рисунок 1.3.3 – Конструкція шаруватої кладки:

1 – внутрішня частина стіни; 2 – шар утеплювача (кам'яна вата); 3 – зовнішня частина цегляної стіни; 4 - зв'язки

Хоча такі системи мають високу міцність, вони поступово витісняються більш ефективними технологіями зовнішнього утеплення.

Таблиця 1.3.1 – Порівняння основних фасадних систем утеплення

Параметр	ETICS (штукатурний фасад)	Вентильований фасад	Тришарова стіна
Конструкція	Суцільний шар утеплювача + штукатурка	Утеплювач + повітряний прошарок + облицювання	Несучий шар + утеплювач + облицювання
Теплова ефективність	Висока	Дуже висока	Середня
Містки холоду	Мінімальні	Мінімальні (через кріплення)	Присутні
Вологісний режим	Обмежений	Найкращий (вентиляція)	Залежить від виконання
Складність монтажу	Низька	Висока	Середня
Вартість	Низька	Висока	Середня
Довговічність	20–30 років	30–50 років	40+ років
Обслуговування	Потрібне	Мінімальне	Мінімальне

Аналіз показує, що системи зовнішнього утеплення забезпечують більш ефективно зменшення тепловтрат порівняно з внутрішнім або інтегрованим утепленням, оскільки вони:

- усувають температурні перепади в товщі стіни;
- запобігають утворенню конденсату;
- підвищують довговічність конструкцій.

Важливим елементом будь-якої фасадної системи є теплоізоляційний матеріал. Найбільш поширеними є:

- мінеральна вата;
- пінополістирол;
- екструдований пінополістирол.

Мінеральна вата характеризується високою паропроникністю та негорючістю, що робить її доцільною для застосування у конструкціях зі «схильністю до вологісного обміну» (наприклад, пінобетон).

Пінополістирол, у свою чергу, має нижчу паропроникність, але є більш стійким до вологи та дешевшим.

Таблиця 1.3.2 – Порівняння теплоізоляційних матеріалів

Показник	Мінеральна вата	Пінополістирол	Екструдований ППС
Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	0.035–0.045	0.030–0.040	0.028–0.032
Паропроникність	Висока	Низька	Дуже низька
Горючість	Негорючий	Горючий	Горючий
Вологопоглинання	Середнє	Низьке	Дуже низьке
Міцність	Середня	Середня	Висока
Вартість	Середня	Низька	Висока
Рекомендації	Пінобетон, газобетон	Цегла, бетон	Фундаменти, цоколь

Для стін із піносилікатних блоків доцільним є використання мінеральної вати через її високу паропроникність та негорючість.

Проведений аналіз сучасних технологій утеплення фасадів показав, що найбільш ефективними з точки зору енергозбереження є системи зовнішньої теплоізоляції, які формують суцільний тепловий контур будівлі.

Серед них особливе місце займають системи типу ETICS, які поєднують технологічність, економічність та високі експлуатаційні характеристики.

Отримані результати створюють теоретичну основу для подальшого обґрунтування вибору оптимальної системи утеплення у дослідницькому розділі магістерської роботи.

РОЗДІЛ II

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Інноваційні технології та системні підходи до формування енергоефективних будівель

У сучасних умовах підвищення вартості енергоресурсів і посилення екологічних вимог питання енергоефективності будівель набуває стратегічного значення. Будівельна галузь поступово трансформується від традиційних підходів до комплексного енергетичного проектування, яке враховує весь життєвий цикл об'єкта — від концепції до експлуатації та модернізації.

Розвиток науково-технічної бази сприяв появі широкого спектра технологій, що дозволяють суттєво скоротити енергоспоживання. Їх доцільно розглядати не ізольовано, а як взаємопов'язану систему рішень, яка формує енергоефективну модель будівлі.

Одним із ключових елементів є оптимізація світлопрозорих конструкцій. Втрати тепла через віконні отвори традиційно залишаються значними, однак сучасні технології дозволяють мінімізувати цей фактор. Використання багатошарових склопакетів із селективними покриттями, вакуумних камер та адаптивних матеріалів забезпечує динамічну зміну теплотехнічних характеристик. Особливий інтерес становлять термохромні матеріали, здатні змінювати ступінь пропускання теплового випромінювання залежно від температури зовнішнього середовища. Таким чином, будівля частково «саморегулює» тепловий баланс без додаткових витрат енергії.

Ще одним перспективним напрямом є використання електрокерованих скляних систем на основі рідкокристалічних технологій. Вони дозволяють оперативно змінювати прозорість огорожувальних конструкцій, що дає можливість одночасно вирішувати задачі освітлення, теплозахисту та зонування простору. Такі рішення особливо актуальні для громадських та офісних будівель, де важливе поєднання комфорту та функціональності.

Паралельно з новим будівництвом важливу роль відіграє термомодернізація існуючого фонду. Більшість будівель, зведених у попередні десятиліття, не відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Комплексна реконструкція передбачає не лише утеплення огорожувальних конструкцій, але й повну модернізацію інженерних систем. Важливою умовою ефективності таких заходів є їх системність, оскільки локальні рішення (наприклад, лише заміна вікон) не забезпечують максимального ефекту.

Суттєвий потенціал має впровадження нових конструктивних рішень. Зокрема, застосування матеріалів із високою теплоакумулюючою здатністю дозволяє згладжувати добові коливання температури. Додатково використовуються «зелені» покрівлі та фасади, які виконують не лише естетичну, а й теплоізоляційну функцію, зменшуючи перегрів будівель у літній період(рис.2.1.1).

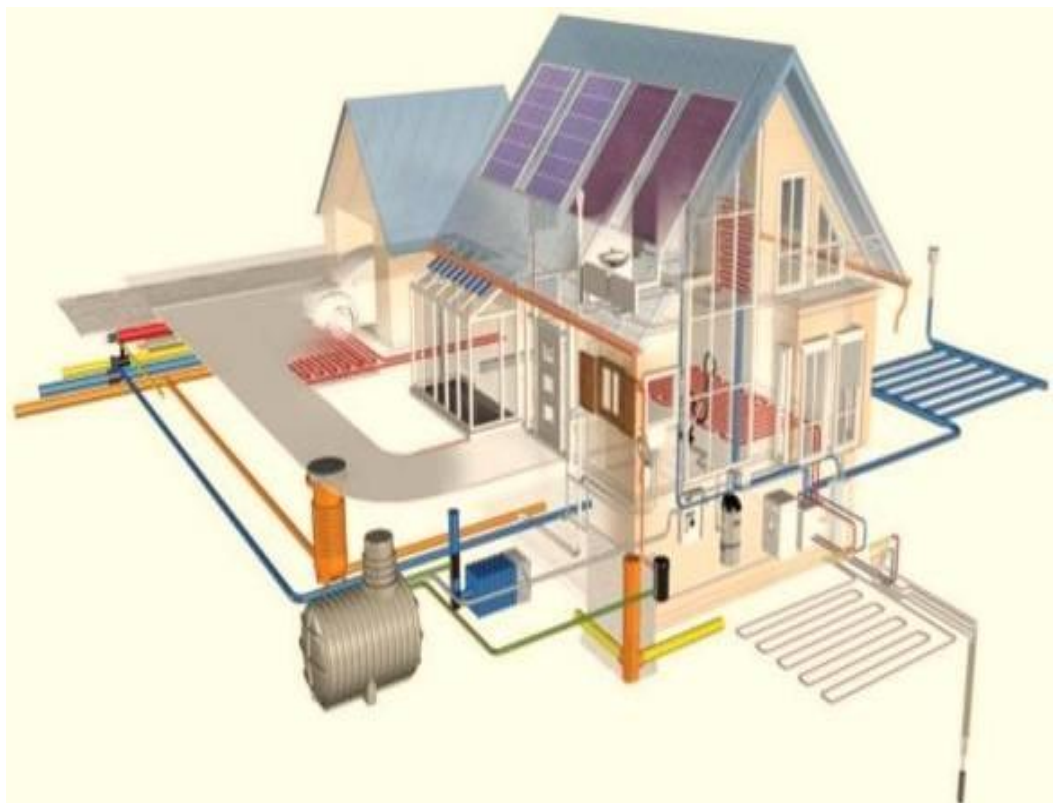


Рисунок 2.1.1 –Схема загальних енергоефективних рішень у будівництві

Цифровізація проектування стала важливим інструментом підвищення енергоефективності. Інформаційне моделювання будівель (BIM) дозволяє ще на ранніх етапах оцінювати теплові втрати, аналізувати сценарії експлуатації та підбирати оптимальні технічні рішення. Подальшим розвитком є використання цифрових двійників, які відображають реальний стан об'єкта та дозволяють оперативно реагувати на зміну параметрів експлуатації.

Окрему увагу слід приділити вентиляційним системам, оскільки вони є значним джерелом тепловтрат. Сучасні енергоефективні будівлі передбачають обов'язкове використання рекуперативних установок(рис.2.1.2). Принцип їх роботи полягає у передачі тепла від витяжного повітря до припливного без змішування потоків. Це дозволяє значно знизити енергетичні витрати на підігрів або охолодження повітря.

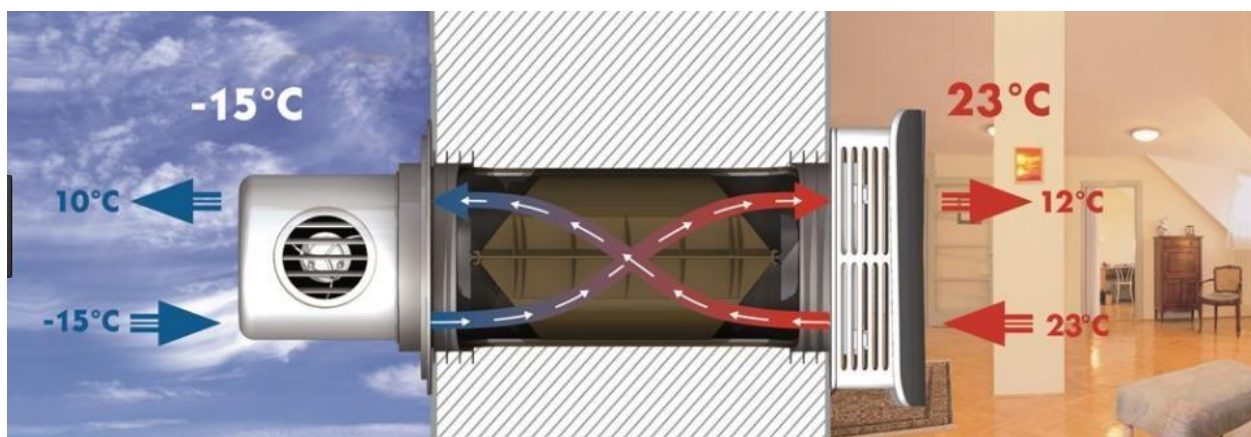


Рисунок 2.1.2 – Рекуперативна вентиляційна система

Найбільш поширеними є пластинчасті теплообмінники (рис.2.1.3- а), які характеризуються простотою конструкції та надійністю. Більш ефективними є роторні системи (рис.3.2.3-б), де тепло передається через обертовий елемент, що акумулює енергію. Також застосовуються комбіновані рішення, які поєднують функції тепловідновлення та регулювання вологості, що позитивно впливає на мікроклімат приміщень.

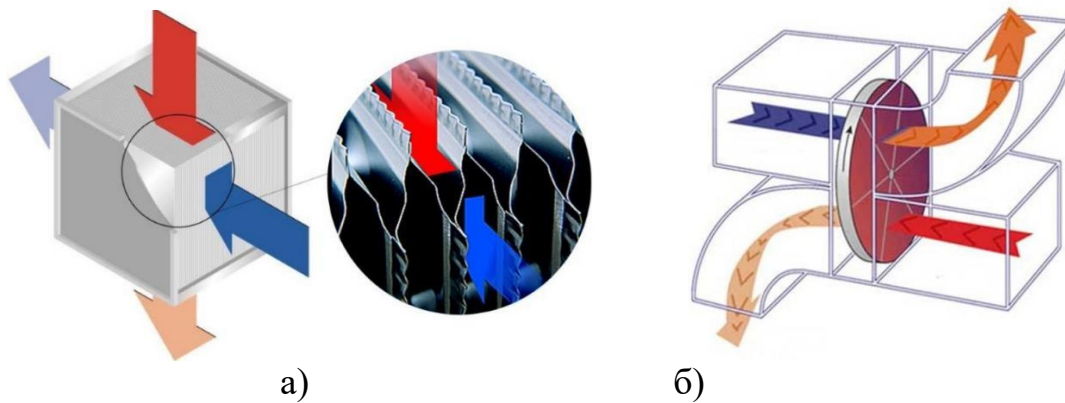
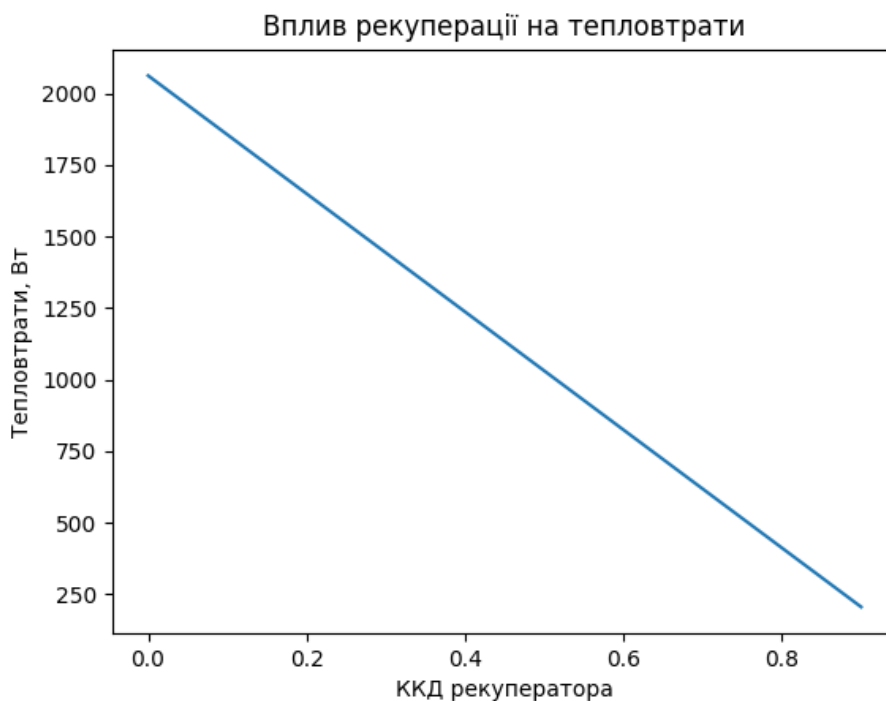


Рисунок 2.1.3 – Конструктивні елементи рекуператорів

а) пластинчасті;

б) роторні



Інтеграція автоматизованих систем керування є ще одним важливим кроком у напрямку підвищення енергоефективності. Концепція «розумного будинку» базується на використанні датчиків, програмованих контролерів та аналітичних алгоритмів. Такі системи дозволяють оптимізувати роботу опалення, вентиляції та освітлення залежно від фактичних умов експлуатації (рис.2.1.4). Наприклад, зниження температури у період відсутності користувачів або адаптація роботи обладнання до тарифів на енергоносії.



Рисунок 2.1.4 - Концепція «розумного будинку»

Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний із технологіями Інтернету речей (IoT), які забезпечують безперервний моніторинг і аналіз споживання енергії. Це відкриває можливість переходу від реактивного управління до прогнозного, що є важливим для досягнення максимальної ефективності.

Значний інтерес викликає створення нових теплоізоляційних матеріалів. Традиційні утеплювачі поступово доповнюються або замінюються більш сучасними аналогами з покращеними характеристиками. Серед екологічно орієнтованих рішень можна виділити матеріали на основі природної сировини, які забезпечують не лише теплоізоляцію, але й сприятливий мікроклімат.

Водночас розвиток високих технологій привів до появи принципово нових матеріалів. Аерогелі характеризуються надзвичайно низькою щільністю та високою пористістю, що забезпечує їх унікальні теплоізоляційні властивості. Вакуумні панелі дозволяють досягти мінімальної теплопровідності завдяки відсутності газового середовища всередині. Фазозмінні матеріали здатні накопичувати теплову енергію під час фазових переходів, що дозволяє стабілізувати температурний режим у приміщенні.

Порівняння деяких характеристик розглядуваних матеріалів наведено у таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1 – Порівняльна характеристики теплоізоляційних матеріалів
фасадних систем

Показник	Мінераловатні плити	EPS пінополістирол	XPS екструдований	PIR
Теплопровідність λ , Вт/м·К	0,035–0,040	0,036–0,038	0,029–0,034	0,020–0,023
Паропроникність	Висока	Низька	Дуже низька	Майже нульова
Водопоглинання	10–30%	≤3%	<1%	Дуже низьке
Горючість	Негорючий (A1)	Горючий	Горючий	Слабогорючий (Г1)
Щільність, кг/м ³	30–150	15–30	25–47	~30–45
Міцність на стиск	Середня	Середня	Висока	Дуже висока
Звукоізоляція	Висока	Низька	Низька	Низька
Довговічність	~50 років	40–50 років	75–100 років	≥50 років
Екологічність	Вища (мінеральна основа)	Синтетичний	Синтетичний	Синтетичний
Складність монтажу	Середня	Проста	Проста	Складніша
Вартість	Середня/висока	Низька	Вища за EPS	Найвища
Типове застосування	Фасади, вентфасади, висотні будівлі	Фасади житлових будинків	Цоколь, фундамент	Енергоефективні будівлі

Крім того, важливим напрямом є поєднання енергоефективних технологій із відновлюваними джерелами енергії. Інтеграція сонячних панелей, теплових насосів та систем акумуляування енергії дозволяє зменшити залежність будівель від традиційних енергоресурсів. У перспективі це сприятиме переходу до будівель із майже нульовим або навіть позитивним енергетичним балансом.

Таким чином, енергоефективність будівлі формується як результат комплексної взаємодії кількох ключових компонентів:

- оптимізованої теплової оболонки;
- ефективних інженерних систем;
- інтелектуального управління;
- використання інноваційних матеріалів;
- інтеграції відновлюваних джерел енергії.

Узагальнюючи викладене, можна зробити висновок, що досягнення високого рівня енергоефективності можливе лише за умови системного підходу, який поєднує технічні, технологічні та цифрові рішення. Саме така інтеграція визначає сучасний напрям розвитку будівельної галузі та формує основу для створення комфортного, економічного та екологічно безпечного житлового середовища.

2.2. Технологічні особливості зведення житлових будівель з піносілікатних блоків з суцільною теплоізоляцією з мінераловатних плит без порожнин

Сучасні вимоги до енергоефективності житлових будівель обумовлюють широке застосування багатошарових огорожувальних конструкцій. Одним із ефективних рішень є використання піносілікатних блоків у поєднанні зі скріпленою зовнішньою теплоізоляцією на основі мінераловатних плит.

Піносілікатні блоки автоклавного твердіння виконують функцію несучого шару, тоді як мінераловатна теплоізоляція забезпечує нормативний опір теплопередачі. Така система дозволяє досягти оптимального балансу між

несучою здатністю, теплозахисними властивостями та довговічністю конструкції.

Мінераловатні плити характеризуються:

- низьким коефіцієнтом теплопровідності ($\lambda = 0,035\text{--}0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$);
- високою паропроникністю;
- негорючістю (клас НГ);
- стабільністю геометричних розмірів.

Типова багатошарова конструкція зовнішньої стіни включає такі елементи:

- Внутрішнє оздоблення;
- Несучий шар із піносілікатних блоків;
- Клейовий шар;
- Мінераловатні плити;
- Армувальний шар зі склосіткою;
- Декоративно-захисний шар (штукатурка).



Рисунок 2.2.1 – Схема багатошарової стіни з піносілікатних блоків з мінераловатною теплоізоляцією

Після розгляду конструктивного рішення зовнішньої стіни доцільно перейти до аналізу фізико-механічних та теплотехнічних характеристик матеріалів, що входять до її складу. Це обумовлено тим, що ефективність функціонування багатошарової огорожувальної конструкції визначається не лише її геометричною структурою, а й сукупністю властивостей кожного окремого шару.

Зокрема, несучий шар із піносілікатних блоків забезпечує сприйняття вертикальних та частково горизонтальних навантажень, тому його фізико-механічні характеристики, такі як густина, міцність на стиск та модуль пружності, мають визначальний вплив на загальну надійність і довговічність будівлі. Водночас, пориста структура матеріалу зумовлює його теплотехнічні властивості, що безпосередньо впливають на тепловий баланс будівлі.

У свою чергу, зовнішній теплоізоляційний шар із мінераловатних плит виконує функцію зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції. Його ефективність визначається, перш за все, коефіцієнтом теплопровідності, а також такими характеристиками, як щільність, водопоглинання та паропроникність. Важливо зазначити, що сумісна робота піносілікатного блоку та мінераловатного утеплювача формує дифузійно відкриту систему, що сприяє природному регулюванню вологості в товщі стіни.

Крім того, допоміжні шари, зокрема клейові суміші, армувальні покриття та захисно-декоративні штукатурки, також впливають на експлуатаційні характеристики системи. Незважаючи на їх незначну товщину, вони відіграють важливу роль у забезпеченні адгезії між шарами, розподілі напружень, а також у захисті теплоізоляційного шару від зовнішніх впливів. Таким чином, комплексний аналіз фізико-механічних та теплотехнічних властивостей матеріалів є необхідною умовою для обґрунтування вибору конструктивного рішення зовнішньої стіни. Це дозволяє не лише оцінити відповідність конструкції нормативним вимогам, але й забезпечити її ефективну та довговічну експлуатацію.

У зв'язку з цим, у таблиці 2.2.1 наведено основні характеристики матеріалів, що застосовуються у досліджуваній конструкції, а також виконано їх порівняльний аналіз.

Таблиця 2.2.1 – Характеристики матеріалів огорожувальної конструкції

Матеріал	Густина, кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м·К)	Міцність на стиск, МПа
Піносілікатні блоки D500	500	0,12–0,14	2,5–3,5
Мінераловатні плити	120–150	0,035–0,042	0,04–0,08
Клейова суміш	1300–1500	0,80–1,00	—
Штукатурний шар	1600–1800	0,70–0,90	—

Проведений аналіз конструктивного рішення зовнішньої стіни та фізико-механічних і теплотехнічних характеристик матеріалів дозволяє перейти до кількісної оцінки її теплозахисних властивостей. Така оцінка є необхідною для підтвердження відповідності огорожувальної конструкції сучасним нормативним вимогам щодо енергоефективності будівель.

Слід зазначити, що ефективність багат шарової стінової конструкції визначається не лише окремими характеристиками матеріалів, але й їх сумісною роботою в умовах реальної експлуатації. У зв'язку з цим виникає необхідність визначення інтегрального показника — опору теплопередачі конструкції, який враховує внесок кожного шару.

Розрахунок опору теплопередачі дозволяє:

- оцінити рівень тепловтрат через огорожувальні конструкції;
- перевірити відповідність нормативним вимогам;
- обґрунтувати доцільність прийнятих товщин матеріалів;
- визначити вплив зміни параметрів конструкції на її енергоефективність.

Особливістю досліджуваної конструкції є поєднання піносілікатного несучого шару та мінераловатного теплоізоляційного шару, що формує так звану «теплу» стіну з винесеною зоною утеплення. При цьому основний опір теплопередачі забезпечується саме теплоізоляційним шаром, тоді як несучий матеріал виконує допоміжну теплозахисну функцію.

Для коректної оцінки теплозахисних властивостей необхідно враховувати:

- товщину кожного шару конструкції;
- коефіцієнти теплопровідності матеріалів;
- наявність внутрішнього та зовнішнього поверхневого опору теплопередачі;
- можливий вплив вологісного режиму.

Таким чином, на основі наведених вихідних даних виконується теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції, який передбачає визначення сумарного опору теплопередачі та його порівняння з нормативним значенням.

Розрахунок виконується відповідно до чинних нормативних документів із використанням методики пошарового визначення термічного опору конструкції.

Опір теплопередачі визначається за формулою:

$$R = \sum \delta_i \lambda_i R$$

де:

δ_i — товщина шару, м;

λ_i — коефіцієнт теплопровідності матеріалу.

для конструкції стіни житлового будинку:

- піносілікатний блок товщиною 300 мм;
- мінераловатний утеплювач товщиною 100 мм,

отримуємо:

$$R = 0,300,13 + 0,100,038 \approx 2,31 + 2,63 = 4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{K/}$$

Отримане значення відповідає сучасним нормативним вимогам до енергоефективності житлових будівель.

Після визначення фізико-механічних і теплотехнічних властивостей матеріалів та аналізу їхнього внеску у теплозахисні характеристики зовнішньої стіни, доцільно перейти до розгляду безпосередньої технології виконання кладки піносілікатних блоків. Адже правильне влаштування

несучого шару є ключовим чинником забезпечення не лише міцності та довговічності конструкції, але й ефективного функціонування теплоізоляційного комплексу.

Несучий шар із піносілікатних блоків виконує основну конструктивну функцію — сприймає вертикальні навантаження будівлі та частково горизонтальні зусилля від вітрових навантажень. Водночас товщина і точність кладки безпосередньо впливають на утворення теплових містків і загальний тепловий опір стіни. Тому від технології виконання кладки залежать не лише механічні характеристики стіни, але й реалізація проєктних теплозахисних показників.

Кладка піносілікатних блоків має свої особливості, пов'язані з високою точністю геометрії матеріалу та його пористою структурою. Використання тонкошарових клейових сумішей дозволяє мінімізувати товщину швів, зменшити тепловтрати і забезпечити рівномірний розподіл навантажень по всій площі стіни. Крім того, правильне армування кладки в критичних зонах — під прорізами, у рівні перекриттів і кутів — забезпечує стійкість конструкції до деформацій та тріщиноутворення. Для забезпечення нормативної міцності, теплозахисних характеристик та довговічності будівлі необхідно детально розглянути технологію виконання кладки піносілікатних блоків, включаючи підготовку основи, вибір сумішей, порядок укладання блоків, армування та контроль якості виконання робіт.

Кладка виконується із застосуванням тонкошарових клейових сумішей.
Основні технологічні етапи:

1. Підготовка основи (вирівнювання фундаменту);
2. Укладання першого ряду на цементно-піщаному розчині;
3. Наступні ряди – на клейовій суміші;
4. Контроль горизонтальності та вертикальності;
5. Армування кладки.

Армування здійснюється:

- через кожні 2–3 ряди;
- у зонах прорізів;
- у рівні перемичок.

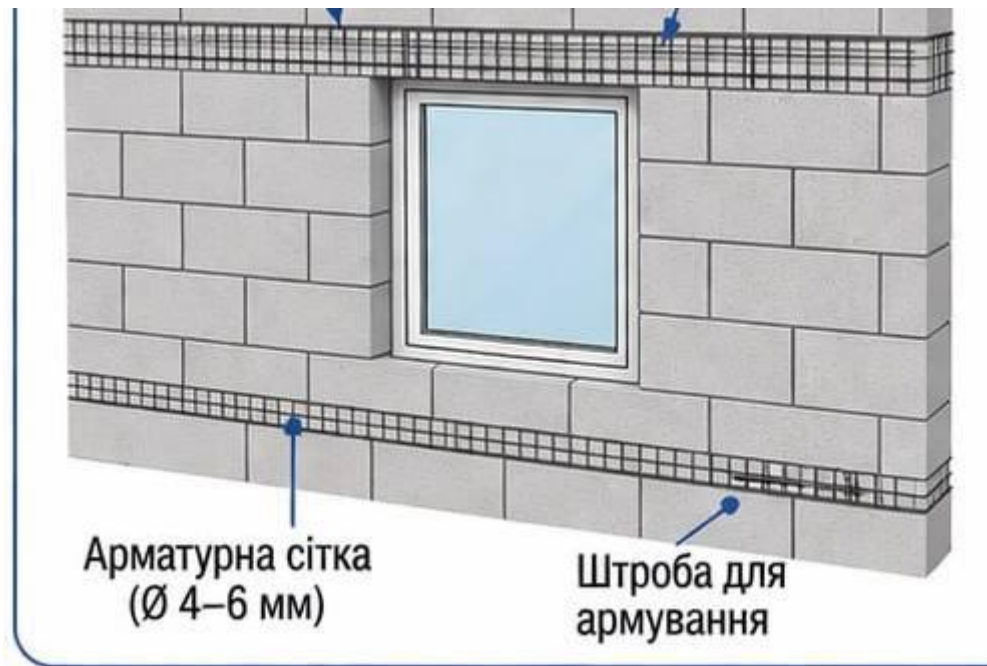


Рисунок 3.2 – Схема армування кладки піносілікатних блоків

Отримані результати теплотехнічного розрахунку підтверджують, що застосування мінераловатних плит як зовнішнього теплоізоляційного шару забезпечує досягнення нормативного рівня опору теплопередачі огорожувальної конструкції. Водночас, слід зазначити, що розрахункові показники можуть бути реалізовані на практиці лише за умови дотримання відповідної технології виконання теплоізоляційних робіт.

Ефективність функціонування системи зовнішнього утеплення визначається не тільки властивостями матеріалів, але й якістю їх монтажу. Порушення технологічних вимог, зокрема недостатня адгезія теплоізоляційних плит до основи, наявність повітряних прошарків, нерівномірне нанесення клейових сумішей або неправильне розташування кріпильних елементів, можуть призводити до зниження теплозахисних характеристик конструкції, утворення містків холоду та передчасної втрати експлуатаційних властивостей системи.

Особливістю застосування мінераловатних плит у системах зовнішньої

теплоізоляції є їх висока паропроникність, що вимагає забезпечення дифузійно відкритої структури всієї огорожувальної конструкції. У цьому контексті важливим є правильний вибір сумісних матеріалів для клейових та армувальних шарів, а також дотримання послідовності виконання робіт.

Крім того, значний вплив на довговічність теплоізоляційної системи мають умови виконання робіт, зокрема температурно-вологісний режим, захист фасаду від атмосферних впливів під час монтажу та дотримання технологічних перерв для тужавіння матеріалів.

З метою забезпечення проєктних теплозахисних характеристик та надійності експлуатації огорожувальної конструкції необхідно детально розглянути технологію влаштування теплоізоляції з мінераловатних плит, включаючи підготовчі роботи, порядок монтажу та контроль якості виконання.

Монтаж теплоізоляції виконується після завершення кладки та набору міцності конструкції.

Основні етапи:

1. Очищення та ґрунтування поверхні;
2. Нанесення клейового розчину (суцільно або по периметру та маяками);
3. Приклеювання мінераловатних плит;
4. Додаткове механічне кріплення дюбелями (5–8 шт./м²);
5. Влаштування армувального шару;
6. Нанесення декоративного покриття.

Особливу увагу слід приділяти:

- перев'язці плит (шаховий порядок);
- щільності прилягання;
- відсутності зазорів.

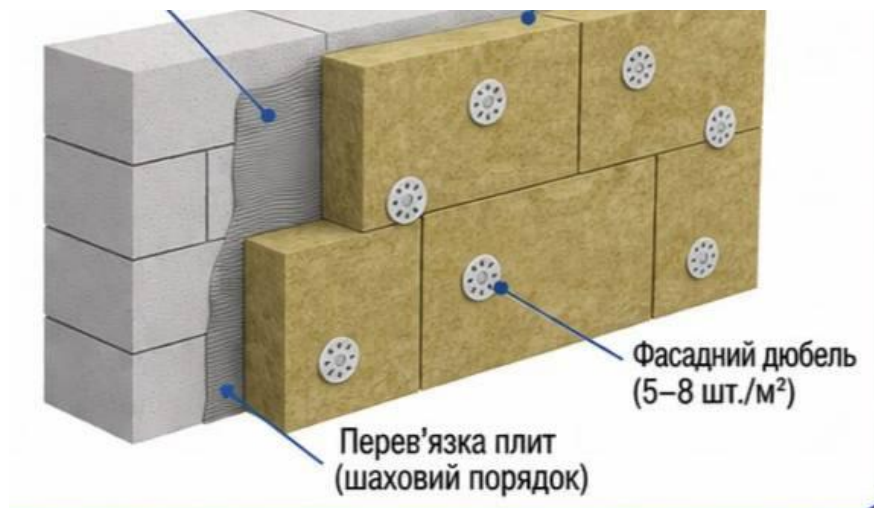


Рисунок 2.2.3 – Схема кріплення мінераловатних плит

Розглянута технологія влаштування теплоізоляційного шару з мінераловатних плит забезпечує формування суцільного теплозахисного контуру будівлі. Проте слід зазначити, що навіть за умови якісного виконання основної площі фасаду, загальна ефективність огорожувальної конструкції значною мірою визначається станом та конструктивними рішеннями вузлів примикання.

Найбільш уразливими з точки зору теплотехніки та довговічності є зони переривання однорідності конструкції, зокрема віконні та дверні прорізи, зовнішні та внутрішні кути будівлі, а також стики стін із перекриттями та іншими конструктивними елементами. Саме в цих місцях найчастіше виникають локальні зони підвищених тепловтрат — так звані «містки холоду», які можуть призводити до зниження температури внутрішніх поверхонь, утворення конденсату та розвитку грибкових уражень.

Крім теплотехнічних аспектів, вузли примикання є зонами концентрації напружень, що виникають унаслідок температурних деформацій, усадки матеріалів та експлуатаційних навантажень. Недостатнє армування або неправильне конструктивне вирішення цих ділянок може спричинити утворення тріщин у захисно-декоративному шарі та порушення цілісності теплоізоляційної системи.

Особливого значення набуває правильне влаштування вузлів при

застосуванні мінераловатних плит, оскільки цей матеріал є більш деформівним порівняно з жорсткими утеплювачами, а також потребує ефективного захисту від зволоження. У зв'язку з цим необхідно забезпечити не лише теплотехнічну однорідність конструкції, але й надійне примикання всіх шарів системи.

Отже, для забезпечення енергоефективності, довговічності та експлуатаційної надійності будівлі необхідно детально розглянути конструктивні рішення та технологічні особливості виконання вузлів примикання, зокрема в зоні віконних прорізів, кутів будівлі та стиків конструкцій.



Рисунок 2.2.4 - Типові вузли примикання та заходи з енергоефективності

Найбільш відповідальними зонами є:

- віконні та дверні прорізи;
- кути будівлі;
- стики перекриттів і стін.

Для запобігання утворенню містків холоду застосовуються:

- додаткові теплоізоляційні елементи;
- армувальні кутики;
- герметизаційні стрічки.

Після детального розгляду технології виконання кладки піносілікатних блоків та влаштування зовнішньої теплоізоляції стає очевидним, що навіть при дотриманні усіх технологічних вимог існує ймовірність виникнення локальних дефектів. Це пов'язано як із специфікою матеріалів, так і з

особливостями експлуатації будівлі та впливом зовнішніх факторів — кліматичних, механічних та конструктивних.

Типові дефекти, що можуть виникати в процесі будівництва чи експлуатації, включають тріщини у штукатурному покритті, відшарування теплоізоляційного шару, порушення геометрії кладки та утворення містків холоду в зоні вузлів примикання. Аналіз причин їх виникнення дозволяє виділити як технологічні, так і матеріальні фактори, які необхідно контролювати на кожному етапі робіт.

Вивчення типових дефектів та розробка ефективних заходів їх усунення є ключовим елементом у забезпеченні довговічності та енергоефективності будівлі. Системний підхід до цього питання дозволяє не лише запобігти погіршенню експлуатаційних характеристик конструкцій, але й оптимізувати процес контролю якості, зменшити витрати на ремонт та підвищити надійність всіх елементів огорожувальної системи.

В таблиці 2.2.2 систематизована інформація про типові дефекти та запропоновані конкретні технологічні та організаційні заходи щодо їх усунення, що дозволить забезпечити надійну та довговічну експлуатацію житлових будівель із піносілікатних блоків зі скріпленою теплоізоляцією.

Таблиця 2.2.2 – Типові дефекти та заходи їх усунення

Дефект	Причина	Спосіб усунення
Тріщини у штукатурці	Недостатнє армування	Посилення армувального шару
Відшарування утеплювача	Порушення технології монтажу	Повторне кріплення плит
Містки холоду	Неправильне влаштування вузлів	Додаткове утеплення вузлів

Комплексна оцінка технології зведення житлових будівель з піносілікатних блоків зі скріпленою мінераловатною теплоізоляцією

дозволяє виділити ряд суттєвих переваг. До основних технологічних переваг належать підвищена енергоефективність конструкцій, яка досягається завдяки поєднанню пористих несучих блоків із низьким коефіцієнтом теплопровідності та зовнішнього теплоізоляційного шару; відносна легкість і точність монтажу, що забезпечується використанням блоків із суворо заданими геометричними параметрами та тонкошарових клейових сумішей; скорочення трудомісткості робіт і термінів зведення будівлі у порівнянні з традиційними матеріалами; підвищена пожежна безпека завдяки використанню мінераловатних плит як негорючого утеплювача; а також сприятливий мікроклімат у приміщеннях за рахунок паропроникності матеріалів, що забезпечує природну вентиляцію стінових шарів.

Водночас, технологія має певні обмеження, які необхідно враховувати на етапі проєктування та виконання робіт. До них належать підвищені вимоги до точності монтажу та дотримання геометрії кладки, оскільки навіть незначні відхилення можуть призводити до виникнення містків холоду та дефектів декоративного шару; чутливість матеріалів до вологи під час будівництва, що потребує дотримання режиму захисту фасаду від атмосферних впливів; необхідність дотримання технології армування та контролю якості всіх робіт; а також вимоги до організації будівельного процесу та спеціальної кваліфікації робітників, що забезпечує надійність і довговічність системи.

Враховуючи зазначені переваги та обмеження, можна зробити висновок, що технологія зведення житлових будівель із піносілікатних блоків зі скріпленою теплоізоляцією з мінераловатних плит є ефективним та раціональним рішенням для сучасного будівництва. Вона дозволяє забезпечити високу енергоефективність та надійність конструкцій, водночас знижуючи трудомісткість і терміни виконання робіт. Проте для досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик необхідно суворо дотримуватися технологічних вимог, контролювати якість матеріалів і робіт,

а також правильно проєктувати вузли примикання та захисні елементи системи. Бачимо, що реалізація цієї технології сприяє створенню довговічних, безпечних та комфортних житлових будівель із високими енергоефективними показниками, що відповідають сучасним стандартам будівельної індустрії.

2.3. Порівняння традиційного та удосконаленого варіантів улаштування теплоізоляції фасадів

У сучасній практиці утеплення фасадів житлових будівель із пінобетонних (піносилікатних) блоків широко застосовується традиційна технологія улаштування суцільного теплоізоляційного шару з використанням мінераловатних плит. Такий підхід передбачає щільне прилягання теплоізоляційного матеріалу до основи без утворення повітряних порожнин, що забезпечує нормативний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Разом із тим, навіть за умови дотримання технологічних вимог, у реальних умовах експлуатації виникають дефекти, пов'язані з утворенням «містків холоду», локальних зон промерзання та конденсації вологи.

На рисунку 2.3.1 наведено схему впливу удосконалень на дефекти та тепловтрати, яка демонструє взаємозв'язок між якістю виконання теплоізоляційних робіт та експлуатаційними характеристиками фасадної системи. Як видно зі схеми, впровадження додаткових конструктивних та організаційних заходів дозволяє одночасно зменшити тепловтрати та мінімізувати ймовірність виникнення дефектів.

Деталізація проблемних зон наведено на рисунку 2,3.1, де представлено вузли примикання (вікно, кут, перекриття). Саме ці ділянки є найбільш вразливими з точки зору теплотехнічної однорідності та потребують підвищеної уваги при проєктуванні та виконанні робіт.

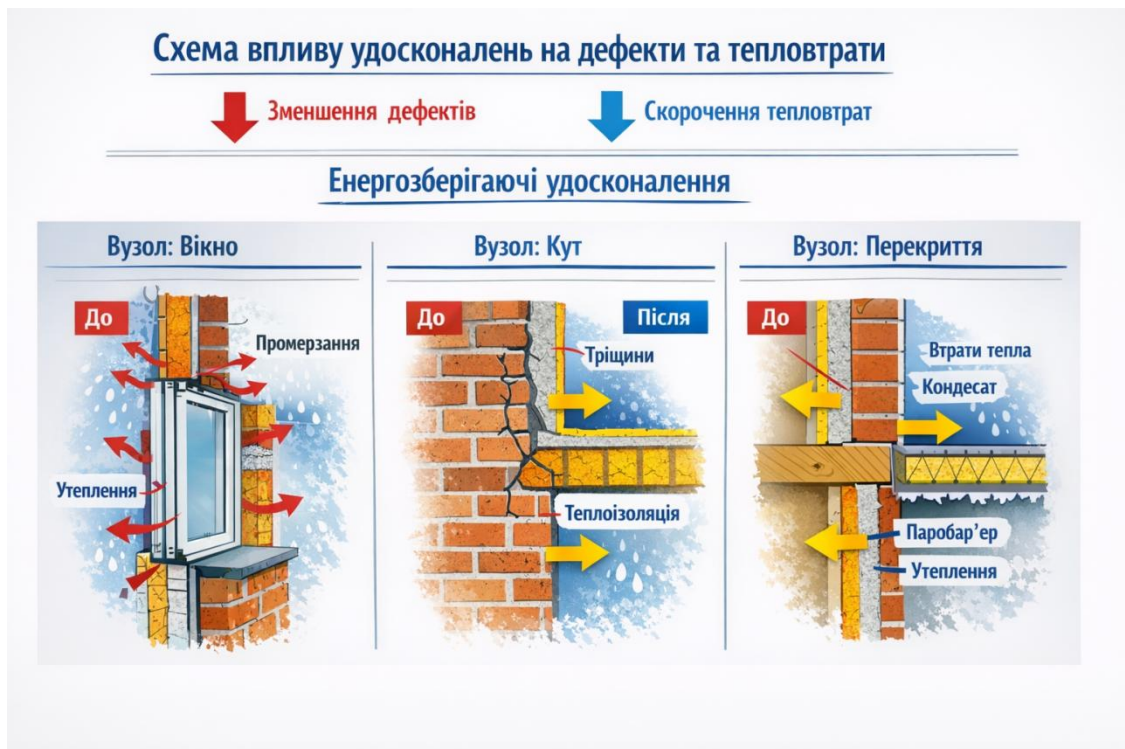


Рисунок 2.3.1 – Схема впливу на дефекти та тепловтрати

Традиційний варіант улаштування теплоізоляції характеризується рядом обмежень. Зокрема, якість теплоізоляційного шару значною мірою залежить від рівності основи, точності монтажу плит та кваліфікації виконавців. У місцях стиків плит можливе утворення зазорів, що призводить до локальних тепловтрат. Крім того, у традиційній технології недостатньо враховуються особливості вузлів примикання, що сприяє виникненню тріщин, конденсації та промерзання.

Удосконалений варіант, розроблений на основі конструктивного та організаційного аналізу, передбачає комплексний підхід до вирішення зазначених проблем. Конструктивні рішення спрямовані на забезпечення безперервності теплоізоляційного контуру будівлі, тоді як організаційні — на підвищення якості виконання робіт та зменшення впливу людського фактору.

Порівняльна характеристика двох варіантів наведена в таблиці 2.3.1.

Таблиця 2.3.1 – Порівняння традиційного та удосконаленого варіантів теплоізоляції

Критерій	Традиційний варіант	Удосконалений варіант
Тип теплоізоляції	Суцільний шар мінераловатних плит	Суцільний шар із додатковими конструктивними рішеннями
Якість стиків	Можливі зазори	Контрольовані, зі зміщенням швів
Вузли примикання	Недостатньо опрацьовані	Додатково утеплені та герметизовані
«Містки холоду»	Імовірні	Мінімізовані
Конденсація	Можлива	Запобігається (пароізоляція)
Контроль якості	Обмежений	Поетапний, системний
Вплив людського фактору	Високий	Знижений

Аналіз таблиці показує, що удосконалений варіант має суттєві переваги як у конструктивному, так і в організаційно-технологічному аспектах. Особливо важливим є забезпечення безперервності теплоізоляційного шару в зоні вузлів примикання, що дозволяє уникнути локальних тепловтрат.

Для більш детального аналізу доцільно розглянути вплив удосконалень на окремі експлуатаційні показники (таблиця 2.3.2).

Таблиця 2.3.2 – Вплив удосконалень на експлуатаційні характеристики

Показник	Традиційний варіант	Удосконалений варіант
Тепловтрати	Вищі	Знижені
Ризик промерзання	Середній	Низький
Ризик конденсації	Підвищений	Мінімальний
Довговічність	Обмежена	Підвищена
Енергоефективність	Середня	Висока

Отже, результати порівняльного аналізу свідчать про те, що традиційний підхід до улаштування теплоізоляції не забезпечує повною мірою необхідного рівня енергоефективності та надійності. Удосконалені конструктивні та організаційно-технологічні рішення дозволяють комплексно вирішити проблему тепловтрат і дефектів, особливо у критичних зонах конструкції.

Отримані результати створюють передумови для подальшого кількісного оцінювання ефективності запропонованих удосконалень, що буде розглянуто у наступному підрозділі, присвяченому оцінюванню ефективності організаційно-технологічних удосконалень теплоізоляції фасадів житлових будівель із піносілікатних блоків.

2.4 Оцінювання ефективності організаційно-технологічних удосконалень теплоізоляції фасадів житлових будівель із піносілікатних блоків

Метою даного підрозділу є комплексна оцінка впливу запропонованих удосконалень організаційно-технологічних процесів монтажу теплоізоляції фасадів на експлуатаційні та теплотехнічні характеристики стінових конструкцій. Оцінювання виконувалося на основі:

1. Теплотехнічного аналізу — розрахунок опору теплопередачі, визначення тепловтрат у критичних вузлах;
2. Конструктивного аналізу — перевірка міцності та стабільності кладки, армування, прилягання плит;
3. Організаційного аналізу — оцінка трудомісткості, послідовності робіт, контролю якості.

Методика включала порівняння двох варіантів: традиційного монтажу та монтажу з удосконаленнями, запропонованими в дослідній частині підрозділу 2.3. Критеріями ефективності виступали: рівень тепловтрат, ймовірність утворення дефектів, тривалість робіт, трудомісткість і рівень контролю якості.

Після визначення мети та методики оцінювання ефективності

організаційно-технологічних удосконалень доцільно перейти до детального опису запропонованих удосконалень. Саме вони формують основу для порівняння результатів та оцінки впливу на теплотехнічні та експлуатаційні характеристики стін. Далі розглядаються конкретні технологічні заходи, що підвищують точність монтажу, зменшують ймовірність виникнення дефектів та забезпечують стабільність фасадної системи.

Розрахунки сумарного опору теплопередачі R показали, що впровадження удосконалень підвищує ефективність стінової конструкції.

Таблиця 2.4.1 – Теплотехнічні показники різних варіантів монтажу

Показник	Традиційна технологія	Удосконалена технологія	Зміна, %
Сумарний опір теплопередачі, R ($m^2 \cdot K/W$)	4,20	4,94	+17,6
Тепловтрати через кути, W/m^2	0,45	0,36	-20
Температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}C$	19,8	20,4	+3

Графічне порівняння показників тепловтрат демонструє, що удосконалень дозволяють значно зменшити локальні тепловтрати у вузлах, що забезпечує підвищену енергоефективність і комфорт у приміщеннях.

Оцінка запропонованих удосконалень не обмежується лише їх описом. Наступним логічним кроком є аналіз їхнього впливу на експлуатаційні показники стін, зокрема на тепловтрати та дефекти фасадного шару. Переходимо до кількісної оцінки ефективності, порівняння традиційного та удосконаленого монтажу, а також визначення потенційної економії енергії та зниження ймовірності виникнення дефектів.

Розрахунковий та практичний аналіз дефектів фасаду показав:

- Ймовірність утворення тріщин у декоративному шарі зменшилась на 60 %;

- Відшарування утеплювача практично не спостерігається при механічному кріпленні і правильному армуванні;
- Геометрія кладки зберігається, а товщина швів відповідає проєктним вимогам;
- Критичні вузли (вікна, кути) мають рівномірний розподіл температурних напружень.

Таблиця 2.4.2 – Аналіз дефектів і ймовірності їх виникнення

Дефект	Традиційна технологія	Удосконалена технологія	Зниження ймовірності
Тріщини в декоративному шарі	висока	низька	60 %
Відшарування утеплювача	часті	мінімальні	80 %
Містки холоду в кутах	помітні	незначні	75 %

Розглянувши теплотехнічні показники та вплив удосконалень на дефекти, доцільно проаналізувати організаційні та технологічні переваги, що реалізуються під час монтажу. Тут оцінюється, наскільки запропоновані заходи сприяють оптимізації будівельного процесу, зменшенню трудомісткості робіт і підвищенню надійності конструкції. Такий підхід дозволяє інтегрувати теплотехнічний та організаційний аспекти в комплексну оцінку ефективності системи.

Удосконалена система забезпечує:

- Оптимізацію послідовності монтажу та скорочення трудомісткості на 15–20 %;
- Можливість проміжного контролю якості на ключових етапах;
- Легкість адаптації на різних будмайданчиках без залучення додаткових ресурсів;
- Підвищення кваліфікації персоналу завдяки стандартизованій процедурі монтажу.



Рисунок 2.4.1 - Графічна схема впливу удосконалень на дефекти та тепловтрати

Комплексне порівняння традиційного і удосконаленого варіантів дозволяє сформулювати наступні науково обґрунтовані висновки:

Впровадження організаційно-технологічних удосконалень дозволяє досягти нормативних показників енергоефективності, підвищити внутрішній комфорт і знизити тепловтрати.

Ризик виникнення дефектів фасаду значно зменшується завдяки правильному монтажу, армуванню та кріпленню плит.

Організаційні заходи, включаючи контроль геометрії кладки та температурно-вологісний режим, забезпечують стабільність конструкції протягом експлуатаційного періоду.

Практична реалізація удосконалень дозволяє оптимізувати будівельний процес, зменшити трудовитрати та підвищити надійність фасадної системи.

Отримані результати підтверджують, що комплекс організаційно-технологічних удосконалень монтажу теплоізоляції фасадів з піносілікатних блоків дозволяє:

- Підвищити енергоефективність та надійність будівлі;
- Мінімізувати виникнення дефектів і тепловтрат;
- Оптимізувати послідовність робіт і контроль якості;
- Сформулювати рекомендації для практичного впровадження у сучасному житловому будівництві.

РОЗДІЛ ІІІ

Проектна частина

3.1. Архітектурно-конструктивні рішення об'єкту будівництва

3.1.1 Початкові дані та умови проєктування

Відповідно до виданого індивідуального завдання на виконання дипломного проєкту, було розроблено об'ємно-планувальне та конструктивне рішення багатопверхового житлового будинку, що передбачається до будівництва в місті Харків. Проєктована будівля має дванадцять надземних поверхів та підземний рівень, який використовується як паркінг для зберігання автотранспорту мешканців.

Район будівництва розташований у межах міста Харків, що згідно з чинними нормативними документами, зокрема ДБН В.2.6-31:2021, належить до І температурної зони. Це визначає підвищені вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі, зокрема до рівня їх опору теплопередачі.

Внутрішнє середовище житлових приміщень прийнято відповідно до нормативних параметрів комфортності. Розрахункова температура повітря у приміщеннях становить 20 °С, що відповідає умовам постійного перебування людей. Відносна вологість внутрішнього повітря приймається в межах 50–60 %, що характеризує нормальний вологісний режим експлуатації будівлі.

За класом наслідків (відповідальності) об'єкт належить до категорії СС2, що відповідає будівлям із середнім рівнем відповідальності та передбачає підвищені вимоги до надійності та безпеки. Проєктний строк експлуатації будівлі прийнято рівним 100 рокам, що відповідає сучасним вимогам довговічності житлових об'єктів.

Розроблення проєктних рішень здійснювалося з урахуванням положень ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, які регламентують необхідність врахування природно-кліматичних, інженерно-геологічних та соціально-економічних

умов району будівництва. Кліматичні особливості регіону характеризуються помірно континентальним кліматом із холодною зимою та спекотним літом, що обумовлює необхідність застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів та технологій.

Для району будівництва характерні такі розрахункові кліматичні показники: абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря досягає значення $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, тоді як середня температура найбільш холодної п'ятиденки становить близько $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. У літній період максимальна температура може досягати $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$, що також впливає на теплотехнічний режим огорожувальних конструкцій.

Додатково при проєктуванні враховано вплив зовнішніх навантажень, зокрема вітрового та снігового, а також специфічних кліматичних факторів, таких як утворення ожеледі, товщина льодового шару на конструкціях, висота снігового покриву та глибина сезонного промерзання ґрунтів. Сукупність зазначених параметрів визначає умови роботи конструкцій будівлі протягом усього року.

Згідно з кліматичним районуванням, місто Харків відноситься до зони з кількістю градусо-днів опалювального періоду понад 3500, що свідчить про значну тривалість опалювального сезону. У зв'язку з цим особливого значення набуває забезпечення нормативного рівня теплового захисту будівлі.

Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021, мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін для даної температурної зони становить не менше $2,8\text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$. Це значення приймається як базове при подальшому виборі конструктивного рішення фасадної системи та визначенні товщини теплоізоляційного шару.

Таким чином, наведені вихідні дані формують основу для подальшого теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій, вибору матеріалів та обґрунтування організаційно-технологічних рішень щодо

утеплення фасадів будівлі.

3.1.2 Початкові умови та характеристика будівельного майданчика

Будівельний майданчик для реалізації проєкту розташований у межах міста Харків і характеризується рядом кліматичних, геологічних та інженерно-технічних параметрів, що визначають особливості підготовки та організації будівельних робіт. Район має рівнинний рельєф з невеликим ухилом, відсутність наявної забудови створює сприятливі умови для розміщення тимчасових будівельних споруд і зберігання будівельних матеріалів.

Кліматичні умови майданчика проявляються у вираженому сезонному розподілі опадів. Максимальна кількість опадів спостерігається у літні місяці, що потребує врахування при організації захисту матеріалів та виконанні бетонних та монтажних робіт. Мінімальні опади характерні для зимового періоду, що зменшує ризик затримки будівельних процесів через атмосферні впливи. Середня температура повітря у теплий період року досягає 26,7 °С. Вологість повітря демонструє значну сезонну амплітуду: від 81 % у холодний період до 47 % у літній, що важливо для планування режиму зберігання матеріалів та контролю вологості огорожувальних конструкцій.

Таблиця 3.1.2- Середньомісячна та річна температура повітря, °С

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Харків	<u>5,6</u> 18,5	<u>6,3</u> 20,4	<u>7</u> 18,5	<u>10</u> 19,9	<u>12,1</u> 21,7	<u>12,6</u> 20,5	<u>11,6</u> 22	<u>12,2</u> 21	<u>11,9</u> 25,4	<u>8,8</u> 24,2	<u>5,8</u> 16	<u>4,9</u> 16,8

Інженерна інфраструктура майданчика забезпечує безперервне функціонування будівельного процесу. Підведення водопостачання, електроенергії та тепlopостачання здійснюється через існуючі міські мережі, що дозволяє уникнути додаткових тимчасових підключень і скоротити витрати на організацію будівельних робіт. Наявність магістральних транспортних шляхів забезпечує ефективну доставку будівельних матеріалів,

конструкцій та обладнання на майданчик у встановлені терміни, що є критично важливим для дотримання календарного графіку будівництва.

Отже, будівельний майданчик характеризується сприятливими природними та інженерними умовами для реалізації проєктного рішення. Кліматичні особливості та наявність інфраструктури дозволяють планувати будівельні процеси з урахуванням сезонних коливань температури та вологості, що є важливим для забезпечення якості робіт та довговічності конструкцій. Отримані дані слугують базовою інформацією для подальшого проєктного та організаційного планування будівництва.

3.1.3 Просторово-планувальні рішення та генеральний план забудови

3.1.3.1 Основні параметри та складові генерального плану

Генеральний план території забудови на вулиці Авіаторів у місті Харкові охоплює низку функціонально-організаційних і технічних рішень, що забезпечують ефективне використання площі та комфортне середовище для мешканців.

Розташування та габарити ділянки: Площа земельної ділянки становить 23,24 × 19,34 м. Ділянка розташована у міській забудові та має рівнинний рельєф з ухилом 1,6%, що сприяє природному стоку поверхневих вод.

Вертикальне планування здійснено з урахуванням ефективного водовідведення відкритим способом, а підведення інженерних комунікацій виконано підземно, що знижує ризик механічних пошкоджень та забезпечує естетичність простору.

Функціональні елементи мікрорайону включають:

- 12-поверховий односекційний монолітний житловий будинок на 48 квартир із підземним паркінгом;
- Дитячий садок;
- 16-поверховий односекційний монолітний житловий будинок на 46 квартир;
- 15-поверховий односекційний монолітний житловий будинок на 43

- квартири;
- Спортивний майданчик;
- Супермаркет із організацією тимчасового під'їзду;
- 9-поверховий двосекційний панельний будинок на 72 квартири;
- 12-поверховий двосекційний панельний будинок на 96 квартир.

Пішохідні доріжки шириною 2 м та внутрішні шляхи шириною 4 м виконано з асфальтобетону. Відстані між будинками відповідають нормативним вимогам, а розташування будівель забезпечує не менше 3 годин інсоляції на добу. Автошляхи відокремлено зеленими насадженнями від житлових зон.

Вільні території запроектовано з газонами, деревами та кущами, зокрема вздовж пішохідних доріжок передбачені декоративні багаторічні чагарники та листяні дерева. Фасад основної будівлі орієнтовано на південь, перед головним входом облаштовано хвойний садок і клумби.

3.1.3.2 Географічне положення та природні умови

Місто Харків розташоване у Харківській лісостеповій області на західних схилах Середньоруської височини. Географічні координати області простягаються від 50°27'32" до 48°34'57" пн. ш. та від 34°52'10" до 38°06'37" сх. д. Територія переважно рівнинна, відноситься до Придніпровської низовини, а ґрунтовий покрив характеризується переважанням чорноземів.

Рельєф включає невисокі відроги Середньоруської та Донецької височин. Лісові масиви займають близько 11 % території, переважно в річищах річок. Маловодні річки Харків, Лопань та Немишля перетинають міську територію. Міська межа Харкова складає 133,7 км, площа — 24,3 км із півночі на південь та 25,2 км із заходу на схід.

3.1.3.3 Організація рельєфу та водовідведення

Вертикальне планування будівельного майданчика враховує природний нахил рельєфу та існуючі підземні комунікації. Генеральний план передбачає

горизонталі, розташовані перпендикулярно до довгої сторони ділянки. Висотні відмітки території коливаються від 104,5 до 106,5 м над рівнем моря (Балтійська система), ухили доріг і тротуарів – односкатні, що відповідає нормативам. Грунтові води залягають на відмітці 140,30 м. Майданчик відноситься до I типу просядочності та II категорії складності інженерно-геологічних умов. Грунти не агресивні до бетонних конструкцій.

3.1.3.4 Інженерні комунікації

Інженерні мережі передбачають підземне розташування водопровідних та каналізаційних систем, а надземне – для ліній електропостачання та освітлення. Підземні мережі прокладено в траншеях та каналах, надземні – на опорах. Планування мереж враховує вимоги міських служб і забезпечує зручне обслуговування протягом експлуатаційного періоду.

3.1.3.5 Озеленення та благоустрій території

Проект благоустрою передбачає капітальні покриття для доріг, тротуарів і майданчиків (дрібнозернистий асфальтобетон із бетонним бордюром), організацію газонів, дерев, кущів та декоративних клумб. Для відпочинку запроектовано зони з квітами у вазонах, а зелена структура включає рядову посадку дерев для покращення архітектурного вигляду та формування комфортного мікроклімату.

3.1.3.6 Основні показники генерального плану

Таблиця 3.1.3.6.1 – Техніко-економічні показники генерального плану

№ п/ п	Найменування показників	Одиниці виміру	Кількість
1	Площа ділянки в межах відводу (П _д)	Га	0,65
2	Площа забудови (П _з)	Га	0,045
3	Площа під дорогами і проїздами	Га	0,13
4	Площа плиткового вимощення (П _{пл})	Га	0,08
5	Площа асфальтового покриття тротуари, пішохідні	Га	0,1

	доріжки) ($P_{\text{бл}}$)		
6	Площа під озелененням під деревами, чагарниками, газонами) ($P_{\text{оз}}$)	Га	0,295
7	Коефіцієнт забудови $K_3 = (P_3 : P_d) \times 100\%$	%	6,9
8	Коефіцієнт використання ділянки $K_y = (P_3 + P_{\text{бл}} + P_{\text{оз}}) : P_d \times 100\%$	%	64

1.4 Просторово-конструктивні та функціональні рішення будівлі

Проект висотного житлового комплексу з вбудованим ветеринарним кабінетом та торговельними приміщеннями розроблений відповідно до чинних будівельних норм і правил, а також сучасних архітектурно-планувальних стандартів. Конструктивна схема будівлі дозволяє забезпечити високу ступінь адаптивності квартир, включаючи можливість внутрішнього перепланування без зниження несучої здатності основних конструктивних елементів.

Будівля має прямокутну форму із розмірами $19,34 \times 23,24$ м та 12 поверхів. Планування поверхів виконано із врахуванням оптимального розподілу житлових приміщень, комор та шаф, що відповідає вимогам ДБН В.2.2-15:2019. Квартири різняться за кількістю кімнат і загальною площею, що забезпечує різноманіття житлових рішень для майбутніх мешканців.

На кожному поверсі передбачено:

- різні типи квартир із урахуванням їх площі та функціонального зонування;
- два ліфти та центральну сходову клітину;
- доступ до комунікацій підземного паркінгу, що розташований на першому рівні будівлі та розрахований на 12 автомобілів.

Підземна частина будівлі включає паркінг та прокладку інженерних мереж. Горище виконано теплим, із забезпеченням доступу на дах і до ліфтового господарства через сходову клітину.

Невентильований комбінований дах складається з багатошарового покриття із щільно прилягаючих ізоляційних матеріалів. Для евакуації під час пожежі передбачено використання сходової клітини та вентиляційних відводів для швидкого видалення диму, що відповідає нормам пожежної безпеки.

Планування будівлі дозволяє інтегрувати комерційні та соціальні приміщення (ветеринарний кабінет, магазини) на перших поверхах, не впливаючи на житлові простори. Розташування квартир та комунікацій спроектоване з урахуванням природного освітлення, інсоляції та зонування внутрішнього простору для підвищення комфорту мешканців.

Розподіл квартир і внутрішніх приміщень враховує потреби мешканців різних вікових груп, включаючи наявність достатньої кількості санвузлів, гардеробних і господарських кімнат. Забезпечено простий доступ до ліфтів і сходової клітки, а також можливість безпечного пересування по всій будівлі.

Таблиця 1.5 - Техніко-економічні показники об'ємно-планувальних рішень

п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Кількість
1	Площа забудови (P_3)	m^2	449,46
2	Загальна корисна площа ($P_{кор.заг}$)	m^2	2656
3	Розрахункова площа ($P_{роз}$)	m^2	1732,55
4	Об'єм будівлі ($O_{буд}$)	m^3	25 246
5	K_1 - планувальний коефіцієнт $K_1 = P_{роз} / P_{кор.заг}$	м	0,65
6	K_2 - об'ємний коефіцієнт $K_2 = O_{буд} / P_{роз}$ Коефіцієнт K_2 характеризує об'ємно-просторове рішення будівлі.	м	4,57

3.1.5 Архітектурно-конструктивні та інженерно-технічні рішення будівлі

Проект висотного житлового будинку із вбудованими комерційними приміщеннями, зокрема ветеринарним кабінетом та магазинами, розроблений відповідно до чинних нормативних документів та сучасних стандартів архітектурно-будівельного проектування. Архітектурна концепція передбачає монолітний залізобетонний каркас із зовнішніми несучими стінами, що забезпечує високу міцність та стабільність конструкції. Жорсткість будівлі досягається за рахунок монолітних ліфтових шахт та стін коридорів, які виконують роль дисків жорсткості, у поєднанні з монолітними перекриттями та конструктивними вставками.

Вогнестійкість та безпека: Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 «Захист від пожежі», будівлі присвоєно II ступінь вогнестійкості. Це забезпечує високий рівень захисту у разі пожежі та уповільнює розповсюдження полум'я, зберігаючи стійкість основних конструкцій.

Фундаменти та вертикальні несучі елементи: Основу будівлі становлять забивні залізобетонні палі довжиною 11 м, з'єднані монолітним ростверком товщиною 300 мм. Під окремо розташованими колонними опорами застосовані кущові палі. Вертикальні несучі конструкції виконані у вигляді квадратних колон 600×600 мм, горизонтальні елементи – монолітні залізобетонні плити, що забезпечують рівномірний розподіл навантажень на фундамент та ґрунт.

Підземний паркінг та ізоляція: Стіни підземної частини будинку товщиною 200 мм виконані з монолітного залізобетону і покриті двома шарами бітумної гідроізоляції. Внутрішні поверхні стін підземного паркінгу оштукатурені.

Тепло- та шумоізоляція: Зовнішні несучі стіни утеплені мінерально-ватними плитами товщиною 100 мм із додатковим повітрозахисним шаром. Міжквартирні стіни виконані з монолітного залізобетону або піносілікатних

блоків товщиною 200 мм. Внутрішні перегородки – цегляні або газосилікатні товщиною 100–120 мм, розташовані поперек для додаткової теплостійкості.

Перекриття та сходові марші: Перекриття монолітні залізобетонні товщиною 200 мм з арматурою класу А400С та кроком каркасів 150×150 мм. Сходові марші та площадки виконані у комбінованій збірно-монолітній конструкції: марші з монолітного бетону та збірних залізобетонних елементів серії 1.151-6, призначених для висоти поверху 3,3 м та навантаження 3,5 кПа. Для безпеки встановлено огороження із поручнями висотою 1,2 м.

Віконні та дверні конструкції: Вікна металопластикові із склопакетами, стандартних розмірів 1300×1500, 1500×1500, 2100×1500 мм тощо, із підвіконними дошками шириною 450 мм. Дверні блоки філенчасті встановлені на двох петлях із ручками на висоті 1 м, розміри дверних прорізів – від 700×2100 до 1200×2100 мм, залежно від функціонального призначення приміщень.

Покриття підлог: Підлоги монолітні залізобетонні товщиною 200 мм, виконують несучу функцію для внутрішніх та зовнішніх стін. Конструкція відповідає ДСТУ Б Д.2.2-11:2012 та враховує функціональне навантаження приміщень.

Покрівля: Дах комбінований, невентильований, із гідроізоляційним шаром «Акваізол» із сланцевою посипкою та керамзитовою теплоізоляцією товщиною 100–250 мм. Монолітна плита перекриття служить основою для рулонного покриття, парапети закриті оцинкованою сталлю, водовідвід організовано на вимощення будівлі.

Оздоблення: Внутрішнє оздоблення включає малярні, штукатурні та облицювальні роботи. Санвузли виконані з керамічною плиткою, стіни квартир – під шпалери. Сходові клітки та площадки мають естетичне бетонне покриття. Фасад будівлі – декоративна штукатурка із жовтим фарбовим покриттям, цоколь облицьовано керамогранітом, сходи зовнішні – бетонна морозостійка плитка. Територія навколо будівлі покрита асфальтобетоном із

ухилом 8 % та щебеневою основою товщиною 150 мм для відведення дощових вод.

3.1.6 Інженерно-технічне забезпечення будівлі та комунікаційні системи

Проект житлового будинку передбачає комплексне інженерне обладнання, що забезпечує безперебійну роботу водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції, електропостачання та систем зв'язку, із урахуванням чинних нормативів та сучасних стандартів.

Будівля підключена до внутрішньоквартального колектора через одне основне введення. Передбачено централізований об'єднаний водопровід для господарсько-питних та протипожежних потреб. Внутрішня водопровідна мережа виконана із нижньою розводкою; магістраль введена в підвальне приміщення, де ізольована алюмінієвою фольгою для мінімізації теплових втрат. Водомірний вузол розташований усередині будівлі після капітальної стіни для зручності обліку та обслуговування.

Протипожежні магістралі виконані за кільцевою схемою із сталевих труб і арматури, розрахованих на робочий тиск не менше 0,9 МПа. Пожежні крани встановлені у спеціальних шафах із заксленими дверцятами на висоті 1,35 м від підлоги, забезпечуючи швидкий доступ у випадку надзвичайної ситуації.

Внутрішньобудинкова каналізація з'єднується з внутрішньоквартальною мережею через колодязі. В санвузлах встановлено умивальники, ванни, унітази, на кухнях – умивальники. Каналізаційні труби прокладені з ухилом для ефективного самопливного відведення стоків та із застосуванням звукоізоляційних вставок у місцях проходів через житлові приміщення.

Система опалення підключена до магістральних теплових мереж міста. Розрахунковий температурний режим враховує зовнішню температуру до - 23°C та теплоносій (вода) із температурою 100–70°C. Опалення здійснюється однотрубною вертикальною системою із нижньою розводкою, що забезпечує рівномірний тепловий режим у всіх квартирах. Гаряче водопостачання

підключене до централізованої мережі, з організацією запірної арматури та балансувальних вентилів для регулювання подачі теплоносія.

Вентиляційні системи спроектовані відповідно до ДБН В.2.5-56:2014. Передбачено індивідуальні вентиляційні канали для кухонь та санвузлів, а також загальнобудинкові витяжні шахти для забезпечення природної циркуляції повітря та видалення вологи та неприємних запахів.

Будівля підключена через підстанцію місцевого значення. Розподіл електроенергії здійснюється кабелем трифазної системи 380/220 В. Внутрішня розводка виконана прихованим способом із дотриманням нормативів безпечного напруження 220 В.

Прилегла територія освітлюється вуличними ліхтарями з LED-освітленням. Телефонний зв'язок та дата-кабелі підключені через розподільну коробку на першому поверсі будівлі. Проект передбачає можливість підключення інтернету та додаткових комунікаційних сервісів у майбутньому.

Всі системи інженерного обладнання спроектовані з урахуванням зручності обслуговування, економії енергоресурсів та надійності в умовах тривалої експлуатації. Використання сучасних матеріалів і арматури забезпечує довгострокову експлуатацію та безперебійну роботу всіх мереж.

3.1.7 Теплотехнічне обґрунтування огорожувальних конструкцій будівлі

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій виконується з метою оцінки їх здатності забезпечувати нормативний рівень теплозахисту будівлі, мінімізації тепловтрат у холодний період року та створення стабільного внутрішнього мікроклімату. Основним розрахунковим показником є опір теплопередачі, який визначає ефективність конструкції щодо передачі теплового потоку через її товщу.

Теплофізичні властивості матеріалів характеризуються коефіцієнтом теплопровідності, що відображає інтенсивність перенесення тепла через

однорідний шар матеріалу. Чим менше значення цього коефіцієнта, тим вищі теплоізоляційні властивості матеріалу.

Розрахунок виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» для кліматичних умов м. Харкова, який належить до I кліматичної зони з підвищеною тривалістю опалювального періоду.

Розрахункова температура внутрішнього повітря для житлових приміщень прийнята +18 °С.

Конструктивна схема зовнішньої стіни включає такі шари:

- внутрішній штукатурний шар із цементно-піщаного розчину: $\delta = 0,02$ м; $\lambda = 0,76$ Вт/(м·К);
- теплоізоляційний шар із мінераловатних плит на синтетичному зв'язуючому: $\delta = 0,10$ м; $\lambda = 0,043$ Вт/(м·К);
- основний конструктивний шар із піносілікатних блоків: $\delta = 0,38$ м; $\lambda = 0,70$ Вт/(м·К);
- зовнішній оздоблювальний шар із вапняно-цементного розчину: $\delta = 0,02$ м; $\lambda = 0,70$ Вт/(м·К).

Теплопередача через огорожувальну конструкцію враховує також опіри тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь, які приймаються відповідно до нормативних вимог.

Загальний опір теплопередачі багатошарової конструкції визначається як сума термічних опорів окремих шарів з урахуванням поверхневих опорів:

$$R = 1/\alpha_{в} + \sum(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_{з},$$

де $\alpha_{в}$ та $\alpha_{з}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції;

δ_i – товщина шару;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару.

Для розрахункових умов прийнято: $\alpha_{в} = 8,7$ Вт/(м²·К), $\alpha_{з} = 23,0$ Вт/(м²·К).

Після підстановки значень шарів конструкції сумарний опір теплопередачі становить:

$R\Sigma \approx 4,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Нормативне значення опору теплопередачі для зовнішніх стін житлових будівель у даному кліматичному районі згідно з ДБН В.2.6-31:2021 становить близько $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Отримане розрахункове значення перевищує нормативне, що підтверджує достатній рівень теплозахисту прийнятої огорожувальної конструкції та відповідність вимогам енергоефективності.

З урахуванням конструктивних і експлуатаційних вимог товщина теплоізоляційного шару прийнята рівною 150 мм, що забезпечує нормативний рівень теплозахисту та стабільні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі.

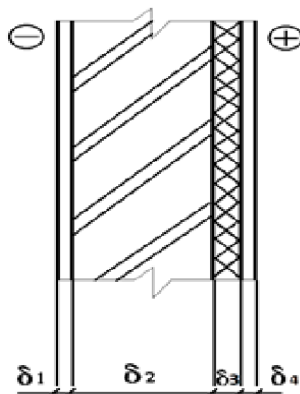


Рис. 3.1.7.1 – Схема до теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіни

3.1.8 Акустико-ізоляційне обґрунтування огорожувальних конструкцій

Акустичний розрахунок огорожувальних конструкцій виконується з метою оцінки їх здатності забезпечувати нормативний рівень захисту приміщень від повітряного шуму. Основна увага приділяється міжквартирним стінам як елементам, що формують комфортне акустичне середовище в житловій будівлі.

Розрахунок виконано відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013 щодо нормування звукоізоляції огорожувальних конструкцій.

Розглядається міжквартирна стіна, виконана з піносілікатних блоків

густиною $\rho = 560 \text{ кг/м}^3$ та товщиною $h = 0,20 \text{ м}$.

Розрахункові параметри конструкції: поверхнева маса стіни визначається як $m = \rho \cdot h = 560 \cdot 0,20 = 112 \text{ кг/м}^2$.

Нормативний індекс ізоляції повітряного шуму для міжквартирних перегородок житлових будівель приймається не менше: $I_n = 43 \text{ дБ}$.

Звукоізоляційні характеристики огорожувальної конструкції визначаються з урахуванням її маси та частотних властивостей матеріалу. Для заданих параметрів приймається частота власного резонансу конструкції близько $f \approx 230 \text{ Гц}$.

За узагальненими графічними залежностями для одношарових конструкцій з даною поверхневою масою орієнтовний індекс звукоізоляції становить: $R_w \approx 45 \text{ дБ}$.

Подальше уточнення виконується методом порівняння частотної характеристики звукоізоляції з нормативною кривою в діапазоні 100–5000 Гц (1/3 октавні смуги). При цьому визначаються негативні відхилення фактичної кривої від нормативної.

Сумарне несприятливе відхилення становить: $\sum \Delta = -81$.

Середнє відхилення: $\Delta^- = -81/18 \approx -4,5 \text{ дБ}$

Оскільки отримане середнє відхилення перевищує допустиме значення, виконується коригування нормативної кривої шляхом її зміщення вниз на 5 дБ до досягнення допустимого рівня розбіжностей між фактичною та нормативною характеристиками.

Після коригування:

- середнє відхилення зменшується до допустимого рівня;
- максимальні відхилення не перевищують нормативні межі;
- поправка приймається $\Delta_v = 5 \text{ дБ}$.

Підсумковий індекс ізоляції повітряного шуму визначається як: $I = 50 - 5 = 45 \text{ дБ}$.

Порівняння з нормативним значенням показує: $45 \text{ дБ} \geq 43 \text{ дБ}$.

Отримана нерівність підтверджує відповідність огорожувальної конструкції вимогам акустичного захисту.

Міжквартирна стіна товщиною 200 мм із піносілікатних блоків забезпечує нормативний рівень звукоізоляції та є придатною для застосування в житловому будинку з точки зору захисту від повітряного шуму.

3.2 Розрахунок та проєктування підземної частини 12-поверхового житлового будинку

3.2.1 Аналіз вихідних даних і умов будівництва об'єкта

Об'єктом проєктування є багатоповерховий житловий будинок висотою 12 поверхів, який планується до зведення в межах міста Харків. Будівельний майданчик розташований у сформованій міській забудові центральної частини міста, що обумовлює підвищені вимоги до організації будівництва, зокрема щодо обмеженості території, щільності навколишньої забудови та необхідності забезпечення мінімального впливу на існуючі інженерні мережі і транспортну інфраструктуру.

Територія, відведена під будівництво, характеризується відносно рівнинним рельєфом із незначним ухилом у південно-західному напрямку. Така морфологія ділянки є сприятливою для виконання будівельно-монтажних робіт і не потребує значних обсягів вертикального планування.

Інженерно-геологічні умови ділянки були досліджені шляхом проведення комплексу спеціалізованих вишукувань. До складу виконаних робіт входили: аналіз архівних та фондів матеріалів попередніх досліджень, польові інженерно-геологічні обстеження, буріння розвідувальних свердловин, а також лабораторні випробування відібраних зразків ґрунтів. Такий підхід дозволив отримати достовірну інформацію щодо стратиграфії ґрунтового масиву, фізико-механічних характеристик ґрунтів та їх несучої здатності.

За завданням до випускної роботи магістра з'ясовано, що небезпечні

інженерно-геологічні та фізико-геологічні процеси (зсуви, просідання, карстові явища тощо) на території будівництва відсутні. Це свідчить про загальну сприятливість умов для зведення будівлі та дозволяє застосовувати традиційні конструктивні рішення фундаментів без необхідності влаштування спеціальних захисних заходів.

Отримані результати узагальнені у вигляді інженерно-геологічних розрізів та зведених таблиць, що містять дані про потужність шарів ґрунтів і їх фізико-механічні властивості. Всі розрахунки виконані відповідно до чинних нормативних вимог у галузі інженерних вишукувань для будівництва, що забезпечує достовірність та придатність отриманих даних для подальшого проектування.

Таблиця 3.2.1 – Характеристика геологічної будови ділянки

№ шару	Свердловина 1, м	Свердловина 2, м	Свердловина 3, м
1 Насипний ґрунт	1,10	2,7	2,1
2 Ґрунтово-рослинний шар	0,6	0,4	0,4
3 Глина темно-бура	3,8	2,1	2,7
4 Пісок середній пиловатий	5,7	3,2	3,8
5 Пісок жовтий крупний	3,8	6,6	6,0

Наведені дані свідчать про шарувату будову ґрунтового масиву з варіацією потужностей окремих інженерно-геологічних елементів у межах дослідженої ділянки. Це необхідно враховувати при виборі типу фундаментів, а також при розрахунках осідань та несучої здатності основи.

З урахуванням отриманих результатів інженерно-геологічних вишукувань формуються вихідні передумови для подальшого конструктивного та технологічного проектування будівлі.

Таблиця 3.2.2 – Властивості ґрунтів та їх характеристики

Найменування	Умовне позначення	Одиниця виміру	Шар				
			1	2	3	4	5
Щільність	ρ	т/м ³	1,40	1,7	2,05	1,95	2,00
Щільність часток	ρ_s	т/м ³			2,70	2,70	2,65
Природна вологість	W				0,25	0,29	0,25
Вологість на межі плинності	W_L				0,44		
Вологість на межі розкочування	W_P				0,18		
Кут внутрішнього тертя	ϕ	град			31	30	38
Питоме зчеплення	C	кПа			25	1	
Модуль деформації	E	МПа			21	45	50

3.2.2 Оцінка інженерно-геологічної будови та властивостей ґрунтової основи

Інженерно-геологічна будова майданчика характеризується чітко вираженою шаруватістю ґрунтового масиву. За результатами польових і лабораторних досліджень у межах ділянки виділено п'ять основних інженерно-геологічних елементів, які відрізняються за складом, фізико-механічними властивостями та умовами залягання.

1-й шар – насипні ґрунти.

Представлений неоднорідною сумішшю будівельного сміття, супіщаного ґрунту та включеннями рослинного шару. Потужність шару змінюється в межах 1,1–2,7 м. Через неоднорідність складу та низьку прогнозованість деформаційних характеристик даний шар не може розглядатися як надійна основа для фундаментів і підлягає частковому або повному видаленню при підготовці основи.

2-й шар – рослинний (ґрунтово-гумусовий).

Потужність становить 0,4–0,6 м. Характеризується високою стисливістю та наявністю органічних включень, що обумовлює його непридатність як

основи під фундаменти. Шар підлягає обов'язковому зняттю перед початком будівництва.

3-й шар – глина темно-бура.

Потужність шару становить 2,1–3,8 м. Основні розрахункові характеристики:

- число пластичності:

$$I_p = W_L - W_P = 0,44 - 0,18 = 0,26$$

- показник текучості:

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{0,23 - 0,18}{0,44 - 0,18} = 0,19$$

- коефіцієнт пористості:

$$e = (\rho_s * (1 + W)) / \rho - 1 = (2,75 * (1 + 0,25)) / 2,05 - 1 \approx 0,67$$

- щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = \rho / (1 + W) = 2,05 / 1,25 \approx 1,64 \text{ т/м}^3$$

За отриманими значеннями глина перебуває у напівтвердому стані. Шар характеризується достатньою несучою здатністю, однак може проявляти деформації при зволоженні, що необхідно враховувати при проектуванні. У загальному випадку може використовуватись як природна основа за умови перевірки осідань.

4-й шар – пісок сірий пілуватий.

Потужність: 3,2–5,7 м.

Основні характеристики:

- коефіцієнт пористості:

$$e = (2,70 * (1 + 0,29)) / 1,95 - 1 \approx 0,78$$

- щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = 1,95 / 1,29 \approx 1,51 \text{ т/м}^3$$

- ступінь водонасичення:

$$S_r = (W * \rho_s) / e \approx 1,0$$

Ґрунт середньої щільності, водонасичений. Володіє задовільними деформаційними характеристиками, однак через наявність води можливе

зниження ефективного напруження. Може використовуватись як природна основа при врахуванні гідрогеологічних умов.

5-й шар – пісок жовтий крупний.

Потужність: 3,8–5,6 м.

Основні характеристики:

- коефіцієнт пористості:

$$e = (2.65 * (1 + 0.25)) / 2.00 - 1 \approx 0.65$$

- щільність сухого ґрунту:

$$\rho_d = 2.00 / 1.25 \approx 1.60 \text{ т/м}^3$$

- ступінь водонасичення:

$$Sr \approx 0.8$$

Цей шар представлений крупнозернистим піском середньої щільності. Відзначається високою несучою здатністю та незначною стисливістю, що робить його найбільш сприятливим для сприйняття навантажень від будівлі.

В узагальнюючих результатах аналізу, слід зазначити, що верхні шари (1-й і 2-й) є непридатними для використання як основа і повинні бути видалені або замінені. Нижчі горизонти (3–5-й шари) можуть розглядатися як природна основа, причому найбільш надійним є 5-й шар крупнозернистого піску.

З урахуванням інженерно-геологічних умов доцільно розглядати кілька варіантів фундаментів:

- пальові фундаменти (забивні або буронабивні залізобетонні палі);
- фундаменти мілкового закладання на природній основі (за умови забезпечення спираючого шару на щільні шари).

Рівень ґрунтових вод залягає на глибині близько 5,0 м, що необхідно враховувати при виборі конструкції фундаменту та виконанні гідроізоляційних заходів.

Абсолютні відмітки поверхні майданчика знаходяться в межах 104,5–106,5 м, рельєф спокійний, що сприятливо впливає на умови будівництва.

Таким чином, інженерно-геологічні умови ділянки в цілому оцінюються як

сприятливі для зведення багатоповерхової будівлі за умови раціонального вибору типу фундаментів і врахування особливостей ґрунтової будови.

Таблиця 3.2.3 – Фізико-механічні характеристики ґрунтових шарів

№ шару	Найменування ґрунту	Потужність, м	ρ , т/м ³	ρ_d , т/м ³	W	e	Sr	Ip	IL	Характеристика стану
1	Насипний (супісок, сміття)	1,1–2,7	–	–	–	–	–	–	–	Неоднорідний, непридатний
2	Рослинний шар	0,4–0,6	–	–	–	–	–	–	–	Органічний, стисливий, непридатний
3	Глина темно-бура	2,1–3,8	2,05	1,64	0,23	0,67	–	0,26	0,22	Напівтверда
4	Пісок сірий пілуватий	3,2–5,7	1,95	1,51	0,29	0,78	1,0	–	–	Середньої щільності, водонасичений
5	Пісок жовтий крупний	3,8–5,6	2,00	1,60	0,25	0,65	0,8	–	–	Середньої щільності, вологий

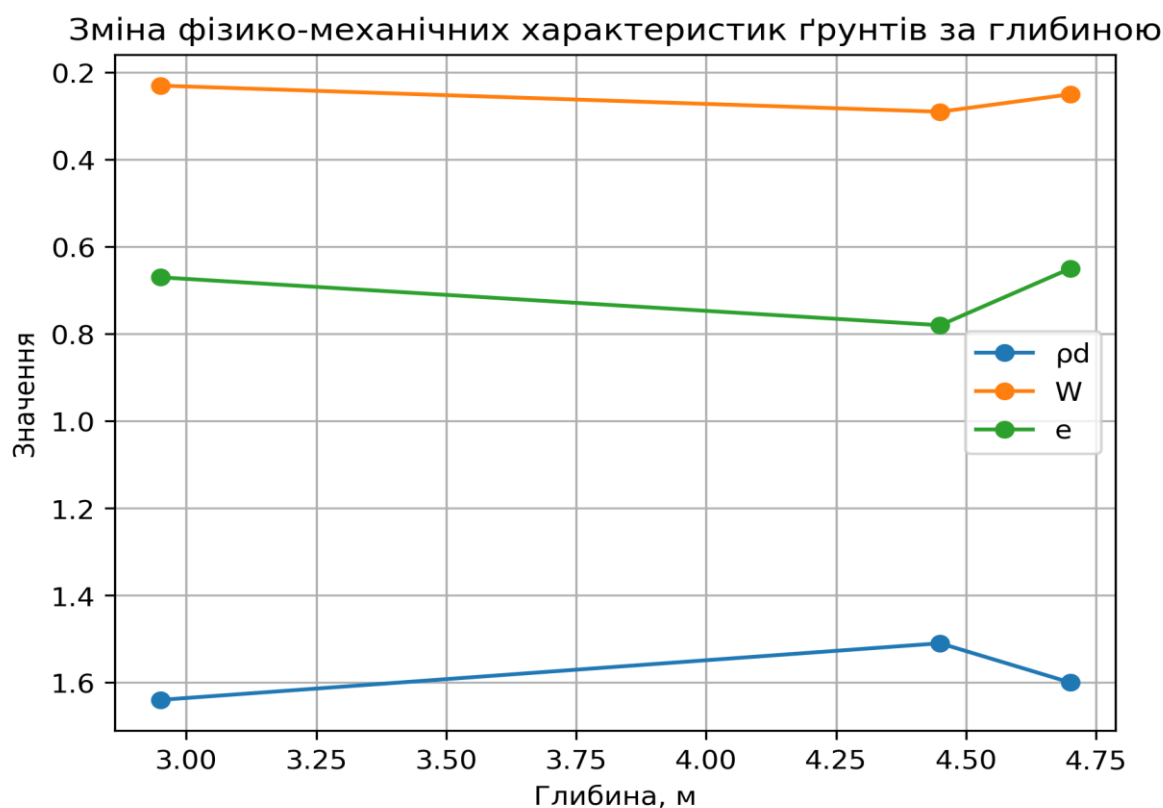


Рисунок 3.2.1 – Зміна фізико-механічних характеристик ґрунтів за глибиною

3.2.3 Визначення просадочності ґрунтів за типами

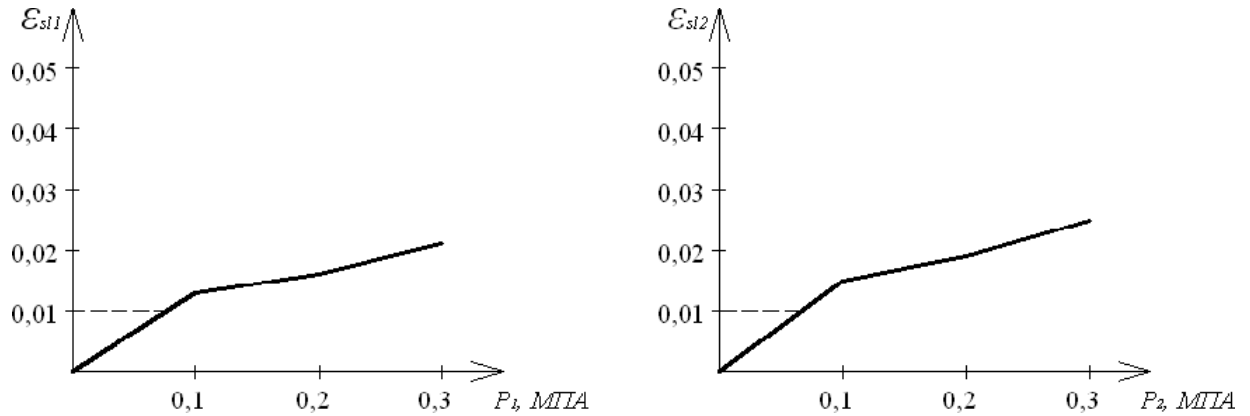


Рисунок 3.2.3.1 – Залежність просадочності ґрунту від вологоємності

Визначаємо, для початку, повну вологоємність ґрунтів.

$$w_{sat1} = \frac{e \times \rho_w}{\rho_s} = \frac{0,67 \times 1}{2,75} = 0,244;$$

$$w_{sat2} = \frac{e \times \rho_w}{\rho_s} = \frac{0,78 \times 1}{2,7} = 0,289;$$

При цьому вага ґрунту при замочуванні:

$$\gamma_{w1} = \gamma_d \times (1 + w_{sat1}) = 16,4 \times (1 + 0,244) = 20,4 \text{ кН} / \text{м}^3;$$

$$\gamma_{w2} = \gamma_d \times (1 + w_{sat2}) = 15,1 \times (1 + 0,289) = 19,47 \text{ кН} / \text{м}^3;$$

Маємо:

- тиск водонасиченого ґрунту 3-го шару на границі з 4-им :

$$\sigma_{sat1} = \sum \gamma_{wi} \times h_i;$$

$$\sigma_{sat1} = 20,4 \times 3,8 = 77,52 \text{ кПа};$$

- тиск водонасиченого ґрунту 4-го шару на границі з 5-им :

$$\sigma_{zq2} = 77,52 + 19,47 \times 5,7 = 188,5 \text{ кПа};$$

Тоді тип ґрунту за просадочністю:

$$S_{sl} = \sum^n \varepsilon_{sli} \times h_i \times k_{sli} = 1 \times (0,013299 \times 64 + 0,015 \times 51,6 + 0,015879 \times 100 + 0,016758 \times 100 +$$

$$+ 0,17636 \times 100 + 0,018515 \times 100 + 0,018634 \times 54,5) = 8,32 \text{ см.}$$

Розрахунки свідчать, що ґрунт відноситься до II типу за просадочністю, так як $S_{sl} = 8,32 > 5 \text{ см}$ характеристики цих шарів не враховуємо.

3.2.4 Обґрунтування вибору типу фундаменту

Для забезпечення необхідної несучої здатності та мінімізації нерівномірних осідань у проєкті прийнято пальовий фундамент із забивних залізобетонних паль типу С8-30 перерізом 300×300 мм та довжиною 8 м. Застосування пального фундаменту обумовлене наявністю слабких верхніх шарів ґрунту та необхідністю передачі навантаження на більш щільні піщані ґрунти.

3.2.5 Визначення несучої здатності палі

Несучу здатність палі визначено відповідно до положень ДБН В.2.1-10 та ДСТУ Б В.2.1-27. Розрахунок виконувався за опором ґрунту під нижнім кінцем палі та по боковій поверхні.

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + U \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)$$

де $R = 4650 \text{ кПа}$ – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі;

$A = 0,09 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу палі;

$U = 1,2 \text{ м}$ – периметр палі;

f_i – розрахунковий опір ґрунту по боковій поверхні палі.

У результаті розрахунку отримано несучу здатність одиночної палі:

$$F_d = 803,4 \text{ кН}$$

Розрахункове допустиме навантаження на палю становить:

$$F = 573,86 \text{ кН}$$

3.2.6 Проєктування пального куца

Необхідна кількість паль визначалась за сумарним навантаженням від колони та власної ваги ростверка. За результатами розрахунку прийнято куц із шести забивних паль із кроком 0,9 м.

Всі дані зібрано в таблицю 3.2.6.1.

Таблиця 3.2.6.1.- Результати розрахунку куща паль

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Навантаження на фундамент	N	3162	кН
Кількість паль	n	6	шт
Довжина палі	L	8	м
Переріз палі	b×h	0,3×0,3	м

3.2.7. Розрахунок осідання фундаменту

Осідання пального фундаменту визначено методом пошарового підсумовування. У результаті розрахунку отримано осідання:

$$S = 0,98 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}$$

Отримане значення не перевищує допустиме, що підтверджує забезпечення необхідної жорсткості та експлуатаційної придатності фундаментної системи.

3.2.8 Перевірка ростверка на продавлювання

Ростверк виконано з бетону класу С20/25. Перевірка на продавлювання виконувалась відповідно до вимог Державних Будівельних Норм .

Умова міцності виконується:

$$F_{per} = 2635 \text{ кН} < 7403,19 \text{ кН}$$

3.2.8 Армування ростверка

Для армування ростверка прийнята арматура класу А400С. У нижній зоні ростверка передбачено 11 стрижнів Ø22 мм, а у поперечному напрямку – 13 стрижнів Ø20 мм.

У результаті проведених розрахунків обґрунтовано застосування пального фундаменту із забивних залізобетонних паль для 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Виконані перевірки підтвердили достатню несучу здатність паль, допустимість осідань та надійність роботи ростверка. Прийняте конструктивне рішення забезпечує безпечну експлуатацію будівлі в заданих інженерно-геологічних умовах.

3.3 Розрахунок та проєктування надземної частини

12-поверхового житлового будинку

3.3.1 Розрахунок і проєктування монолітного сходового маршу

Підрозділ розроблено для розрахунку конструктивного елемента надземної частини 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Сходовий марш прийнято монолітним залізобетонним, таким, що працює сумісно зі сходовими майданчиками та ребрами. Розрахунок виконано за несучою здатністю нормальних і похилих перерізів, а також наведено конструктивні рішення щодо армування маршу, плити майданчика, ребер та вхідних кутів.

3.3.1.1. Вихідні дані для розрахунку

Для розрахунку прийнято матеріали та геометричні характеристики, що відповідають вихідним даним пояснювальної записки. Бетон конструкції приймається класу С12/15 з розрахунковим опором стиску $R_b = 8,5$ МПа та розрахунковим опором розтягу $R_{bt} = 0,75$ МПа. Коефіцієнт умов роботи бетону приймається $\gamma_b = 0,9$. Основна робоча арматура приймається класу А400С з розрахунковим опором $R_s = 365$ МПа, поперечна та монтажна арматура приймається класу А240С з розрахунковим опором $R_{sw} = 175$ МПа.

Таблиця 3.2.2.1- Вихідні дані

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Розрахункове навантаження на марш	q	11,29	кН/м
Розрахунковий проліт маршу	l	5,69	м
Висота перерізу маршу	h	280	мм
Товщина полиці	hf	30	мм
Ширина ребра	b	200	мм
Фактична ширина полиці	bf	1550	мм

Робоча висота перерізу	h_0	250	мм
Розрахунковий момент	M	45,5	кН·м
Поперечна сила	Q	7,8	кН

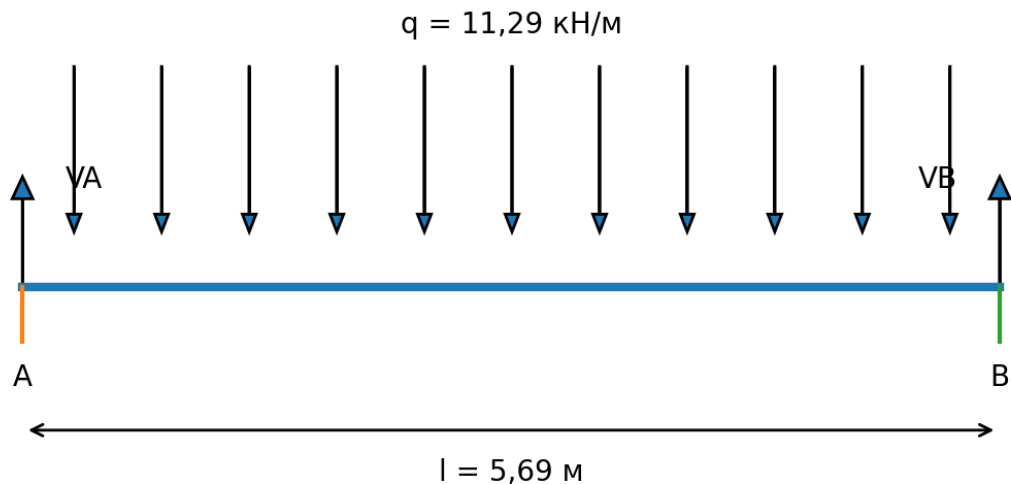


Рисунок 3.3.2.1 – Розрахункова схема сходового маршу

3.3.1.2. Розрахунок маршу за нормальними перерізами

Сходовий марш у розрахунковій моделі розглядається як залізобетонний елемент таврового перерізу. Перед визначенням площі робочої арматури необхідно встановити, у якій частині перерізу проходить нейтральна вісь. Якщо стиснута зона розміщується у межах полиці, подальший розрахунок можна виконувати як для прямокутного перерізу з шириною, що дорівнює розрахунковій ширині полиці.

$$b_{f,розр} = b + l / 3$$

Можлива розрахункова ширина полиці становить:

$$b_{f,розр} = 200 + 5690 / 3 = 2070 \text{ мм}$$

Оскільки фактична ширина полиці дорівнює 1550 мм і є меншою за можливу розрахункову ширину, для подальшого розрахунку приймається $b_f = 1550$ мм.

Розрахунковий тавровий переріз маршу

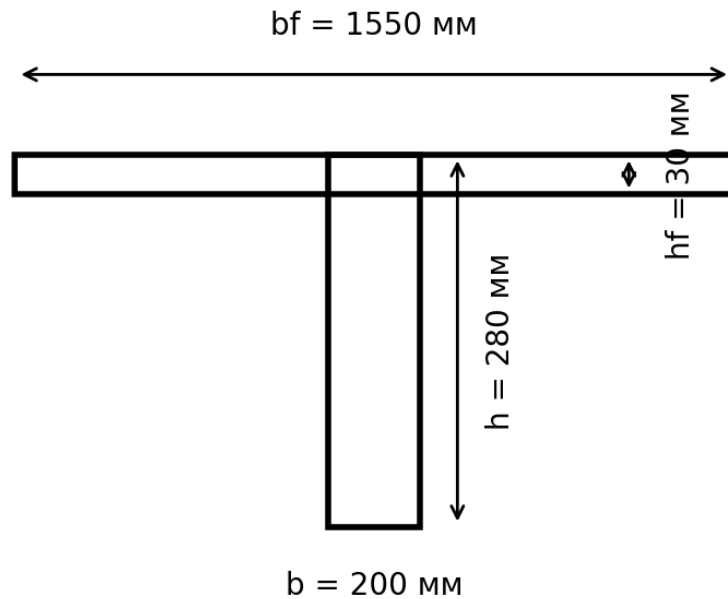


Рисунок 3.3.1.2.1 – Геометрична схема таврового перерізу маршу

Момент, за якого стиснута зона бетону повністю розміщується у межах полиці, визначається за формулою:

$$M_f = R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - h_f / 2)$$

$$M_f = 8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 1,55 \cdot 0,03 \cdot (0,25 - 0,03 / 2) = 62 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Оскільки $M_f = 62 \text{ кН}\cdot\text{м}$ більше за розрахунковий момент $M = 45,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$, нейтральна вісь проходить у межах полиці. Отже, має місце перший випадок розрахунку таврового перерізу, а переріз розраховується як прямокутний з шириною $b_f = 1550 \text{ мм}$.

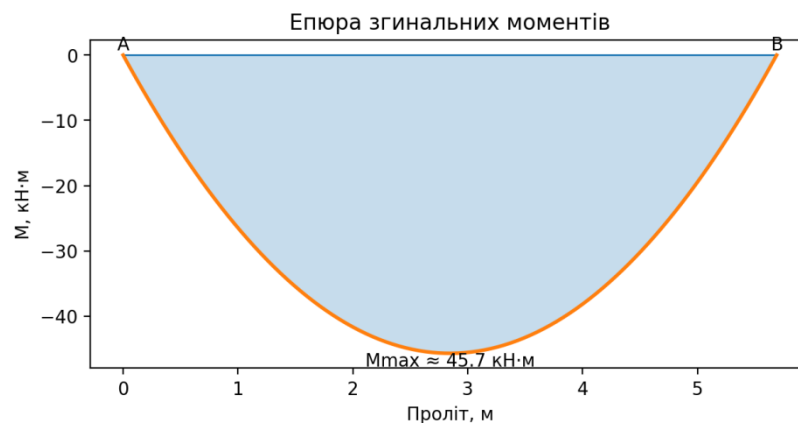


Рисунок 3.3.1.2.1 – Епюра згинальних моментів сходового маршу

3.3.1.3. Визначення необхідної площі робочої арматури маршу

Безрозмірний коефіцієнт α_0 визначається за формулою:

$$\alpha_0 = M / (R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_0^2)$$

$$\alpha_0 = 45,5 \cdot 10^3 / (8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 1,55 \cdot 0,25^2) = 0,061$$

За значенням α_0 визначається відносна висота стиснутої зони ξ . Для прийнятого перерізу ξ не перевищує граничного значення, тому руйнування перерізу буде відбуватися з попереднім розвитком пластичних деформацій у розтягнутій арматурі, що відповідає нормальній роботі залізобетонного елемента.

$$A_s = \xi \cdot b_f \cdot h_0 \cdot R_b \cdot \gamma_b / R_s$$

$$A_s = 0,073 \cdot 155 \cdot 25 \cdot 8,5 \cdot 0,9 / 365 = 5,95 \text{ см}^2$$

За результатом розрахунку приймається робоче армування 2Ø20 А400С. Площа одного стрижня Ø20 становить 3,14 см², загальна площа прийнятого армування дорівнює $A_{s,пр} = 6,28 \text{ см}^2$, що більше за необхідну площу.

3.3.1.4. Перевірка підбраного армування

Для прийнятого армування перевіряється фактична несуча здатність нормального перерізу. Захисний шар бетону приймається $c = 20 \text{ мм}$. Відстань від розтягнутої грані до центра ваги робочої арматури дорівнює:

$$a = c + \varnothing / 2 = 20 + 20 / 2 = 30 \text{ мм}$$

$$h_0 = h - a = 280 - 30 = 250 \text{ мм}$$

Відносна висота стиснутої зони для прийнятого армування становить:

$$\xi = R_s \cdot A_s / (R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_0)$$

$$\xi = 365 \cdot 6,28 / (8,5 \cdot 0,9 \cdot 155 \cdot 25) = 0,077$$

Розрахунковий коефіцієнт α_m для прийнятого армування відповідає безпечній роботі перерізу. Несуча здатність перерізу за згинальним моментом становить:

$$M_{rd} = R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_0^2 \cdot \alpha_m$$

$$M_{rd} = 54,4 \text{ кН}\cdot\text{м} > M = 45,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Умова міцності виконується. Прийняте армування маршу є достатнім для

сприйняття розрахункового згинального моменту.

3.3.1.5. Розрахунок маршу за похилими перерізами

Перевірка міцності за похилими перерізами виконується за дією поперечної сили. Спочатку перевіряється достатність розмірів бетонного перерізу та прийнятого класу бетону за стиском похилої смуги.

$$Q \leq 0,3 \cdot R_b \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0$$

$$Q_{ult} = 0,3 \cdot 8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,20 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 115 \text{ кН}$$

Розрахункова поперечна сила становить $Q = 7,8 \text{ кН}$. Оскільки $Q = 7,8 \text{ кН} < 115 \text{ кН}$, міцність стиснутої бетонної смуги забезпечена, а розміри перерізу і клас бетону є достатніми.

Далі встановлюється необхідність розрахункового поперечного армування за умовою утворення похилих тріщин:

$$Q_{crc} = 0,6 \cdot R_{bt} \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0$$

$$Q_{crc} = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,20 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 20,3 \text{ кН}$$

Оскільки $Q = 7,8 \text{ кН} < Q_{crc} = 20,3 \text{ кН}$, розрахункове поперечне армування не потрібне. Поперечні стрижні встановлюються конструктивно: у приопорних ділянках довжиною $l/4$ приймається $\text{Ø}6 \text{ A}240\text{C}$ з кроком 100 мм , у середній частині прольоту приймається $\text{Ø}6 \text{ A}240\text{C}$ з кроком 200 мм . Монтажна арматура приймається $\text{Ø}10 \text{ A}240\text{C}$.

Схема армування сходового маршу

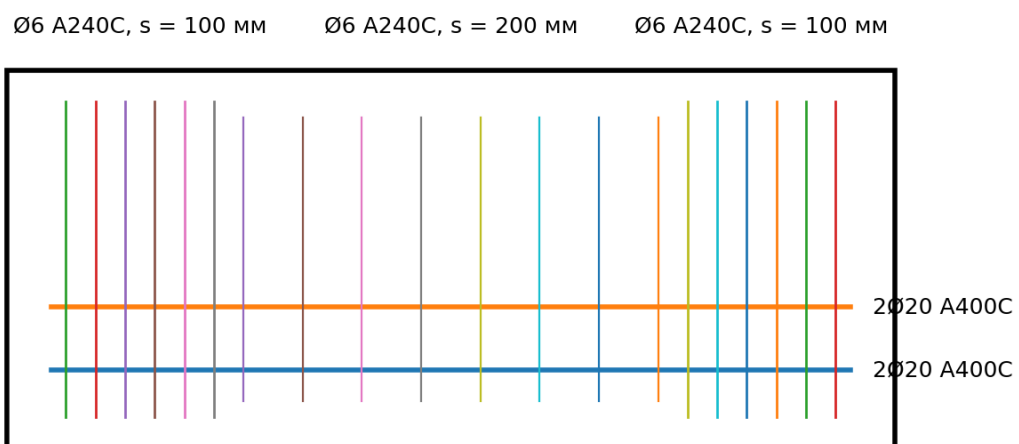


Рисунок 3.3.1.5.1 – Схема армування сходового маршу

3.3.1.6. Розрахунок плити сходового майданчика

Плита сходового майданчика монолітно пов'язана з ребрами та сходовим маршем, тому у розрахунку розглядається як пластина, оберта по контуру. Розміри розрахункової ділянки плити приймаються з урахуванням опирання на ребра.

$$l_1 = 880 - 135 = 745 \text{ мм}$$

$$l_2 = 1150 - 2 \cdot 135 = 880 \text{ мм}$$

$$l_2 / l_1 = 880 / 745 = 1,18$$

Співвідношення сторін близьке до одиниці, тому плита працює у двох напрямках. Для спрощеного розрахунку згинальні моменти у взаємно перпендикулярних напрямках приймаються однаковими.

$$M = p \cdot l_1^2 \cdot (3l_2 - l_1) / [24 \cdot (2l_2 - l_1)]$$

$$M = 5,81 \cdot 0,745^2 \cdot (3 \cdot 0,88 - 0,745) / [24 \cdot (2 \cdot 0,88 - 0,745)] = 0,26 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Схема плити сходового майданчика

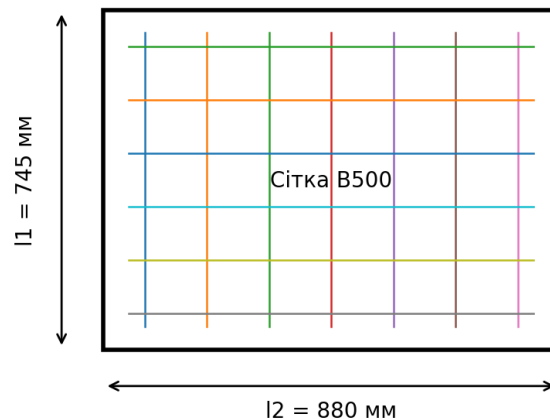


Рисунок 3.3.1.6.1 – Схема роботи та армування плити сходового майданчика

Для плити сходового майданчика приймається робоча висота $h_0 = 15$ мм. Безрозмірний коефіцієнт α_0 дорівнює:

$$\alpha_0 = M / (R_b \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0^2)$$

$$\alpha_0 = 260 / (8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,015^2) = 0,15$$

$$A_s = \xi \cdot b \cdot h_0 \cdot R_b \cdot \gamma_b / R_s = 0,5 \text{ см}^2$$

За результатами розрахунку приймається зварна сітка з арматурного дроту класу В500 з кроком 100 мм. Прийнята площа арматури $A_{s,пр} = 0,71 \text{ см}^2$ перевищує необхідну, тому міцність плити сходового майданчика забезпечена.

3.3.1.7. Розрахунок ребер сходового майданчика

Ребра сходового майданчика сприймають навантаження від плити майданчика, власної ваги та частини навантаження від маршу. У розрахунку ребро розглядається як тавровий залізобетонний елемент з полицею, утвореною плитою майданчика.

Робоча висота ребра становить:

$$h_0 = h - a = 30 - 3 = 27 \text{ см}$$

У розрахунковому перерізі діє згинальний момент $M = 28 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Момент, за якого полиця повністю стиснута, визначається за формулою:

$$M_f = R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_f \cdot (h_0 - h_f / 2)$$

$$M_f = 67,3 \text{ кН}\cdot\text{м} > M = 28 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Оскільки M_f перевищує розрахунковий момент, нейтральна вісь проходить у межах полиці. Подальший розрахунок виконується як для прямокутного перерізу з шириною $b_f = 1150 \text{ мм}$.

$$\alpha_0 = M / (R_b \cdot \gamma_b \cdot b_f \cdot h_0^2)$$

$$\alpha_0 = 28 \cdot 10^3 / (8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,27^2) = 0,051$$

$$A_s = 0,052 \cdot 115 \cdot 27 \cdot 8,5 \cdot 0,9 / 365 = 3,38 \text{ см}^2$$

За розрахунком приймається робоче армування ребра 2Ø16 А400С із площею $A_s = 4,02 \text{ см}^2$. Прийнята площа перевищує необхідну, тому міцність ребра за нормальними перерізами забезпечена.

3.3.1.8. Розрахунок ребер за похилими перерізами

На опорі приймається висота ребра $h = 240 \text{ мм}$, робоча висота $h_0 = 210 \text{ мм}$. Поперечна сила на опорній ділянці становить $Q = 30 \text{ кН}$. Перевіряється

міцність бетонної стиснутої смуги:

$$Q_{ult} = 0,3 \cdot R_b \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0$$

$$Q_{ult} = 0,3 \cdot 8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,20 \cdot 0,21 \cdot 10^{-3} = 96 \text{ кН}$$

Оскільки $Q = 30 \text{ кН} < 96 \text{ кН}$, міцність бетону за похилою стиснутою смугою забезпечена.

Необхідність розрахункового поперечного армування визначається за умовою:

$$Q_{crc} = 0,6 \cdot R_{bt} \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0$$

$$Q_{crc} = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,20 \cdot 0,21 \cdot 10^{-3} = 17 \text{ кН}$$

Оскільки $Q = 30 \text{ кН} > 17 \text{ кН}$, поперечне армування ребра слід призначати за розрахунком.

$$\varphi_f = R_{bt} \cdot (b_f - b) \cdot h_f / (b \cdot h_0)$$

$$\varphi_f = 0,75 \cdot (29 - 20) \cdot 3 / (20 \cdot 21) = 0,048$$

$$q_w = Q^2 / [8 \cdot (1 + \varphi_f) \cdot R_{bt} \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h_0^2]$$

$$q_w = 20500 \text{ Н/м}$$

Приймаються поперечні стрижні $\varnothing 8$ А240С. За умовою розміщення поперечної арматури та з урахуванням конструктивних обмежень приймається крок $S = 100 \text{ мм}$.

3.3.1.9. Додаткове армування вхідних кутів маршу

У місцях переходу сходового маршу до майданчика виникають додаткові зусилля, пов'язані зі зміною напрямку робочої арматури та передачею зусиль між похилим і горизонтальним елементами. Для сприйняття цих зусиль передбачаються додаткові поперечні стрижні у вхідних кутах.

$$Q_s = 2 \cdot N_s \cdot \cos(\beta / 2)$$

$$\beta / 2 = 76^\circ 45', \cos(76^\circ 45') = 0,23$$

$$N_s = R_s \cdot A_s = 365 \cdot 2,01 \cdot 10^2 = 73,5 \text{ кН}$$

$$Q_s = 2 \cdot 73,5 \cdot 0,23 = 33,75 \text{ кН}$$

$$A_{sw} = Q_s / R_{sw} = 33750 / 175 \cdot 10^6 = 1,87 \text{ см}^2$$

Для додаткового армування вхідного кута приймається 4Ø8 A240C з площею $A_{sw} = 2,01 \text{ см}^2$. Аналогічне армування передбачається для нижньої частини сходового майданчика. У кутах перетину маршу та майданчика встановлюються стикові стрижні 2Ø16 A400C та Ø10 A240C.

Таблиця 3.3.1.9.1 - Підсумкова відомість прийнятого армування

Елемент	Робоча арматура	Поперечна арматура	Крок	Примітка
Сходовий марш	2Ø20 A400C	Ø6 A240C	100/200 мм	У приопорних зонах крок 100 мм
Плита майданчика	Сітка B500	Сітка B500	100 мм	Армування у двох напрямках
Ребра майданчика	2Ø16 A400C	Ø8 A240C	100 мм	Поперечне армування за розрахунком
Вхідні кути	2Ø16 A400C	4Ø8 A240C	конструктивно	Додаткове армування вузла

Робочі стрижні маршу слід розміщувати у розтягнутій зоні з дотриманням проектного захисного шару бетону. Поперечну арматуру необхідно встановлювати щільніше на приопорних ділянках, де зосереджені максимальні поперечні сили. Армування плити майданчика виконується сітками, які мають бути надійно зафіксовані у проектному положенні до початку бетонування. У зонах примикання маршу до майданчиків слід забезпечити анкерування робочих стрижнів і встановлення додаткових стикових елементів.

Бетонування сходового маршу та майданчиків доцільно виконувати безперервно в межах одного захвату, щоб забезпечити монолітність вузлів і сумісну роботу конструктивних елементів. Ущільнення бетонної суміші необхідно виконувати глибинними вібраторами з особливою увагою до

ребер, кутів і зон густого армування. Після бетонування конструкція повинна витримуватися з дотриманням режиму догляду за бетоном до досягнення необхідної міцності.

У результаті виконаного розрахунку підтверджено достатню несучу здатність монолітного сходового маршу, плити сходового майданчика та ребер. Для маршу прийнято робоче армування 2Ø20 A400C, що забезпечує несучу здатність за нормальними перерізами $M_{rd} = 54,4$ кН·м при розрахунковому моменті $M = 45,5$ кН·м. За похилими перерізами марш не потребує розрахункового поперечного армування, тому хомути встановлюються конструктивно. Для плити майданчика прийнято сітку B500, для ребер майданчика прийнято 2Ø16 A400C та поперечні стрижні Ø8 A240C з кроком 100 мм. У вхідних кутах маршу передбачено додаткове армування 4Ø8 A240C. Прийняті конструктивні рішення забезпечують міцність, просторову жорсткість і надійну експлуатацію сходової клітки 12-поверхового житлового будинку.

3.3.2 Розрахунок і проєктування монолітної колони

У цьому підрозділі наведено розрахунок монолітної залізобетонної колони надземної частини 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Колона є вертикальним несучим елементом каркаса, який сприймає навантаження від перекриттів, стін, перегородок, тимчасових експлуатаційних навантажень і передає їх на фундаментну систему. Розрахунок виконано за двома групами граничних станів: за несучою здатністю та за придатністю до нормальної експлуатації.

Оскільки повний статичний розрахунок просторової моделі будівлі не надано, у цьому підрозділі прийнято розрахункову поздовжню силу $N_{Ed} = 3162$ кН, яка відповідає навантаженню на колону, використаному при проєктуванні пальового фундаменту. Клас бетону прийнято C20/25, поздовжню арматуру прийнято класу A400C, поперечну арматуру прийнято класу A240C. У разі уточнення результатів розрахунку просторової моделі

будівлі значення N_{Ed} і M_{Ed} можуть бути замінені без зміни загальної методики розрахунку.

3.3.2.1 Вихідні дані для розрахунку

Поперечний переріз колони прийнято квадратним розміром 600x600 мм. Розрахункова висота колони приймається рівною висоті поверху $l_0 = 3,0$ м. Для урахування випадкового ексцентриситету та можливих відхилень монтажу приймається мінімальний ексцентриситет прикладання поздовжньої сили.

Показник	Позначення	Значення	Одиниця
Розмір перерізу колони	$b \times h$	600 x 600	мм
Площа бетонного перерізу	A	0,36	м ²
Клас бетону	-	C20/25	-
Розрахунковий опір бетону стиску	f_{cd}	11,33	МПа
Поздовжня арматура	-	A400C	-
Розрахунковий опір арматури	f_{yd}	365	МПа
Поперечна арматура	-	A240C	-
Розрахункова висота колони	l_0	3,0	м
Розрахункова поздовжня сила	N_{Ed}	3162	кН

$$A = b \cdot h = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ м}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,33 \text{ МПа}$$

Для конструкційного розрахунку прийнято захисний шар бетону 40 мм. Мінімальний ексцентриситет визначається як найбільше із трьох значень: $l_0/600$, $h/30$ та 20 мм.

$$e_0 = \max(l_0/600; h/30; 20 \text{ мм}) = \max(3000/600; 600/30; 20) = 20 \text{ мм}$$

$$M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 3162 \cdot 0,02 = 63,24 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Розрахункова схема колони

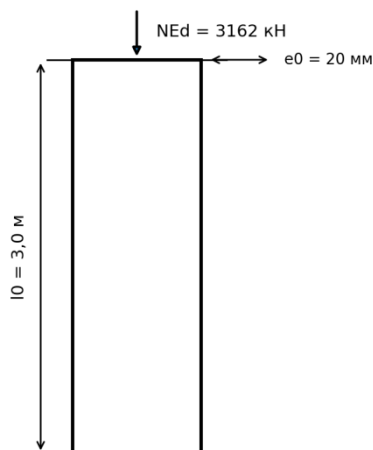


Рисунок 3.3.2.1 - Розрахункова схема монолітної колони

3.3.2.2 Перевірка гнучкості колони

Перед виконанням розрахунку міцності необхідно оцінити гнучкість колони та можливість виникнення суттєвих ефектів другого порядку. Для квадратного перерізу радіус інерції визначається через момент інерції та площу перерізу.

$$I = b \cdot h^3 / 12 = 0,6 \cdot 0,6^3 / 12 = 0,0108 \text{ м}^4$$

$$i = \sqrt{I / A} = \sqrt{0,0108 / 0,36} = 0,173 \text{ м}$$

$$\lambda = l_0 / i = 3,0 / 0,173 = 17,3$$

Отримане значення гнучкості $\lambda = 17,3$ є невеликим для колони перерізом 600x600 мм. Тому колона може розглядатися як малогнучка, а вплив додаткових моментів другого порядку для попереднього розрахунку не є визначальним. Уточнення можливе після виконання повного просторового розрахунку будівлі.

3.3.2.3 Розрахунок за першою групою граничних станів

Розрахунок за першою групою граничних станів виконується для перевірки несучої здатності колони при сумісній дії поздовжньої сили та згинального моменту від мінімального ексцентриситету. Основна умова міцності має вигляд: $NEd \leq NRd$.

Для стиснутої залізобетонної колони несуча здатність визначається з

урахуванням роботи бетону та поздовжньої арматури. Попередньо приймається поздовжнє армування 12Ø20 A400C. Площа одного стрижня Ø20 становить 3,14 см².

$$A_s = 12 \cdot 3,14 = 37,68 \text{ см}^2 = 0,003768 \text{ м}^2$$

$$A_c = A - A_s = 0,36 - 0,003768 = 0,3562 \text{ м}^2$$

Відсоток поздовжнього армування становить:

$$\mu = A_s / A \cdot 100\% = 0,003768 / 0,36 \cdot 100\% = 1,05\%$$

Отриманий відсоток армування знаходиться у раціональних межах для монолітних колон багатоповерхових будівель і забезпечує технологічність бетонування та достатню несучу здатність.

Розрахункова несуча здатність перерізу за центральним стиском з урахуванням поздовжньої арматури визначається за формулою:

$$NRd = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s$$

$$NRd = 0,85 \cdot 11,33 \cdot 10^6 \cdot 0,3562 + 365 \cdot 10^6 \cdot 0,003768 = 4808 \text{ кН}$$

Розрахункова поздовжня сила $NEd = 3162 \text{ кН}$ менша за несучу здатність перерізу $NRd = 4808 \text{ кН}$. Отже, умова міцності за стиском виконується.

$$NEd = 3162 \text{ кН} < NRd = 4808 \text{ кН}$$

Додатково перевіряється вплив згинального моменту від мінімального ексцентриситету. Для прийнятого перерізу момент опору становить:

$$W = b \cdot h^2 / 6 = 0,6 \cdot 0,6^2 / 6 = 0,036 \text{ м}^3$$

$$MEd = 63,24 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Згинальний момент є порівняно невеликим відносно стискальної здатності колони, тому при прийнятому армуванні 12Ø20 A400C переріз має достатній запас несучої здатності. Для забезпечення симетричної роботи при можливій зміні знаку моменту арматура розміщується рівномірно по периметру перерізу.

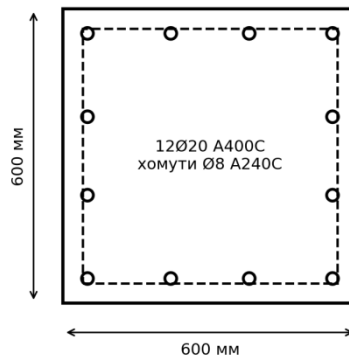


Рисунок 3.3.2.3.1 - Схема армування поперечного перерізу колони 600х600 ММ

3.3.2.4 Перевірка поперечної сили та призначення хомутів

У каркасно-монолітній будівлі колони можуть сприймати не лише вертикальні навантаження, а й частину горизонтальних зусиль від вітрових впливів, просторової роботи каркаса та випадкових ексцентриситетів. За відсутності повного розрахунку горизонтальних навантажень для конструктивної перевірки приймається умовна поперечна сила $V_{Ed} = 0,02N_{Ed}$.

$$V_{Ed} = 0,02 \cdot N_{Ed} = 0,02 \cdot 3162 = 63,24 \text{ кН}$$

Орієнтовна несуча здатність бетонного перерізу за поперечною силою приймається:

$$V_{Rd,c} = 0,5 \cdot b \cdot d = 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,6 \cdot 0,55 \cdot 10^{-3} = 165 \text{ кН}$$

$$V_{Ed} = 63,24 \text{ кН} < V_{Rd,c} = 165 \text{ кН}$$

Міцність за поперечною силою забезпечена. Поперечна арматура призначається конструктивно з урахуванням закріплення поздовжніх стрижнів, запобігання їх випучуванню та забезпечення просторової жорсткості арматурного каркаса. Приймаються замкнені хомути Ø8 A240C з кроком 200 мм у середній частині колони та з кроком 100 мм у приопорних зонах на довжині не менше 600 мм від граней перекриттів.

3.3.2.5 Розрахунок за другою групою граничних станів

Розрахунок за другою групою граничних станів виконується для перевірки придатності конструкції до нормальної експлуатації. Для стиснутої колони основними критеріями є обмеження напружень у бетоні та відсутність розкриття тріщин, що можуть вплинути на довговічність і нормальну роботу конструкції. Для експлуатаційної стадії приймається орієнтовне нормативне навантаження $N_{ser} = 0,8N_{Ed}$.

$$N_{ser} = 0,8 \cdot 3162 = 2529,6 \text{ кН}$$

$$M_{ser} = N_{ser} \cdot e_0 = 2529,6 \cdot 0,02 = 50,59 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Середнє стискальне напруження у бетонному перерізі становить:

$$\sigma_0 = N_{ser} / A = 2529,6 \cdot 10^3 / 0,36 = 7,03 \text{ МПа}$$

Додаткове напруження від згинального моменту:

$$\sigma_m = M_{ser} / W = 50,59 \cdot 10^3 / 0,036 = 1,41 \text{ МПа}$$

Максимальне та мінімальне нормальні напруження у перерізі:

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \sigma_m = 7,03 + 1,41 = 8,44 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{min} = \sigma_0 - \sigma_m = 7,03 - 1,41 = 5,62 \text{ МПа}$$

Допустиме експлуатаційне напруження у бетоні для обмеження тривалих деформацій приймається на рівні $0,6f_{ck}$:

$$\sigma_{lim} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 20 = 12,0 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 8,44 \text{ МПа} < \sigma_{lim} = 12,0 \text{ МПа}$$

Умова обмеження стискальних напружень виконується. Оскільки по всій висоті перерізу зберігаються стискальні напруження, розтягнута зона не утворюється, а розкриття тріщин у нормальній експлуатаційній стадії не очікується.

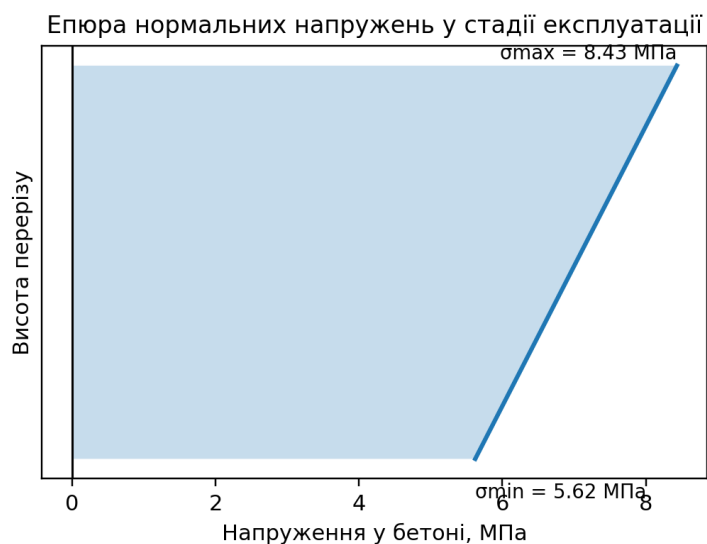


Рисунок 3.3.2.5.1 - Епюра нормальних напружень у перерізі колони за другою групою граничних станів

3.3.2.6 Конструктивне армування колони

За результатами розрахунку прийнято симетричне армування колони 12Ø20 A400С з рівномірним розміщенням стрижнів по периметру перерізу. Таке розміщення забезпечує роботу колони при можливому згині у двох взаємно перпендикулярних напрямках і є доцільним для каркасно-монолітної будівлі.

Поперечне армування виконується замкненими хомутами Ø8 A240С. У середній частині висоти поверху крок хомутів приймається 200 мм, у приопорних ділянках біля перекриттів крок зменшується до 100 мм. Зменшення кроку у приопорних зонах необхідне для підвищення тріщиностійкості, обмеження випучування поздовжніх стрижнів і забезпечення надійної роботи вузлів сполучення колони з плитами перекриття.

Елемент	Прийняте рішення	Клас сталі	Крок	Примітка
Поздовжня арматура	12Ø20	A400C	-	Розміщення по периметру
Поперечна арматура в середній зоні	Ø8	A240C	200 мм	Замкнені хомути
Поперечна арматура у припорних зонах	Ø8	A240C	100 мм	На довжині не менше 600 мм
Захисний шар бетону	40 мм	-	-	Для внутрішніх несучих колон

У підрозділі виконано розрахунок монолітної залізобетонної колони перерізом 600х600 мм для 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Для розрахунку прийнято бетон класу C20/25, поздовжню арматуру A400C та поперечну арматуру A240C. Перевірка за першою групою граничних станів показала, що прийнятий переріз і армування 12Ø20 A400C забезпечують несучу здатність колони при розрахунковій поздовжній силі $N_{Ed} = 3162$ кН та моменті $M_{Ed} = 63,24$ кН·м. Розрахункова несуча здатність перерізу становить $NR_d = 4808$ кН, що перевищує діюче навантаження.

Перевірка за другою групою граничних станів підтвердила придатність колони до нормальної експлуатації. Максимальне стискальне напруження у бетоні становить 8,44 МПа і не перевищує допустимого значення 12,0 МПа. Розтягнута зона у перерізі не утворюється, тому розкриття тріщин у нормальній експлуатаційній стадії не очікується. Для забезпечення просторової стійкості арматурного каркаса прийнято хомути Ø8 A240C з кроком 200 мм у середній частині та 100 мм у припорних зонах.

3.4 Технологія і організація будівельного виробництва

3.4.1 Організаційно-технологічна підготовка будівництва

Організаційно-технологічна підготовка будівництва є одним із найважливіших етапів реалізації проекту 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Основною метою підготовчих заходів є створення необхідних умов для безпечного, безперервного та ритмічного виконання будівельно-монтажних робіт із дотриманням вимог нормативних документів щодо якості, охорони праці та ефективного використання матеріально-технічних ресурсів.

Підготовка будівельного виробництва повинна передувати кожному етапу будівництва та охоплювати організаційні, технологічні, технічні й економічні заходи. Виконання підготовчих робіт забезпечує своєчасне введення об'єкта в експлуатацію, мінімізацію простоїв будівельних машин та раціональне використання трудових ресурсів.

Підготовка будівництва включає комплекс взаємопов'язаних організаційних та технічних заходів, які виконуються до початку основних будівельно-монтажних робіт.

Таблиця 3.4.1.1- Організаційні та технічні заходи

Напрямок підготовки	Основні заходи	Результат
Організаційно-технічна підготовка	Проведення тендерів, укладання договорів, отримання дозволів	Готовність до початку будівництва
Підготовка об'єкта	Розроблення ПВР, формування ресурсного забезпечення	Організація будівельного процесу
Підготовка будівельної організації	Планування виробничої програми та забезпечення ресурсами	Ритмічне виконання робіт
Підготовка до БМР	Розроблення технологічних карт та інструкцій	Безпечне виконання робіт

Організаційно-технічна підготовка включає виконання робіт, пов'язаних із проведенням тендерних процедур, участю у конкурсах, укладанням підрядних контрактів, отриманням необхідних дозволів та погоджень. На цьому етапі також визначаються джерела фінансування будівництва та формуються графіки постачання матеріалів і конструкцій.

Підготовка до будівництва об'єкта передбачає розроблення проєкту виконання робіт, визначення технологічної послідовності будівництва, розрахунок потреби у трудових ресурсах, будівельних машинах та тимчасових спорудах.

До початку основних будівельно-монтажних робіт на будівельному майданчику виконуються внутрішньомайданчикові підготовчі роботи, які забезпечують створення необхідних умов для безпечного та безперервного виконання будівельних процесів.

Геодезична розбивочна основа є одним із найважливіших елементів підготовчого періоду. Вона забезпечує точне винесення в натуру осей будівлі, інженерних мереж та елементів фундаментів.

Вертикальне планування території виконується для забезпечення відведення поверхневих вод, організації руху транспорту та створення необхідних умов для розміщення будівельних машин.

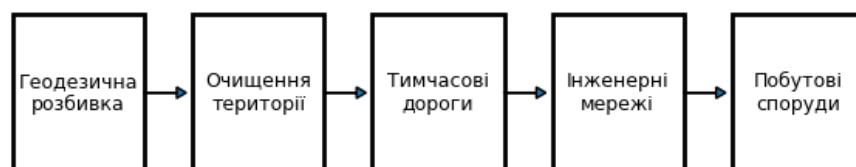


Рисунок 3.4.1.1 – Послідовність виконання підготовчих робіт

Тимчасові позамайданчикові та внутрішньомайданчикові дороги влаштовуються у випадках, коли використання існуючих постійних доріг є неможливим або економічно недоцільним. Конструкція доріг повинна

забезпечувати безпечний рух будівельної техніки та перевезення великогабаритних вантажів.

Ширина тимчасових доріг приймається не менше 4,5 м для двостороннього руху автотранспорту. Радіуси заокруглення доріг приймаються не менше 12 м для забезпечення безпечного маневрування автомобілів.

Для забезпечення функціонування будівельного майданчика використовуються тимчасові мережі електропостачання, водопостачання та освітлення. При цьому максимально використовуються існуючі міські інженерні мережі.

3.4.2 Організаційно-технологічні методи виконання будівельно-монтажних робіт

Організація виконання будівельно-монтажних робіт для 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків приймається з урахуванням конструктивних особливостей об'єкта, обсягів робіт, термінів будівництва та умов будівельного майданчика. Основним завданням організаційно-технологічних рішень є забезпечення ритмічного, безпечного та економічно ефективного виконання будівельних процесів.

Під час розроблення технологічних рішень враховуються можливості комплексної механізації, раціональної організації праці та максимально можливого суміщення окремих процесів у часі.

3.4.2.1 Вибір організаційно-технологічної схеми будівництва

Організація зведення монолітно-каркасного житлового будинку базується на горизонтальній схемі розвитку монтажного процесу. Відповідно до прийнятого рішення монтаж та бетонування конструкцій виконуються поповерхово у межах окремих монтажних захваток.

Після завершення робіт на одній захватці та досягнення бетоном необхідної міцності будівельні бригади переходять до наступної монтажної ділянки або вище розташованого поверху. Такий підхід забезпечує

рівномірне завантаження будівельних машин, зменшення простоїв та раціональне використання трудових ресурсів.

Монтаж елементів виконується роздільним методом, який передбачає послідовне встановлення конструкцій одного типу. Спочатку виконуються роботи з армування та бетонування колон і діафрагм жорсткості, після чого здійснюється монтаж опалубки перекриття, армування плити та бетонування міжповерхового перекриття.



Рисунок 3.4.2.1.1 – Послідовність виконання робіт у межах монтажної захватки

Для зведення будівлі приймається потоковий метод організації будівництва, який передбачає послідовне виконання однотипних процесів на різних захватках із максимальним суміщенням робіт у часі.

Основними перевагами потокового методу є скорочення тривалості будівництва, рівномірне завантаження робітників та будівельних машин, а також підвищення ефективності організації праці.

Потокова організація робіт дозволяє забезпечити безперервність будівельного процесу та зменшити простої механізмів.

Будівельно-монтажні роботи виконуються у технологічній послідовності та поділяються на окремі цикли: підготовчий, підземний, надземний, опоряджувальний та спеціальні роботи.

Таблиця 3.4.2.1.1 – Цикли будівельно-монтажних робіт

Будівельний цикл	Основні роботи	Призначення
Підготовчий цикл	Огородження території, тимчасові дороги, геодезія	Підготовка майданчика
Підземний цикл	Котлован, пальові фундаменти, ростверки	Створення основи будівлі
Надземний цикл	Колони, перекриття, сходові марші	Зведення каркаса
Опоряджувальний цикл	Штукатурні, плиткові, малярні роботи	Підготовка до експлуатації
Спеціальні роботи	Електромотаж, сантехнічні роботи	Інженерне забезпечення

Підземний цикл включає розроблення котловану, влаштування пальового фундаменту із забивних залізобетонних паль, бетонування ростверків та конструкцій підземної частини будівлі.

Розроблення котловану виконується екскаватором із зворотною лопатою з частковим доопрацюванням ґрунту вручну. Для забезпечення безпечного виконання робіт укоси котловану приймаються відповідно до інженерно-геологічних умов майданчика.

Забивання паль виконується копровою установкою із контролем відмови паль. Після завершення пальових робіт здійснюється влаштування ростверків та бетонування фундаментних конструкцій.

Надземний цикл включає бетонування колон, діафрагм жорсткості, плит перекриття та монтаж сходових маршів.

Для бетонування конструкцій використовується інвентарна щитова опалубка та автобетононасос. Арматурні каркаси виготовляються централізовано та подаються у монтажну зону баштовим краном.

Бетонування конструкцій виконується захватками із обов'язковим ущільненням бетонної суміші глибинними вібраторами.

Опоряджувальні роботи виконуються після завершення основних монтажних процесів та монтажу інженерних мереж.

Максимальне використання механізації та комплексної механізації будівельних процесів дозволяє підвищити продуктивність праці та скоротити строки будівництва.

Вибір будівельних машин здійснюється на основі технологічних карт, обсягів робіт та технічних характеристик механізмів.

Таблиця 3.4.2.1.2- Будівельні машини для будівництва

Механізм	Призначення	Марка
Баштовий кран	Подача матеріалів та конструкцій	КБ-474
Автобетононасос	Подача бетонної суміші	Putzmeister
Екскаватор	Розроблення котловану	ЕО-2621
Копрова установка	Забивання паль	СП-49
Глибинний вібратор	Ущільнення бетону	ІВ-117

Для опоряджувальних робіт застосовуються штукатурні та малярні станції, електрифікований інструмент та засоби малої механізації.

У результаті розроблення організаційно-технологічних рішень визначено методи виконання будівельно-монтажних робіт, послідовність зведення об'єкта та основні принципи потокової організації будівництва. Прийняті рішення забезпечують безпечне, ритмічне та ефективне зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків.

3.4.3 Технологічна карта на зведення монолітного типового поверху

Технологічна карта розроблена для виконання робіт із зведення типового поверху 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку з підземним паркінгом у місті Харків. Основною метою технологічної карти є визначення раціональної послідовності виконання будівельно-монтажних процесів, забезпечення необхідної якості робіт та створення безпечних умов праці на будівельному майданчику.

Технологічна карта розроблена для виконання монолітних робіт із улаштування плити перекриття типового поверху із застосуванням інвентарної щитової опалубки та комплексної механізації процесів.

3.4.3.1 Сфера застосування технологічної карти

Технологічна карта застосовується під час зведення монолітного типового поверху 12-поверхового житлового будинку. Висота поверху становить 3,3 м. Будівництво виконується у двозмінному режимі роботи комплексною бригадою чисельністю 26 осіб.

Для подачі будівельних матеріалів, арматурних каркасів, опалубки та допоміжного обладнання використовується баштовий кран КБ-474. Подача бетонної суміші до місця бетонування виконується автобетононасосом.

Таблиця 3.4.3.1.1- Вихідні дані до техкарти

Показник	Значення	Примітка
Поверховість будівлі	12 поверхів	Житловий будинок
Висота поверху	3,3 м	Типовий поверх
Метод виконання робіт	Потоковий	По захватках
Режим роботи	Двозмінний	Безперервний цикл
Чисельність бригади	26 осіб	Комплексна бригада
Основний механізм	КБ-474	Баштовий кран

Технологічна послідовність виконання робіт:

- підготовка робочої зони та перевірка стану перекриття;
- монтаж опалубки плити перекриття;
- встановлення арматурних каркасів і сіток;
- бетонування плити перекриття;
- ущільнення бетонної суміші глибинними вібраторами;
- догляд за бетоном у процесі твердіння;
- розпалублення конструкцій та підготовка до наступного циклу робіт.

3.4.3.3 Опалубочні роботи

Опалубочні роботи виконуються після завершення бетонування

нижчерозташованого поверху та досягнення бетоном необхідної міцності.

Перед початком монтажу опалубки виконуються підготовчі роботи:

- очищення поверхні перекриття від сміття та залишків бетону;
- комплектування елементів опалубки;
- перевірка технічного стану щитів, стояків та ригелів;
- доставка елементів опалубки у монтажну зону.

Для влаштування монолітного перекриття застосовується дрібнощитова розбірно-щитова опалубка із водостійкої ламінованої фанери розміром 1200×800×21 мм.

Опалубна система включає щити, телескопічні стояки, ригелі першого та другого порядку, а також допоміжні елементи кріплення.

Крок встановлення телескопічних стояків приймається 1000 мм уздовж буквених осей та 2000 мм уздовж цифрових осей.

Ригелі другого порядку встановлюються з кроком 500 мм. Кожен опалубний щит повинен спиратися щонайменше на три ригелі.

Після завершення монтажу виконується нівелювання поверхні опалубки та перевірка її геометричних параметрів.

3.4.3.4 Армування монолітної плити перекриття

Арматурні роботи виконуються після приймання опалубки та перевірки відповідності її положення проєктним відміткам.

Арматурні каркаси та сітки повинні мати паспорти та маркування із зазначенням класу арматури.

Для армування плити перекриття використовується двошарова в'язана арматурна сітка із арматури класу А400 діаметром Ø10 мм з кроком 150 мм у двох напрямках.

розмітка положення стрижнів;

Товщина захисного шару бетону для робочої арматури приймається 15 мм.

Приймання арматурних робіт оформлюється актом на приховані роботи.

3.4.3.5 Бетонування плити перекриття

Перед бетонуванням виконуються роботи з очищення поверхні опалубки та герметизації щілин між щитами.

Бетонна суміш доставляється автобетонозмішувачами та подається до місця укладання автобетононасосом.

Бетонування перекриття виконується безперервно в межах однієї захватки із рівномірним розподілом бетонної суміші.

Ущільнення бетонної суміші виконується глибокими вібраторами з дотриманням необхідної тривалості вібрування.

Після завершення бетонування поверхня бетону захищається від висихання та атмосферних впливів.

У зимовий період бетонування виконується із застосуванням протиморозних добавок та заходів теплової обробки бетону.

3.4.3.6 Розпалублення конструкцій

Розпалублення конструкцій виконується після досягнення бетоном необхідної міцності.

Несучі елементи опалубки дозволяється демонтувати після досягнення бетоном не менше 70 % проєктної міцності.

Під час розпалублення необхідно запобігати пошкодженню кутів та граней монолітних конструкцій.

Після демонтажу опалубки виконується усунення виявлених дефектів бетонування та підготовка елементів опалубки до повторного використання.

Контроль якості виконання робіт:

- контроль геометричних параметрів опалубки;
- перевірка положення арматури та товщини захисного шару;
- контроль якості бетонної суміші;
- перевірка ущільнення бетону;
- контроль режиму догляду за бетоном.

Якість виконання робіт повинна відповідати вимогам ДБН В.2.6-98:2009

та чинних нормативних документів.

3.4.3.7 Заходи з охорони праці при виконанні робіт

Працівники, які виконують опалубочні, арматурні та бетонні роботи, повинні пройти інструктаж з охорони праці та бути забезпечені засобами індивідуального захисту. На будмайданчику повинно бути:

- небезпечні зони роботи крана повинні бути огорожені;
- роботи на висоті виконуються із застосуванням запобіжних поясів;
- електрообладнання повинно бути заземлене;
- робочі настили повинні бути очищені від сміття та сторонніх предметів;
- стропувальні пристрої необхідно перевіряти перед початком робіт.

Під час бетонування забороняється перебування працівників під опалубкою та у зоні переміщення вантажів краном.

Таблиця 3.4.3.7.1 -Техніко-економічні показники технологічної карти

№	Показник	Одиниця	Значення
1	Площа перекриття	м ²	610
2	Об'єм бетонування	м ³	118
3	Чисельність бригади	осіб	26
4	Тривалість циклу	доба	5
5	Кількість змін	зміна	2

У результаті розроблення технологічної карти визначено раціональну послідовність виконання опалубочних, арматурних та бетонних робіт під час зведення монолітного типового поверху.

Прийняті організаційно-технологічні рішення забезпечують необхідну якість монолітних конструкцій, безпечне виконання робіт та ефективне використання будівельних машин і трудових ресурсів.

3.4.4 Технологічна карта на улаштування фасадної теплоізоляції будівлі

Технологічна карта розроблена для виконання робіт з улаштування зовнішньої фасадної теплоізоляції 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків. Основною метою виконання робіт є забезпечення необхідного рівня теплозахисту будівлі, підвищення енергоефективності та покращення експлуатаційних характеристик огорожувальних конструкцій.

3.4.4.1 Сфера застосування технологічної карти

Технологічна карта поширюється на виконання робіт із улаштування системи скріпленої теплоізоляції фасадів із використанням мінераловатних плит, армувального шару та декоративно-захисного фасадного покриття.

Таблиця 3.4.4.1.1- Вихідні дані до техкарти

Показник	Значення	Примітка
Тип будівлі	12-поверховий житловий будинок	Каркасно-монолітний
Тип утеплювача	Мінераловатні плити	Негорючий матеріал
Товщина утеплювача	150 мм	Згідно теплотехнічного розрахунку
Метод виконання робіт	Потоковий	По захватках
Основні механізми	Риштування та підйомники	Фасадні роботи

Технологічна послідовність виконання робіт:

- встановлення риштувань та підйомного обладнання;
- обстеження технічного стану фасадів;
- підготовка поверхні стін та цоколя;
- монтаж стартового профілю;
- нанесення клейової суміші;
- закріплення теплоізоляційних плит;
- механічне кріплення утеплювача;

- улаштування армувального шару;
- герметизація примикань та швів;
- нанесення декоративного покриття.



Рисунок 3.4.4.1 – Технологічна послідовність улаштування фасадної теплоізоляції

3.4.4.2 Підготовка фасадної поверхні

Перед початком утеплення фасаду виконується обстеження технічного стану огорожувальних конструкцій. Поверхні очищаються від пилу, бруду та залишків старих покриттів.

Нерівності поверхні понад 10 мм усуваються ремонтними сумішами. Для покращення адгезії виконується грунтування фасадної поверхні.

У нижній частині фасаду встановлюється стартовий профіль, який забезпечує правильне положення першого ряду утеплювача.

3.4.4.3 Монтаж теплоізоляційних плит

Клейова суміш наноситься по периметру плити смугою шириною 50 мм та додатково маяковими ділянками у центрі плити.

Теплоізоляційні плити монтуються знизу вгору із перев'язкою вертикальних швів.

Ширина швів між плитами не повинна перевищувати 2 мм.

$$N = n \cdot F$$

де n – кількість дюбелів на 1 м^2 фасаду; F – площа утеплення.

$$N = 6 \cdot 1250 = 7500 \text{ шт}$$

Отже, загальна потреба у тарілчастих дюбелях становить 7500 шт.

3.4.4.4 Улаштування армувального шару

На поверхню утеплювача наноситься базовий шар клейової суміші товщиною 3–5 мм, у який втоплюється лугостійка армувальна склосітка.

Полотна армувальної сітки укладаються з перехльостом не менше 100 мм.

У місцях примикання до віконних та дверних прорізів додатково встановлюються кутові профілі.

3.4.4.5 Герметизація та оздоблення фасаду

Після влаштування армувального шару виконується герметизація стиків та примикань теплоізоляції до конструктивних елементів будівлі.

Перед нанесенням декоративного покриття поверхня обробляється адгезійною ґрунтовкою.

Фінішне декоративно-захисне покриття виконується тонкошаровою фасадною штукатуркою.

До контролю якості виконання робіт належать:

- перевірка рівності поверхні фасаду;
- контроль міцності кріплення утеплювача;
- перевірка товщини армувального шару;
- контроль якості герметизації стиків;
- перевірка суцільності декоративного покриття.

Заходи з охорони праці на будівельному майданчику:

- риштування повинні бути надійно закріплені;
- робітники повинні використовувати запобіжні пояси;
- забороняється виконання робіт під час сильного вітру;
- електроінструмент повинен бути заземлений;
- робочі місця повинні очищатися від залишків матеріалів.

Техніко-економічні показники технологічної карти

№	Показник	Одиниця	Значення
1	Площа утеплення фасаду	м ²	1250

2	Товщина утеплювача	мм	150
3	Кількість дюбелів	шт	7500
4	Чисельність бригади	осіб	8
5	Тривалість робіт	доба	18

У результаті розроблення технологічної карти визначено послідовність виконання робіт з улаштування фасадної теплоізоляції будівлі.

Прийняті технологічні рішення забезпечують нормативний рівень теплозахисту, довговічність фасадної системи та безпечне виконання будівельних робіт.

3.4.5 Вибір та обґрунтування комплекту будівельних машин і механізмів

Підбір комплекту будівельних машин і механізмів для зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків здійснюється відповідно до прийнятих організаційно-технологічних рішень, обсягів будівельно-монтажних робіт та термінів будівництва.

Комплект машин формується з урахуванням комплексної механізації основних процесів, безперервності виконання робіт та узгодженості технічних характеристик окремих механізмів.

Будівельні машини повинні функціонувати як єдина технологічна система, забезпечуючи ритмічне виконання робіт із мінімальними простоями та ефективним використанням трудових ресурсів.

Основні принципи вибору будівельних машин:

- відповідність технічних характеристик машин обсягам робіт;
- можливість комплексної механізації процесів;
- забезпечення необхідної продуктивності;
- узгодженість машин за технологічним призначенням;
- економічна ефективність експлуатації;

- забезпечення безпечних умов праці.

Під час вибору комплексу механізмів враховуються умови будівельного майданчика, кліматичні умови, тривалість будівництва та можливість транспортування обладнання.

Таблиця 3.4.5.1 Комплект основних будівельних машин та механізмів

№	Найменування механізму	Марка	Кількість
1	Баштовий кран	КБ-474	1
2	Компресор	КС-9	4
3	Автогрейдер	ГАТ-51	1
4	Штукатурна станція	СО-114	1
5	Електрозварювальний апарат	ТД-500	8
6	Шафа для прокалювання електродів	ППЕ-1	18
7	Монтажна лебідка	ЛМ-3,2	4
8	Щогловий підйомник	ТП-9	2
9	Автотягач	КамАЗ-54102	4

Основним вантажопідіймальним механізмом на будівельному майданчику приймається баштовий кран КБ-474, який забезпечує подачу арматурних каркасів, опалубки, будівельних матеріалів та допоміжного обладнання у монтажну зону.

Обґрунтування вибору баштового крана

Вибір баштового крана здійснюється з урахуванням вантажопідйомності, робочого радіуса, висоти підйому гака та умов експлуатації на будівельному майданчику.

Баштовий кран повинен забезпечувати монтаж найважчих конструктивних елементів із урахуванням маси стропувальних пристроїв.

Розрахунок необхідної вантажопідйомності крана

Необхідна вантажопідйомність баштового крана визначається за формулою: $Q_{кр} = P_{ел} + P_t$

де $P_{ел}$ – маса монтажного елемента, т; P_t – маса такелажного обладнання, т.

Маса найбільш важкого елемента становить 5,0 т, а маса такелажного обладнання – 0,6 т.

$$Q_{кр} = 5,0 + 0,6 = 5,6 \text{ т}$$

Отже, необхідна вантажопідйомність крана повинна бути не менше 5,6 т.

Розрахунок висоти підйому гака крана

Необхідна висота підйому гака визначається за формулою:

$$H_{кр} = H_0 + H_z + H_{ел} + H_{стр}$$

де H_0 – висота монтажного горизонту; H_z – запас по висоті; $H_{ел}$ – висота монтажного елемента; $H_{стр}$ – висота стропування.

Для даного об'єкта:

$$H_{кр} = 60,8 + 0,5 + 1,65 + 4 = 66,95 \text{ м}$$

Таким чином, висота підйому гака повинна бути не менше 66,95 м.

Визначення необхідного вильоту стріли

Необхідний виліт стріли визначається з урахуванням розташування найбільш віддаленого монтажного елемента.

$$L_{стр} = a/2 + b + c$$

де a – ширина будівлі; b – відстань від осі крана до будівлі; c – відстань до крайньої монтажною точки.

$$L_{стр} = 6/2 + 4 + 25,88 = 32,88 \text{ м}$$

Отже, необхідний виліт стріли становить 32,88 м.

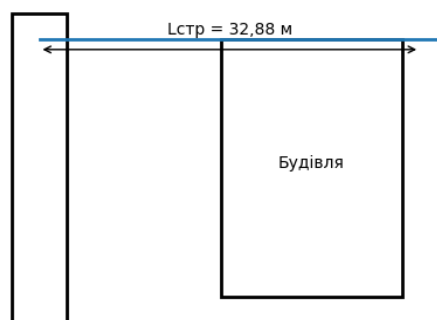


Рисунок 3.4.5 – Схема визначення необхідного вильоту стріли баштового крана

Таблиця 3.4.5.2 - Технічна характеристика баштового крана КБ-474

Параметр	Значення	Одиниця
Максимальна вантажопідйомність	8	т
Максимальна висота підйому	68	м
Максимальний виліт стріли	35	м
Мінімальний виліт стріли	2	м
Тип стріли	Поворотна	-

З урахуванням виконаних розрахунків та технічних характеристик для даного об'єкта приймається баштовий кран КБ-474.

Заходи безпечної експлуатації будівельних машин:

- будівельні машини повинні пройти технічний огляд;
- монтаж та демонтаж крана виконуються спеціалізованою організацією;
- небезпечні зони роботи крана повинні бути огорожені;
- стропування вантажів виконують атестовані стропальники;
- експлуатація машин дозволяється лише справним обладнанням.

У результаті виконаного аналізу та розрахунків підібрано комплект будівельних машин і механізмів для зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку.

Прийнятий комплект машин забезпечує комплексну механізацію будівельних процесів, необхідну продуктивність та безпечне виконання будівельно-монтажних робіт.

4.6 Календарне планування будівництва об'єкта

Календарне планування є одним із найважливіших елементів організації будівельного виробництва та забезпечує раціональну послідовність виконання будівельно-монтажних робіт, узгодження діяльності будівельних бригад, машин і механізмів, а також ефективне використання матеріально-технічних ресурсів.

Календарний графік будівництва 12-поверхового каркасно-монолітного

житлового будинку у місті Харків розроблений відповідно до прийнятої технології виконання робіт та організаційно-технологічних рішень.

Призначення календарного графіка будівництва

Календарний графік будівництва є основним організаційним документом, який визначає строки виконання окремих будівельних процесів, послідовність їх виконання та взаємозв'язок між окремими видами робіт.

Основними завданнями календарного планування є:

- визначення тривалості будівництва об'єкта;
- раціональний розподіл трудових ресурсів;
- узгодження роботи будівельних бригад;
- забезпечення безперервного виконання робіт;
- скорочення простоїв машин і механізмів;
- контроль за дотриманням термінів будівництва.

Структура календарного графіка

Календарний графік включає основні етапи будівництва, які поділяються на окремі цикли та комплекси робіт.

Таблиця 3.4.6.1 – Цикли та комплекси робіт календарного графіка

№	Етап будівництва	Тривалість	Примітка
1	Підготовчі роботи	15 діб	Організація майданчика
2	Земляні роботи	20 діб	Розроблення котловану
3	Пальові та фундаментні роботи	35 діб	Улаштування фундаментів
4	Зведення монолітного каркаса	120 діб	Основний будівельний цикл
5	Покрівельні роботи	12 діб	Улаштування покрівлі
6	Монтаж інженерних мереж	45 діб	Сантехнічні та електромонтажні роботи
7	Опоряджувальні роботи	60 діб	Внутрішнє та зовнішнє оздоблення
8	Благоустрій території	10 діб	Фінальний етап

Основні цикли будівництва:

- підготовчий цикл;
- земляні роботи;
- підземний цикл;
- надземний цикл;
- опоряджувальний цикл;
- спеціальні та пусконаладжувальні роботи.

Підготовчий цикл включає очищення території, улаштування тимчасових доріг, монтаж огороження та підключення тимчасових інженерних мереж.

Підземний цикл передбачає розроблення котловану, влаштування пальового фундаменту та бетонування ростверків.

Надземний цикл включає зведення монолітного каркаса, монтаж сходових маршів, улаштування зовнішніх стін та перекриттів.

Опоряджувальні роботи виконуються після завершення монтажу інженерних мереж та включають штукатурні, малярні та облицювальні процеси.

Взаємозв'язок будівельних процесів

Під час розроблення календарного графіка враховуються технологічні залежності між окремими видами робіт:

- земляні роботи можуть розпочинатися після завершення підготовчого циклу;
- фундаментні роботи виконуються після розроблення котловану;
- зведення каркаса починається після завершення підземного циклу;
- оздоблювальні роботи виконуються після монтажу інженерних мереж.

Дотримання послідовності виконання робіт забезпечує безперервність будівельного процесу та скорочення тривалості будівництва.

Методи календарного планування

Для розроблення календарного графіка будівництва використовуються сучасні методи календарного планування: графіки Ганта; мережеві графіки;

метод критичного шляху; ресурсне планування.

Графіки Ганта дозволяють наочно відобразити тривалість та послідовність виконання робіт.

Метод критичного шляху використовується для визначення процесів, які впливають на загальну тривалість будівництва.

Контроль виконання календарного графіка

У процесі будівництва здійснюється постійний контроль за виконанням календарного графіка та фактичними строками виконання робіт:

- щоденний контроль виконання робіт;
- порівняння фактичних та планових показників;
- аналіз причин можливих відхилень;
- коригування графіка у разі необхідності.

У разі виникнення затримок передбачаються організаційні заходи щодо оптимізації будівельних процесів та прискорення виконання робіт.

Побудова календарного графіка

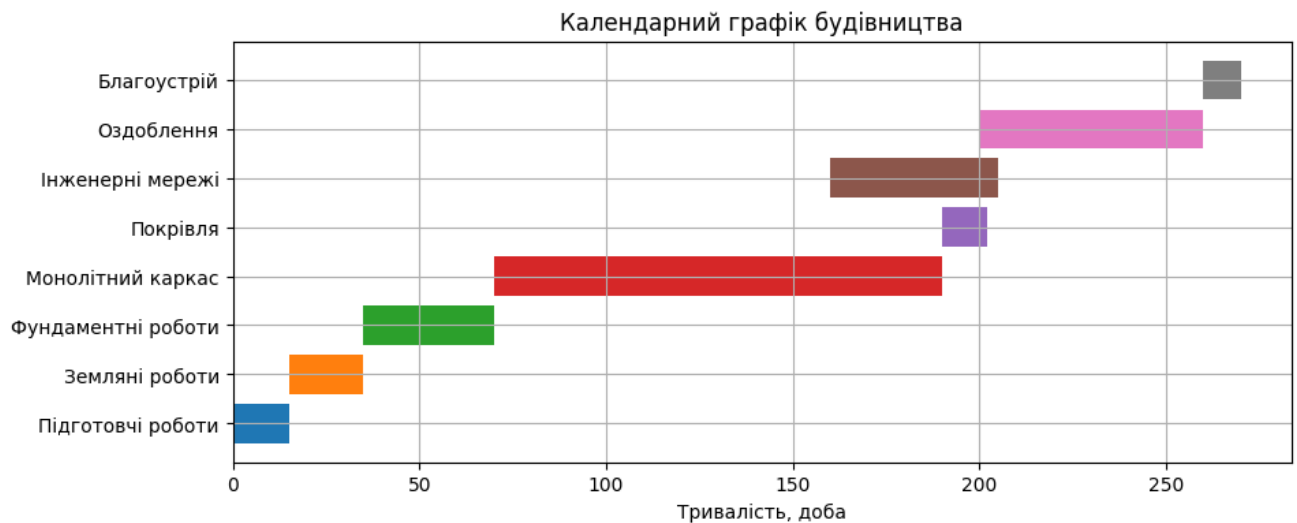


Рисунок 3.4.6.1 – Узагальнений календарний графік будівництва об'єкта

Таблиця 3.4.6.2 - Техніко-економічні показники календарного графіка

№	Показник	Одиниця	Значення
1	Загальна тривалість будівництва	доба	270
2	Кількість змін	змiна	2
3	Максимальна чисельність працюючих	осiб	26
4	Метод організації робiт	-	Потоковий
5	Кількість захваток	шт	2

У результаті розроблення календарного графіка визначено послідовність та тривалість виконання будівельно-монтажних робіт під час зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку.

Прийняті організаційно-технологічні рішення забезпечують ритмічне виконання робіт, раціональне використання ресурсів та дотримання нормативних строків будівництва.

3.4.7 Об'єктний будівельний генеральний план

Об'єктний будівельний генеральний план є основним організаційним документом, який визначає раціональне розміщення тимчасових будівель і споруд, будівельних машин, складських зон, тимчасових доріг та інженерних мереж на території будівельного майданчика.

Будівельний генеральний план розроблений для зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків з урахуванням умов щільної міської забудови та вимог нормативних документів щодо охорони праці, пожежної та санітарної безпеки.

Основні принципи розроблення будівельного генерального плану:

- раціональне використання території будівельного майданчика;
- забезпечення безпечного руху транспорту та пішоходів;

- мінімізація довжини внутрішньомайданчикових перевезень;
- компактне розміщення складів та тимчасових споруд;
- забезпечення безпечної роботи вантажопідіймальних механізмів;
- дотримання протипожежних та санітарних норм.

Під час розроблення генерального плану враховано існуючу забудову, під'їзні шляхи, розташування інженерних мереж та необхідність забезпечення безпечних умов для мешканців прилеглих будинків.

Організація будівельного майданчика

Будівельний майданчик огорожується суцільною інвентарною огорожею висотою не менше 2 м. На в'їзді до майданчика встановлюються інформаційні щити, схеми руху транспорту та знаки безпеки.

Для забезпечення безпечного руху автотранспорту передбачаються тимчасові автомобільні дороги з щебеним покриттям шириною 4,5 м.

Радіус заокруглення внутрішньомайданчикових доріг приймається не менше 12 м для безпечного маневрування вантажного транспорту.

Розміщення тимчасових будівель і споруд

Тимчасові будівлі та споруди розміщуються з урахуванням мінімізації внутрішньомайданчикових перевезень та забезпечення зручних умов праці.

Таблиця 3.4.7.1 – Перелік тимчасових споруд будмайданчика

№	Тимчасова споруда	Призначення	Площа, м ²
1	Побутові приміщення	Відпочинок працівників	48
2	Склад цементу	Зберігання матеріалів	36
3	Арматурний майданчик	Складування арматури	72
4	Майданчик опалубки	Складування щитів	64
5	Пункт охорони	Контроль доступу	12

Побутові приміщення розташовуються поблизу входу на будівельний майданчик поза небезпечною зоною роботи крана.

Організація складського господарства

Складські майданчики розміщуються у зоні дії баштового крана для забезпечення зручності подачі матеріалів у монтажну зону.

Складування матеріалів виконується відповідно до вимог охорони праці та технологічних умов їх зберігання:

- арматура складується на дерев'яних підкладках;
- цемент зберігається у закритих складах;
- опалубка розміщується у штабелях;
- легкозаймісті матеріали зберігаються окремо.

Тимчасові інженерні мережі

Для забезпечення функціонування будівельного майданчика передбачаються тимчасові мережі електропостачання, водопостачання та зовнішнього освітлення.

Підключення виконується до існуючих міських мереж з установленням приладів обліку.

$$P_{заг} = \sum P_i \cdot k$$

де P_i – потужність окремих споживачів; k – коефіцієнт одночасності роботи обладнання.

Розрахункова потужність тимчасового електропостачання становить 145 кВт.

Заходи з охорони праці та пожежної безпеки:

- небезпечні зони роботи крана повинні бути огорожені;
- будівельний майданчик обладнується пожежними щитами;
- тимчасові електромережі повинні бути заземлені;
- на майданчику встановлюються контейнери для відходів;
- проїзди для пожежної техніки повинні залишатися вільними.

Для санітарно-побутового обслуговування працівників передбачаються

гардеробні, душові, приміщення для обігріву та медичний пункт.

Таблиця 3.4.7.2 - Техніко-економічні показники об'єкта

Показник	Значення	Одиниця
Житлова площа будинку	4863,65	м ²
Загальна площа	7650,30	м ²
Тривалість будівництва	18	місяців
Загальні витрати праці	48385	люд.-змін
Кількість змін	2	зміна

У результаті розроблення об'єктного будівельного генерального плану визначено раціональне розміщення тимчасових споруд, складських зон, будівельних машин та інженерних мереж.

Прийняті рішення забезпечують безпечне та ефективне виконання будівельно-монтажних робіт, раціональне використання території будівельного майданчика та дотримання нормативних вимог охорони праці й пожежної безпеки.

3.5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

3.5.1 Основні завдання охорони праці під час зведення

багатоповерхового житлового будинку

Охорона праці в будівництві є однією з найважливіших складових організації будівельного виробництва та спрямована на створення безпечних і нешкідливих умов праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям під час виконання будівельно-монтажних робіт. Особливого значення питання охорони праці набувають під час зведення багатоповерхових каркасно-монолітних будівель, де значна частина робіт виконується на висоті із застосуванням вантажопідіймальних механізмів, електрифікованого інструменту та великої кількості будівельних машин.

Правовою основою охорони праці в Україні є Конституція України,

відповідно до статті 43 якої кожен працівник має право на належні, безпечні та здорові умови праці. Основні принципи державної політики у сфері охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці». Державна політика базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних умов праці, комплексного розв'язання питань охорони праці та соціального захисту працівників.

До основних завдань охорони праці у будівництві належать:

- забезпечення безпечної організації будівельного виробництва;
- попередження нещасних випадків і професійних захворювань;
- зниження рівня виробничих ризиків;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- створення безпечних санітарно-гігієнічних умов праці;
- контроль технічного стану будівельних машин, механізмів та обладнання;
- навчання працівників безпечним методам виконання робіт;
- забезпечення пожежної та електробезпеки на будівельному майданчику.

Об'єктом проектування є 12-поверховий каркасно-монолітний житловий будинок у місті Харків. Технологія зведення будівлі передбачає виконання значного обсягу монолітних, монтажних, арматурних, бетонних, фасадних та опоряджувальних робіт. Під час виконання зазначених процесів виникає ряд небезпечних та шкідливих виробничих факторів, до яких належать роботи на висоті, переміщення вантажів баштовим краном, можливість ураження електричним струмом, підвищений рівень шуму та запиленості, дія несприятливих метеорологічних умов, а також ризик падіння предметів із висоти.

Особливу небезпеку становлять роботи з монтажу опалубки, армування

та бетонування перекриттів, оскільки вони виконуються на значній висоті та потребують застосування вантажопідіймальних механізмів. Крім того, під час виконання фасадних робіт із улаштування теплоізоляції існує ризик падіння працівників із риштувань або травмування внаслідок порушення технології виконання робіт.

У зв'язку з цим основною метою розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» є розроблення комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці під час будівництва об'єкта. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- проаналізувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори;
- оцінити умови праці на будівельному майданчику;
- розробити заходи щодо запобігання виробничому травматизму;
- забезпечити вимоги електробезпеки та пожежної безпеки;
- визначити заходи безпеки під час роботи будівельних машин та механізмів;
- передбачити заходи захисту працівників у надзвичайних ситуаціях.

Розроблення та впровадження заходів з охорони праці має важливе соціальне та економічне значення. Забезпечення безпечних умов праці сприяє збереженню життя та здоров'я працівників, підвищенню продуктивності праці, зниженню кількості простоїв і аварійних ситуацій, а також скороченню витрат, пов'язаних із ліквідацією наслідків нещасних випадків. Раціональна організація охорони праці на будівельному майданчику забезпечує стабільне та безпечне виконання будівельно-монтажних робіт відповідно до вимог чинних нормативних документів України.

3.5.2 Аналіз умов праці під час зведення багатопверхового житлового будинку та виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків на працівників можуть впливати різноманітні

небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що пов'язані зі специфікою будівельного виробництва, застосуванням будівельних машин і механізмів, виконанням робіт на висоті, використанням електрообладнання та дією несприятливих метеорологічних умов.

Будівництво об'єкта виконується у двозмінному режимі роботи із застосуванням потокового методу організації будівництва. Роботи проводяться як під відкритим небом, так і всередині будівлі на різних етапах будівництва. Тривалість будівництва охоплює всі пори року, у зв'язку з чим працівники піддаються впливу сезонних температурних коливань, атмосферних опадів, вітрових навантажень та ожеледиці.

Максимальна висота виконання робіт під час зведення монолітного каркаса перевищує 40 м від рівня землі. Особливо небезпечними є процеси монтажу опалубки, армування, бетонування перекриттів, монтажу сходових маршів та фасадних робіт із улаштування теплоізоляції. Значна частина будівельно-монтажних процесів виконується із використанням баштового крана КБ-474, автобетононасоса, електрозварювального обладнання, ручного електроінструменту та засобів малої механізації.

На будівельному майданчику передбачаються тимчасові побутові приміщення, місця для відпочинку працівників, пункти забезпечення питною водою, санітарно-побутові приміщення, тимчасові електромережі та зовнішнє освітлення. Незважаючи на це, умови праці на будівництві залишаються потенційно небезпечними через велику кількість одночасно виконуваних процесів та використання важкої будівельної техніки.

На основі аналізу умов праці та відповідно до класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів визначено основні фактори, які можуть впливати на працівників під час будівництва об'єкта.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

До фізичних небезпечних факторів на будівельному майданчику належать:

- рухомі машини й механізми – баштовий кран КБ-474, автобетононасос,

- екскаватор, автосамоскиди, підйомники та компресори під час виконання земляних, монтажних і бетонних робіт;
- рухомі частини виробничого обладнання – механізми електроінструменту, вібраторів, зварювальних установок, приводів будівельних машин;
 - пересування матеріалів та конструкцій – переміщення арматурних каркасів, опалубки, бетонної суміші, плит теплоізоляції та інших будівельних матеріалів краном;
 - можливість руйнування конструкцій – у процесі монтажу опалубки, демонтажу тимчасових елементів та при порушенні технології бетонування;
 - підвищена запиленість повітря робочої зони – під час різання матеріалів, виконання штукатурних робіт, приготування сухих будівельних сумішей, шліфування поверхонь;
 - підвищена загазованість повітря – у зоні роботи автотранспорту та будівельної техніки з двигунами внутрішнього згорання;
 - підвищена або знижена температура повітря робочої зони – під час виконання робіт у літній та зимовий періоди під відкритим небом;
 - підвищений рівень шуму – при роботі компресорів, відбійних молотків, баштового крана, зварювального обладнання та електроінструменту;
 - підвищений рівень вібрації – під час роботи ручного механізованого інструменту та ущільнення бетонної суміші глибинними вібраторами;
 - підвищена напруга в електричному ланцюзі – при експлуатації тимчасових електромереж, електрифікованого інструменту та освітлення;
 - недостатня освітленість робочої зони – під час виконання робіт у темний час доби або у приміщеннях без достатнього природного освітлення;
 - гострі кромки та шорсткість поверхонь – арматурні стрижні, металеві

елементи опалубки, ріжучий інструмент;

- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі – при бетонуванні перекриттів, монтажі опалубки, фасадних та покрівельних роботах.

Особливу небезпеку становить можливість падіння працівників із висоти, а також падіння інструменту або матеріалів у зонах роботи баштового крана.

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час виконання будівельно-монтажних робіт можливий вплив наступних хімічних факторів:

- цементний пил та мінеральні частинки – під час приготування бетонних і штукатурних сумішей;
- лакофарбові матеріали та розчинники – при виконанні малярних робіт;
- зварювальні аерозолі та гази – під час електрозварювальних робіт;
- бітумні та полімерні матеріали – під час покрівельних і гідроізоляційних робіт;
- клеї та ґрунтовки – при улаштуванні теплоізоляції фасадів.

Шкідливі речовини можуть проникати в організм працівників через органи дихання, шкіру або травний тракт та викликати подразнення слизових оболонок, алергічні реакції та професійні захворювання.

Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

До біологічних факторів належать:

- мікроорганізми та грибки у вологих приміщеннях або місцях накопичення будівельних відходів;
- бактерії та мікроорганізми у санітарно-побутових приміщеннях за недостатнього дотримання санітарних вимог;
- рослини та пилок під час виконання робіт на відкритих територіях у теплий період року.

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час виконання будівельно-монтажних робіт працівники зазнають

значних фізичних та нервово-психічних навантажень:

- фізичні перевантаження при ручному переміщенні матеріалів, монтажі опалубки та арматурних каркасів;
- статичні навантаження при тривалому виконанні робіт у незручному положенні;
- нервово-психічні перевантаження при роботі на висоті та в умовах підвищеної небезпеки;
- емоційне напруження операторів будівельних машин та стропальників;
- монотонність окремих виробничих операцій.

Умови праці під час будівництва 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку характеризуються наявністю значної кількості небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Це потребує розроблення комплексу організаційних та технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань на всіх етапах будівництва.

3.5.3 Організація безпечних та нешкідливих умов праці під час будівництва багатоповерхового житлового будинку

На основі аналізу умов праці та небезпечних виробничих факторів, виконаного у попередньому підрозділі, а також відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», розроблено комплекс організаційних та інженерно-технічних рішень, спрямованих на забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків.

Основними завданнями організації охорони праці на будівельному майданчику є попередження виробничого травматизму, забезпечення безпечної експлуатації будівельних машин та механізмів, захист працівників від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів, створення нормативних санітарно-побутових умов, забезпечення електро- та пожежної

безпеки.

Будівельний майданчик повинен бути огорожений суцільною інвентарною огорожею висотою не менше 2 м відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009. Огорожа встановлюється по периметру майданчика на відстані не менше 1,5 м від зони можливого падіння предметів із висоти.

Для запобігання доступу сторонніх осіб на територію будівництва передбачено один основний в'їзд та окремий вихід для працівників. У темний час доби в'їзди та проходи повинні освітлюватися.

До постійно діючих небезпечних зон належать зона роботи баштового крана, місця виконання монтажних робіт, ділянки виконання фасадних робіт, зони переміщення будівельної техніки, місця складування конструкцій та матеріалів, а також електрощитові та тимчасові електромережі.

$$L_H = H/4 + 4$$

де H – висота будівлі, м.

$$L_H = 42/4 + 4 = 14,5 \text{ м}$$

Для забезпечення безпечного руху транспорту на будівельному майданчику приймається кільцева схема руху автомобілів. Тимчасові дороги виконуються зі щебеневим покриттям шириною не менше 4,5 м.

На будівельному майданчику передбачаються гардеробні, душові, приміщення для відпочинку та обігріву, санітарні вузли, пункт прийому їжі та медичний пункт.

Для виконання робіт у другу зміну передбачається штучне освітлення будівельного майданчика, робочих зон та проходів.

$$N = (E \cdot S \cdot k) / (F \cdot \eta)$$

де E – нормативна освітленість; S – площа освітлення; k – коефіцієнт запасу; F – світловий потік лампи; η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом усі тимчасові електромережі виконуються ізольованими кабелями з підвішуванням на безпечній висоті. $R \leq 4 \text{ Ом}$.

Для захисту споруджуваного об'єкта від блискавки передбачається тимчасова система блискавкозахисту із встановленням блискавкоприймачів та заземлювальних пристроїв.

Під час виконання робіт на висоті працівники повинні використовувати запобіжні пояси, захисні каски, спеціальне взуття та страхувальні канати.

Розроблені організаційні та інженерно-технічні рішення забезпечують створення безпечних і нешкідливих умов праці під час будівництва 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку.

3.5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

3.5.4.1 Основні положення безпеки в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях є важливою складовою системи охорони праці під час будівництва багатоповерхових житлових будинків. Особливого значення питання цивільного захисту набувають у сучасних умовах, коли будівельні об'єкти можуть зазнавати впливу техногенних, природних, соціальних та воєнних факторів небезпеки.

Організація безпеки в надзвичайних ситуаціях здійснюється відповідно до вимог:

- Кодексу цивільного захисту України;
- ДСТУ 3891:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять»;
- Національного класифікатора ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій»;
- постанови Кабінету Міністрів України №368 від 24.03.2004 р. «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями»;
- ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- Правил пожежної безпеки в Україні.

Відповідно до ДСТУ 3891:2013 надзвичайна ситуація – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті,

спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, пожежею, епідемією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела або може призвести до загибелі людей чи значних матеріальних втрат.

Безпека в надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, територій, об'єктів господарювання та навколишнього природного середовища від наслідків надзвичайних ситуацій.

Джерело надзвичайної ситуації – це небезпечне природне явище, аварія, техногенний процес або інша подія, що може призвести до виникнення надзвичайної ситуації.

Уражальний чинник надзвичайної ситуації – це складова небезпечного явища або процесу, вплив якої на людей, споруди чи навколишнє середовище призводить до негативних наслідків.

Уражальна дія надзвичайної ситуації – це безпосередній або опосередкований вплив уражальних чинників на людей, будівлі, споруди та обладнання.

- Відповідно до Національного класифікатора ДК 019:2010 надзвичайні ситуації класифікуються за походженням:
- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру;
- воєнного характеру.

За рівнями надзвичайні ситуації поділяються на:

- державного рівня;
- регіонального рівня;
- місцевого рівня;
- об'єктового рівня.

3.5.4.2 Аналіз стану забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях на об'єкті будівництва

Об'єктом проектування є 12-поверховий каркасно-монолітний житловий будинок у місті Харків. Будівництво виконується у щільній міській забудові із застосуванням баштового крана, вантажопідіймальних механізмів, тимчасових електромереж та великої кількості будівельних матеріалів.

До найбільш імовірних надзвичайних ситуацій на будівельному майданчику належать:

- пожежі та загоряння;
- аварії електрообладнання;
- падіння конструкцій або вантажів;
- аварії вантажопідіймальних механізмів;
- руйнування тимчасових конструкцій;
- ураження працівників електричним струмом;
- вибухи газових балонів при виконанні зварювальних робіт;
- надзвичайні ситуації воєнного характеру.

Основними джерелами небезпеки на будівельному майданчику є:

- тимчасові електромережі;
- зварювальне обладнання;
- легкозаймисті та горючі матеріали;
- вантажопідіймальні механізми;
- паливно-мастильні матеріали;
- балони зі стисненими газами.

Для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях на об'єкті передбачаються:

- розроблення плану евакуації працівників;
- проведення інструктажів із цивільного захисту;
- організація системи оповіщення;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;

- створення запасу первинних засобів пожежогасіння;
- забезпечення вільного доступу пожежної техніки до об'єкта.

На будівельному майданчику визначаються евакуаційні проходи та місця збору працівників у разі виникнення надзвичайної ситуації. Усі працівники повинні пройти вступний та первинний інструктажі щодо дій у надзвичайних ситуаціях.

3.5.4.3 Вимоги пожежної безпеки на будівельному майданчику

Пожежна безпека будівельного майданчика забезпечується відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 та Правил пожежної безпеки в Україні.

Будівля, що проектується, належить до II ступеня вогнестійкості, оскільки основні несучі конструкції виконуються із монолітного залізобетону. Межі вогнестійкості конструкцій приймаються відповідно до нормативних вимог.

Під час організації будівельного майданчика забезпечуються нормативні протипожежні розриви між тимчасовими спорудами, складами матеріалів та споруджуваним об'єктом. Тимчасові побутові приміщення та склади розташовуються з урахуванням «рози вітрів» і безпечних відстаней.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачаються:

- протипожежне водопостачання;
- пожежні гідранти;
- пожежні щити;
- вогнегасники;
- засоби зв'язку для виклику пожежно-рятувальних підрозділів.

Відстань між пожежними гідрантами приймається не більше 100 м. До гідрантів забезпечується вільний доступ пожежної техніки.

На будівельному майданчику влаштовуються тимчасові дороги шириною не менше 4,5 м із можливістю розвороту пожежних автомобілів. Тупикові під'їзди не допускаються.

Для виконання вогненебезпечних робіт передбачаються спеціально обладнані майданчики. Зварювальні роботи дозволяється виконувати лише за

наявності:

- справного обладнання;
- вогнегасників;
- захисних екранів;
- наряду-допуску на виконання робіт.

Балони зі стисненими газами повинні зберігатися у спеціальних металевих шафах на відстані не менше 10 м від джерел відкритого вогню.

Для куріння на території будівельного майданчика обладнуються спеціально відведені місця із металевими урнами та знаками безпеки.

Будівельний майданчик забезпечується первинними засобами пожежогасіння:

- порошковими вогнегасниками;
- пожежними щитами;
- ящиками з піском;
- пожежними рукавами;
- лопатами та баграми.

Первинні засоби пожежогасіння розміщуються біля:

- складів горючих матеріалів;
- електрощитових;
- побутових приміщень;
- місць проведення зварювальних робіт.

Для забезпечення оперативного реагування на можливі пожежі серед працівників формується добровільна пожежна дружина. До її складу входять працівники, які пройшли відповідне навчання та інструктажі з пожежної безпеки.

У разі виникнення пожежі працівники повинні:

- повідомити пожежно-рятувальну службу;
- організувати евакуацію людей;
- відключити електропостачання;

- застосувати первинні засоби пожежогасіння;
- діяти відповідно до плану ліквідації аварійної ситуації.

Розроблені організаційні та інженерно-технічні заходи забезпечують необхідний рівень безпеки в надзвичайних ситуаціях та пожежної безпеки під час будівництва 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків.

3.5.5 Визначення межі небезпечної зони під час монтажу будівлі баштовим краном

Під час виконання монтажних та вантажопідіймальних робіт на будівельному майданчику виникає небезпечна зона, у межах якої існує ризик падіння вантажів, конструкцій або елементів такелажного обладнання. Визначення меж небезпечної зони необхідне для забезпечення безпечних умов праці та правильної організації будівельного майданчика.

Для зведення 12-поверхового каркасно-монолітного житлового будинку у місті Харків приймається баштовий кран КБ-474 із максимальною вантажопідйомністю 8 т, максимальною висотою підйому гака 68 м та максимальним вильотом стріли 35 м.

Монтаж будівельних конструкцій виконується із застосуванням чотиригілкового канатного стропа. Довжина гілки стропа приймається 4 м, а кут між вертикаллю та гілкою стропа становить 45°.

Найбільш небезпечним монтажним елементом є арматурно-опалубний блок масою 5 т. Максимальна висота підйому вантажу при монтажі становить 42 м від рівня землі.

$$L_n = L_{\text{стр}} + l_v$$

де L_n – межа небезпечної зони, м; $L_{\text{стр}}$ – максимальний виліт стріли крана, м; l_v – можливий додатковий відліт вантажу при падінні, м.

$$l_v = 0,3 \cdot H$$

де H – висота підйому вантажу, м.

$$l_v = 0,3 \cdot 42 = 12,6 \text{ м}$$

$$L_H = 35 + 12,6 = 47,6 \text{ м}$$

Отже, межа небезпечної зони під час роботи баштового крана КБ-474 становить 47,6 м від осі обертання крана.

Відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 небезпечна зона повинна бути огорожена сигнальними огороженнями, позначена попереджувальними знаками безпеки та освітлена у темний час доби.

У межах небезпечної зони забороняється розташування побутових приміщень, складування матеріалів та перебування працівників, не пов'язаних із виконанням монтажних робіт.

Для безпечного виконання монтажних робіт передбачаються використання справних вантажозахоплювальних пристроїв, щозмінний огляд стропів, перевірка справності обмежувачів вантажопідйомності та забезпечення радіозв'язку між машиністом крана і стропальником.

У результаті виконаного розрахунку встановлено, що межа небезпечної зони під час монтажу будівлі баштовим краном КБ-474 становить 47,6 м. Отримане значення відповідає вимогам нормативних документів та повинно враховуватись при розробленні будівельного генерального плану.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Удосконалення організаційно-технологічних рішень зведення каркасно-монолітного 12-поверхового житлового будинку у Харкові» виконано комплексне дослідження сучасних підходів до підвищення ефективності будівництва та енергоефективності житлових будівель.

У процесі виконання роботи проаналізовано сучасні інноваційні технології та системні підходи до формування енергоефективних будівель. Встановлено, що підвищення енергоефективності можливе лише за умови комплексного поєднання сучасних теплоізоляційних матеріалів, ефективних інженерних систем, автоматизованого управління та раціональних конструктивних рішень. Визначено перспективність застосування систем

зовнішньої теплоізоляції на основі мінераловатних плит у поєднанні з піносілікатними блоками.

У дослідницькій частині роботи виконано аналіз технологічних особливостей зведення житлових будівель із піносілікатних блоків зі скріпленою теплоізоляцією з мінераловатних плит. Розглянуто фізико-механічні та теплотехнічні характеристики матеріалів огорожувальних конструкцій, визначено їх переваги та обмеження в умовах сучасного житлового будівництва.

Проведено теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної конструкції, у результаті якого встановлено, що сумарний опір теплопередачі стіни становить $4,94 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що відповідає сучасним нормативним вимогам до енергоефективності житлових будівель. Доведено, що застосування мінераловатної теплоізоляції забезпечує ефективне зниження тепловтрат та підвищення енергетичної ефективності будівлі.

У роботі детально розглянуто технологію виконання кладки піносілікатних блоків та монтажу системи зовнішньої теплоізоляції. Визначено основні технологічні етапи виконання робіт, особливості армування кладки, улаштування вузлів примикання та заходи щодо запобігання утворенню містків холоду.

Виконано порівняльний аналіз традиційного та удосконаленого варіантів улаштування теплоізоляції фасадів. Встановлено, що удосконалений варіант дозволяє:

- підвищити сумарний опір теплопередачі на 17,6 %;
- зменшити тепловтрати у критичних вузлах до 20 %;
- знизити ймовірність виникнення тріщин декоративного шару приблизно на 60 %;
- мінімізувати ризик відшарування теплоізоляційного шару;
- підвищити довговічність та експлуатаційну надійність фасадної системи.

У результаті проведених досліджень встановлено, що впровадження організаційно-технологічних удосконалень дозволяє скоротити трудомісткість виконання робіт на 15–20 %, підвищити якість монтажу та оптимізувати послідовність виконання будівельних процесів.

У розрахунково-конструктивній частині виконано проектування основних конструктивних елементів будівлі, зокрема монолітної колони та сходового маршу, із врахуванням вимог чинних нормативних документів та забезпеченням необхідної міцності, жорсткості та стійкості конструкцій.

У технологічно-організаційній частині розроблено рішення щодо організації будівництва, технології виконання основних будівельно-монтажних робіт, календарного планування, вибору комплексу будівельних машин та розроблення будівельного генерального плану. Запропоновані рішення забезпечують раціональне використання ресурсів, безпечну організацію праці та дотримання нормативних строків будівництва.

У розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розроблено комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці, пожежної безпеки та захисту працівників у надзвичайних ситуаціях.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих організаційно-технологічних рішень під час проектування та будівництва сучасних енергоефективних житлових будівель. Реалізація запропонованих удосконалень сприяє підвищенню енергоефективності, довговічності та надійності фасадних систем, а також оптимізації будівельного процесу.

Отримані результати підтверджують ефективність застосування удосконалених технологічних рішень для сучасного каркасно-монолітного житлового будівництва та можуть бути використані у практиці проектування й зведення енергоефективних багатоповерхових будівель.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Директива європейського парламенту і ради 2010/31/ЄС від 19 травня 2010 року про енергетичні характеристики будівель (нова редакція) [електронний ресурс] Режим посилання: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text
2. Як підвищити енергоефективність багатопверхівок [електронний ресурс] Режим доступу: <http://osbb.jkg-ortal.com.ua/ua/publication/one/jak-pdvishhiti-jenergojefektivnst-bagatopoverkhvok-39462>
3. ДБН В.1.2 – 7 – 2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека [Текст].- К., Мінрегіонбуд України. 2008. – 53с.
4. ДБН В.1.1-7-2016. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 63 с
5. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель: [Текст] / Мінрегіонбуд України.– К. : Укарбудінформ, 2017. – 30с.
6. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Текст] . – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. –23 с.
7. Якісна Теплоізоляція. Принципи інтегрованого термічного захисту [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://passivehouse-igua.com/passivehouse/passive-house-integrated-thermal-protection/>
8. Утеплення фасадів: робимо роботу над помилками [електронний ресурс] Режим доступу: <https://pp-budpostach.com.ua/ua/a174126-uteplenie-fasadov-delaem.html>
10. Який вид утеплення максимально ефективний [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://teplodim.info/uk/useful-articles/kakoi-vid-uteplenijamaksimalno-effektiven>. Дата публікації: 02.08.2017
11. Мокрий або вентиляований фасад: що і коли обрати ? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://blog.mehbud.com.ua/uk/facade/mokrij-aboventilovani-j-fasad-shho-i-koli-obrati/>. – Дата публікації: 12.07.2018
12. Вентиляований фасад – це: характеристики, властивості, види і схеми

- пристрою [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dovidkam.com/remont/vodoprovod/ventilovaniy-fasad-ce-karakteristikivlastivosti-vidi-i-sxemi-pristroyu.html>. Дата публікації: 05.07.2017
13. Вентильований фасад – що це таке ? Навісний з керамограніту та інших матеріалів, технологія монтажу та пристрій [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dovidkam.com/remont/ventilovaniy-fasad-shho-ce-take-navisnij-zkeramogranitu-ta-inshix-materialiv-texnologiya-montazhu-ta-pristriy.html>. Дата публікації: 01.02.2017
14. Фасади багатопверхових будинків: особливості обробки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://poradu24.com/remontu/fasadi-bagatopoverxovixbudinkiv-osoblivosti-obrobki.html>. - Дата публікації: 22.09.2016
15. Новітня технологія утеплення будівель – мокрий фасад [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://stroim-domsami.com/novitnya-tehnologiyauteplyennya-budivel-mokrij-fasad.html>. Дата публікації: 06.06.2018
16. Мокрий фасад – технологія монтажу і ціна за метр, плюси і мінуси пристрої [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dovidkam.com/remont/mokrij-fasad-texnologiya-montazhu-i-cina-zametrplyusi-i-minusi-pristro%D1%97.html>. Дата публікації: 01.02.2017
17. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадні теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 11 с.
18. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будівлі. Основні положення. – К.: Мінбуд України, 2019.
19. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі зміною № 1 – К.: Мінрегіонбуд України, 2020.
20. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006.

21. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінбуд України, 2009.
22. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України / Мінрегіонбуд України, 2014. –59 с.
23. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2017.
24. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016.
25. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві – К.: Мінрегіонбуд України, 2012.
26. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014
27. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.– К.: Мінрегіонбуд України, 2012.
28. ДСТУ Б А .3.2-15:2011. Норми освітлення будівельних майданчиків. – К.: Мінрегіон, України, 2012.
29. Lechner, N. Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. — 4th ed. — Hoboken, NJ: Wiley, 2015. — 720 p.
30. Feist, W. Passive House: Fundamentals of Energy Efficient Building. — Darmstadt: Passivhaus Institut, 2006. — 89 p.
31. Clarke, J. Energy Simulation in Building Design. — 2nd ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001. — 384 p.
32. Sayigh, H. A. M. (Ed.). Sustainable Building for a Cleaner Environment. — Springer, 2019. — 456 p.
33. Szokolay, S. V. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. — 4th ed. — London: Routledge, 2014. — 384 p.
34. Sovacool, B. K. Energy and Ethics: Justice and the Global Energy Challenge. — London: Palgrave Macmillan, 2013. — 288 p.
35. Sillmann, J., Schmidt, M., Stolten, D. (Eds.). Energy Transition: Financing and Policy Frameworks for Sustainable Buildings. — Springer, 2021. — 328 p.
36. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2022: Analysis and

Outlooks to 2030. — Paris: IEA Publications, 2022. — 180 p.

37. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Framework Guidelines for Energy Efficiency Standards in Buildings. — Geneva: United Nations, 2017. — 42 p.