

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
ГОТЕЛЬ у м. ОДЕСА**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІм-21
БОРИС Павло Михайлович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
САМЧУК Володимир Петрович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

БОРИСУ Павлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Готель у м. Одеса

Керівник роботи Володимир САМЧУК, к.т.н., доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи район будівництва, ситуаційна схема ділянки, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, схеми планів, фасадів та розрізів будівлі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення); техніко-економічні показники проекту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проектування таких несучих конструкцій будівлі: монолітної залізобетонної фундаментної плити, монолітної залізобетонної плити перекриття, монолітних залізобетонних колон

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проектування бюджетплану об'єкта, розробка технологічної карти на влаштування монолітного з/б перекриття

Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи. Заходи з охорони праці.

Наукова частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проєкту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі.

Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проєкту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2.

Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проєкту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта.

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Архітектурно-будівельна частина | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 14.10.2025 |
| 2. Розрахунково-конструктивна частина | РОТКО С.В., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 25.10.2025 |
| 3. Технологія та організація будівництва | ЧАПЮК О.С., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 25.10.2025 |
| 4. Економічна частина | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 29.11.2025 |
| 5. Охорона праці | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 29.11.2025 |
| 6. Наукова частина | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент | 05.02.2025 | 29.11.2025 |

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання архітектурно-будівельної частини | 14.10.2025 | |
| 2 | Виконання розрахунково-конструктивного розділу. Виконання розділу з технології та організації будівництва | 25.10.2025 | |
| 3 | Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці. Виконання наукової частини | 29.11.2025 | |
| 4 | Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату | 04.12.2025 | |
| 5 | Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію | 12.12.2025 | |
| 6 | Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії | 12.12.2025 | |
| 7 | Захист кваліфікаційної роботи | 18.12.2025, 20.12.2025 | |

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Павло БОРИС _____

(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Володимир САМЧУК _____

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Борис П. М. Готель у м. Одеса. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, шести розділів, висновків і пропозицій, переліку джерел посилання, додатків.

У роботі досліджено об'ємно-планувальне та архітектурно-конструктивне рішення громадської будівлі; розраховано монолітну залізобетонну фундаментну плиту, плиту перекриття, монолітні залізобетонні колони; розроблено технологічну карту на влаштування монолітного залізобетонного перекриття сьомого поверху; розраховано локальний кошторис на загальнобудівельні роботи; розроблено науковий розділ проекту у якому проведено дослідження, присвячене оптимізації вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі на основі числового аналізу енергоефективності будівлі готелю.

Ключові слова: об'ємно-планувальне рішення, розрахунок будівельних конструкцій, технологія та організація будівництва, проектно-кошторисна документація.

SUMMARY

Borys P. M. Hotel in the City of Odesa. Manuscript.

Master's Qualification Thesis of the Educational Program "Construction and Civil Engineering," Specialty 192 – Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's qualification thesis consists of an introduction, six chapters, conclusions and recommendations, a list of references, and appendices.

The thesis investigates the spatial-planning and architectural-structural solutions of a public building; calculates the monolithic reinforced concrete foundation slab, the floor slab, and the monolithic reinforced concrete columns; develops a technological chart for constructing the monolithic reinforced concrete floor slab of the seventh floor; prepares a local estimate for general construction work; and elaborates the scientific section of the project, which includes research dedicated to optimizing the choice of materials for insulating a flat roof based on numerical analysis of the hotel's building energy efficiency.

Keywords: spatial-planning solution, structural calculations, construction technology and organization, design and cost documentation.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| Вступ | 7 |
| Вихідні дані магістерської роботи | 9 |
| Умови району будівництва..... | 9 |
| 1 Архітектурно-будівельна частина..... | 11 |
| 1.1 Об'ємно-планувальне рішення..... | 11 |
| 1.2 Архітектурно-конструктивне рішення..... | 14 |
| 1.3 Інженерні мережі..... | 16 |
| 1.4 Будівельна фізика..... | 17 |
| 1.5 Техніко-економічні показники | 19 |
| 2 Розрахунково-конструктивна частина..... | 21 |
| 2.1 Обґрунтування вибору конструкцій..... | 21 |
| 2.2 Проектування громадської будівлі у ПК МОНОМАХ-САПР | 22 |
| 2.3 Розрахунок і конструювання монолітної фундаментної плити..... | 27 |
| 2.4 Розрахунок і конструювання монолітної плити перекриття..... | 28 |
| 2.5 Розрахунок і конструювання монолітних колон | 30 |
| 3 Технологія та організація будівництва | 31 |
| 3.1 Визначення номенклатури та об'ємів робіт..... | 31 |
| 3.2 Підбір монтажного крана..... | 35 |
| 3.3 Розробка технологічної карти на влаштування монолітного залізобетонного перекриття..... | 36 |
| 3.4 Складання календарного плану виконання робіт | 36 |
| 3.5 Проектування будгетплану об'єкта | 38 |
| 4 Економіка будівництва..... | 43 |
| 4.1 Пояснювальна записка до економічної частини проекту..... | 43 |
| 4.2 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи..... | 43 |
| 5 Охорона праці | 44 |
| 6 Експериментальна оптимізація вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі на основі числового аналізу енергоефективності будівлі..... | 47 |
| 6.1 Актуальність теми дослідження | 47 |
| 6.2 Аналіз літературних джерел за темою дослідження | 48 |
| 6.3 Методи дослідження | 51 |
| 6.4 Результати дослідження..... | 54 |
| 6.5 Висновки..... | 64 |
| Висновки..... | 66 |
| Перелік джерел посилання | 68 |

ВСТУП

Проектування готелю у м. Одеса є актуальною темою, оскільки це місто є одним із найбільших туристичних центрів України. Щороку Одесу відвідує велика кількість туристів з різних куточків світу, що зумовлює постійно зростаючий попит на якісне готельне обслуговування. Розробка сучасного готелю, який відповідає вимогам комфорту, енергоефективності та екологічності, дозволить підвищити туристичну привабливість міста, а також створити нові робочі місця і сприяти розвитку місцевої економіки.

Метою даної роботи є розробка проекту 8-ми поверхового готелю в м. Одеса, який би відповідав сучасним архітектурним, конструктивним, технологічним і економічним вимогам, а також забезпечував високий рівень безпеки та комфорту для відвідувачів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- розробити архітектурно-будівельну частину проекту, враховуючи об'ємно-планувальні рішення та особливості стилістики міської забудови;
- виконати розрахунково-конструктивну частину, зосереджуючись на виборі матеріалів і конструкцій, які забезпечують міцність та довговічність будівлі;
- розробити технологію та організацію будівництва, оптимізувавши процеси для забезпечення якісного виконання робіт у визначені терміни;
- провести економічний аналіз проекту, визначивши вартість будівництва;
- запропонувати інноваційні підходи в науковому розділі для покращення енергоефективності будівлі та оптимізації експлуатаційних характеристик.

Об'єктом дослідження є 9-ти поверховий готель, який проектується в умовах щільної міської забудови міста Одеса.

Предметом дослідження є архітектурно-будівельні, конструктивні, технологічні, економічні та інноваційні рішення, які застосовуються при проектуванні сучасних готелів.

Практичне значення результатів дослідження полягає в тому, що розроблений проект може бути використаний як основа для реального будівництва, а також слугувати прикладом для створення подібних об'єктів у міській забудові. Запропоновані рішення можуть бути адаптовані для проектування інших готельних комплексів із врахуванням місцевих особливостей.

Ключовими особливостями цієї роботи є інтеграція сучасних принципів сталого розвитку, застосування BIM-технологій для створення інформаційної моделі будівлі, а також розробка енергоефективних рішень, які зменшують витрати на експлуатацію готелю.

Результати представлені на X Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Інновації у будівництві», яка проходила 15 травня 2025 року. Автор має публікацію у цій галузі, що підтверджує його кваліфікацію та здатність до наукової діяльності у даному напрямі [1].

ВИХІДНІ ДАНІ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Умови району будівництва

Ділянка будівництва розташована у південному районі міста Одеси, визначеному генеральним планом міста. Територія характеризується сприятливим оточенням, зокрема наявністю парків та зон відпочинку, що підвищує рекреаційну привабливість місцевості. В районі будівництва відсутні шумні виробництва та магістралі, що забезпечує комфортні умови для відвідувачів готелю.

На відведеній території передбачається розміщення:

- будівлі готелю;
- пішохідних доріжок із бетонних плиток;
- відкритої автомобільної стоянки;
- дитячого майданчика;
- клумб із декоративними квітами;
- фонтану як центрального елемента благоустрою.

Перед головним входом у готель організована простора пішохідна площа, яка створює зручний та естетичний підхід до будівлі.

Будівля готелю належить до громадських будівель і призначена для короткочасного проживання гостей та обслуговування їхніх побутових, культурних і рекреаційних потреб. Готель буде оснащено всіма необхідними інженерними комунікаціями: системами водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції та іншими мережами, які забезпечать комфортне перебування гостей.

Головними функціональними групами приміщень є: приймально-вестибюльна група, що включає рецепцію, залу очікування та гардероб; житлова група, розташована з другого по восьмий поверхи, що складається зі спальних номерів; приміщення адміністрації, які забезпечують управління будівлею та обслуговування гостей; службові, підсобні та господарські приміщення, необхідні для зберігання інвентарю, обслуговування номерів та виконання

господарських потреб.

На першому поверсі в центральній частині розміщується зала відпочинку та бар, які служать зонами для дозвілля гостей.

Кліматичні умови м. Одеса

Одеса характеризується помірно-континентальним кліматом із м'якою зимою та спекотним літом [2].

Середньорічна температура повітря становить $+10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня температура січня – найхолоднішого місяця – дорівнює $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня температура липня – найтеплішого місяця – становить $+23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Річна кількість опадів становить близько 450 мм, найбільша кількість випадає в червні, а найменша – у жовтні.

Переважаючими вітрами є північно-західні, із середньою швидкістю 4–5 м/с.

Рельєф ділянки характеризується перепадом висоти в межах 0,8 м. Абсолютні відмітки поверхні землі змінюються від 186,5 до 179,8 м із ухилом на південний захід, що враховується при проектуванні дренажних і зливових систем. Для організації стоку зливових і талих вод передбачено ухили поверхні до приймальних колодязів, з подальшим скиданням у міську зливову каналізацію.

За відносний 0,000 проектованої будівлі прийнята абсолютна відмітка – 172,75 м (Балтійська система висот).

Проектування передбачає збереження природного ухилу території для раціональної організації благоустрою, а також використання енергоефективних рішень, які забезпечать комфортну експлуатацію будівлі в умовах кліматичних особливостей Одеси.

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Проектований готель має складну, архітектурно виразну форму, яка гармонійно вписується в контекст міської забудови м. Одеса. Будівля є 8-поверховою і включає підвальне приміщення, яке використовується для технічних і службових потреб [3]. Загальна висота будівлі формується за рахунок висоти поверхів: перший поверх має висоту 3,6 м, з другого по восьмий поверхи – 3,3 м кожен, а підвальне приміщення – 3,3 м.

Основний функціональний склад будівлі передбачає розташування гостьових номерів і допоміжних приміщень. Поверхи з другого по восьмий включають спальні номери для гостей, а також службові приміщення для обслуговуючого персоналу. Над восьмим поверхом передбачено експлуатовану терасу, яка може бути використана як зона відпочинку для гостей з видом на міські пейзажі.

Для забезпечення вертикального зв'язку між поверхами передбачено дві окремі сходові клітки та два ліфти. Вхідні блоки спроектовані з урахуванням умов екстреної евакуації: передбачено три евакуаційні виходи, розташовані таким чином, щоб забезпечити швидке і безпечне залишення будівлі. Усі дверні полотна евакуаційних виходів відкриваються назовні, згідно з напрямком руху людей під час евакуації.

Система пожежної безпеки готелю включає пожежно-охоронну сигналізацію, розміщену в усіх приміщеннях, а також вогнегасники, які знаходяться в службових приміщеннях кожного поверху. Уздовж сходових кліток передбачаються пожежні гідранти, які забезпечують доступ до води в разі надзвичайної ситуації.

Гостьові номери сплановані таким чином, щоб забезпечити максимальний комфорт для відвідувачів. У будівлі передбачено:

- 2 апартаменти на 2 особи;

- 4 номери класу "люкс" на 2 особи;
- 18 одномісних номерів першої категорії;
- 48 двомісних номерів першої категорії.

Максимальна місткість готелю становить 126 гостей.

Для забезпечення належної експлуатації будівлі та комфорту обслуговуючого персоналу на кожному поверсі передбачено приміщення для відпочинку, харчування персоналу, зберігання інвентарю, миючих та дезінфікуючих засобів. Крім того, гостям надається доступ до додаткових послуг: інтернет, доставка їжі тощо.

Приміщення готелю мають відповідне природне та штучне освітлення, яке відповідає нормам. Кожне приміщення має зручний доступ через окремі входи, що полегшує навігацію гостей та персоналу [4, 5].

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень

| № прим. | Найменування | Площа, м ² | Кат. прим. |
|---------------|---------------------------|-----------------------|------------|
| Перший поверх | | | |
| 1 | Приміщення охорони | 7,78 | |
| 2 | Гардероб | 7,78 | |
| 3 | Камера схову | 13,48 | |
| 4 | Чоловічий санвузол | 6,59 | |
| 5 | Вестибюль | 127,46 | |
| 6 | Бюро прийому і реєстрації | 7,57 | |
| 7 | Медичний пункт | 6,68 | |
| 8 | Адміністрація | 24,09 | |
| 9 | Кабінет директора | 22,29 | |
| 10 | Службовий санвузол | 3,01 | |
| 11 | Тамбур | 3,01 | |
| 12 | Приміщення персоналу | 11,38 | |
| 13 | Приміщення для інвентарю | 10,29 | |
| 14 | Тамбур | 5,28 | |
| 15 | Коридор | 12,09 | |
| 16 | Сходова клітка | 15,38 | |
| 17 | Жіночий санвузол | 6,59 | |
| 18 | Ліфтові шахти | 9,09 | |
| 19 | Бар | 11,37 | |
| 20 | Ресторан | 146,58 | |
| 21 | Сервіровка | 14,65 | |
| 22 | Кімната персоналу | 36,77 | |
| 23 | Кухня | 59,38 | |
| 24 | Службовий санвузол | 3,02 | |
| Другий поверх | | | |

| | | | |
|-------------------|----------------------|-------|--|
| 25 | Номер 1 | 19,17 | |
| 26 | Санвузол | 3,02 | |
| 27 | Номер 2 | 13,88 | |
| 28 | Номер 3 | 12,58 | |
| 29 | Коридор | 12,09 | |
| 30 | Сходовий марш | 15,38 | |
| 31 | Номер 4 | 32,46 | |
| 32 | Санвузол | 3,48 | |
| 33 | Санвузол | 3,38 | |
| 34 | Номер 5 | 32,48 | |
| 35 | Номер 6 | 32,49 | |
| 36 | Хол | 94,88 | |
| 37 | Ліфтові шахти | 8,56 | |
| 38 | Номер 7 | 20,17 | |
| 39 | Номер 8 | 22,28 | |
| 40 | Номер 9 | 26,88 | |
| 41 | Коридор | 17,39 | |
| 42 | Номер 10 | 32,48 | |
| 43 | Номер 11 | 36,76 | |
| 44 | Номер 12 | 36,76 | |
| 45 | Приміщення персоналу | 12,56 | |
| 46 | Номер 13 | 13,88 | |
| 47 | Номер 14 | 19,17 | |
| 48 | Спальня | 19,17 | |
| 49 | Санвузол | 3,03 | |
| 50 | Вітальня | 17,18 | |
| 51 | Санвузол | 3,03 | |
| 52 | Міні кухня | 12,58 | |
| 53 | Коридор | 11,77 | |
| 54 | Сходовий марш | 15,36 | |
| 55 | Спальня | 32,46 | |
| 56 | Санвузол | 3,46 | |
| 57 | Санвузол | 3,38 | |
| 58 | Вітальня | 32,48 | |
| 59 | Вітальня | 32,48 | |
| 60 | Спальня | 32,48 | |
| 61 | Хол | 94,89 | |
| 62 | Ліфтові шахти | 8,57 | |
| 63 | Кімната персоналу | 33,08 | |
| 64 | Міні кухня | 25,78 | |
| 65 | Вітальня | 32,46 | |
| 66 | Спальня | 26,89 | |
| 67 | Коридор | 17,37 | |
| 68 | Кімната відпочинку | 33,08 | |
| 69 | Міні кухня | 12,58 | |
| 70 | Коридор | 11,78 | |
| 71 | Вітальня | 17,28 | |
| 72 | Спальня | 19,17 | |
| 73 | Тамбур | 2,68 | |
| Підвальний поверх | | | |

| | | | |
|----|--------------------------------|--------|--|
| 74 | Комора притирального інвентарю | 26,16 | |
| 75 | Склад білизни | 13,18 | |
| 76 | Коридор | 22,07 | |
| 77 | Склад лакофарбових матеріалів | 11,08 | |
| 78 | Відділення брудної білизни | 38,77 | |
| 79 | Пральня | 71,16 | |
| 80 | Підвальний хол | 129,58 | |
| 81 | Відділення чистої білизни | 38,77 | |
| 82 | Склад продуктів | 11,09 | |
| 83 | Склад кухонного інвентарю | 13,19 | |
| 84 | Майстерня | 26,18 | |
| 85 | Майстерня | 28,08 | |
| 86 | Склад засобів для прибирання | 28,07 | |
| 87 | Склад садового інвентарю | 24,28 | |
| 88 | Склад техніки | 25,36 | |
| 89 | ТП і щитова | 37,09 | |

1.2 Архітектурно-конструктивне рішення

Фундамент будівлі запроектований у вигляді монолітної фундаментної плити товщиною 600 мм. На рівні підшви фундаменту залягають суглинки та супіски напівтверді, які забезпечують достатню несучу здатність. Основний матеріал фундаменту – бетон класу С16/20, з робочою та конструктивною арматурою класу А 400С відповідно до ДСТУ 3760:2019.

Перед основною плитою фундаменту влаштовується підготовка з бетону класу С8/10. Для захисту фундаменту від дії води використовується еластична двокомпонентна гідроізоляційна суміш Ceresit CR, яка забезпечує захист навіть при ширині розкриття тріщин до 0,5 мм. Захист від вологи здійснюється залежно від її рівня:

- періодичне зволоження – 1 шар обмащувальної гідроізоляції товщиною до 2 мм;
- постійне зволоження – 2 шари товщиною 2,5 мм;
- гідростатичний напір до 5 м водяного стовпа – 2 шари товщиною 3 мм.

Для вертикальної гідроізоляції фундаменту та стін підвалу також застосовується Ceresit CR. По периметру будівлі передбачена відмостка шириною 1 м із бруківки з ухилом $i = 0,01$ для відведення дощових вод.

Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою

вертикальних (колони, стіни, шахти ліфтів) та горизонтальних (плити перекриття і покриття) конструктивних елементів [6]. Колони і плити перекриття виконуються з бетону класу C16/20 із робочою арматурою класу A 400С. Ліфтові шахти забезпечують додаткову жорсткість і стійкість будівлі до горизонтальних навантажень.

Зовнішні стіни з піноблоків розміром 600×400×200 мм із застосуванням тонкошарової клейової суміші. У підвальному поверсі стіни монолітні з бетону класу C16/20, із зовнішнім утепленням екструдованим пінополістиролом товщиною 50 мм. Товщина стін становить 250 мм, що забезпечує теплоізоляційні властивості відповідно до нормативів.

Внутрішні перегородки виконуються з піноблоків розміром 600×400×100 мм із використанням клейової суміші. Це забезпечує необхідний рівень звукоізоляції та зручність монтажу [7].

Покрівля будівлі виконується мембранною товщиною 1,2 мм, що гарантує довговічність та стійкість до атмосферних впливів. На терасі покрівля покривається керамогранітною плиткою на спеціальному клею. Водовідведення здійснюється через внутрішній організований водостік із використанням водозбірних лійок і труб діаметром 110 мм.

На підвальному поверсі запроектована підлога з керамічної плитки. На поверхах з 1 по 9 передбачено використання таких матеріалів:

- паркет для житлових приміщень;
- ламінат для адміністративних зон;
- керамічна плитка для санвузлів і кухонь.

Підлога тераси виконується з керамограніту. Гідроізоляція у вологих приміщеннях виконується з еластичної двокомпонентної суміші Ceresit CR 66 із заведенням на стіну на висоту 30 см.

Вікна і зовнішні двері виготовляються з металопластикового профілю, що забезпечує високу міцність і теплоізоляцію. Внутрішні двері виконуються з деревини, що відповідає вимогам дизайну і функціональності. Для вхідних груп і вітражів передбачено індивідуальне виготовлення, яке відповідає

архітектурному стилю будівлі.

1.3 Інженерні мережі

1.3.1 Водопостачання і водовідведення

Проектом передбачено господарсько-протипожежний трубопровід, який забезпечує подачу води для побутових і протипожежних потреб [8]. Магістральні трубопроводи розташовуються під підлогою першого поверху, що мінімізує ризик пошкоджень і забезпечує легкий доступ для обслуговування. У підвалі будівлі встановлюється водомірний вузол ВСКМ 30/50, який відповідає вимогам точності та надійності вимірювання витрат води.

Трубопроводи водопостачання утеплюються екструдованим пінополістиролом для зменшення теплових втрат. Трубопроводи холодного водопостачання додатково покриваються пароізоляційним шаром із пергаміну, щоб запобігти конденсації. Для систем водопостачання використовуються поліпропіленові труби, виготовлені згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-93-2000.

Система водовідведення передбачає господарсько-фекальну каналізацію, яка забезпечує відведення стоків до міської каналізаційної мережі [9]. Для монтажу внутрішньої каналізаційної системи використовуються ПВХ труби з діаметром 50–100 мм, що відповідають ДСТУ Б В.2.7-151:2008. Трубопроводи розводяться під підлогою 1-го поверху, що полегшує їх обслуговування та захищає від пошкоджень.

1.3.2 Опалення

У будівлі передбачено водяну систему опалення, яка є найефективнішою і гігієнічною, забезпечуючи можливість регулювання температури залежно від зовнішніх кліматичних умов [10]. Система працює з примусовою циркуляцією теплоносія за допомогою елеваторного вузла. Температура води на вході до системи становить 65 °С, а на виході – 50 °С, що відповідає вимогам енергоефективності.

Облік теплової енергії здійснюється через тепловий лічильник,

встановлений у тепловому вузлі будівлі. У якості нагрівальних приладів використовуються сталеві радіатори REITTIG-PURMO - V, які забезпечують високу тепловіддачу.

Трубопроводи системи опалення виконуються із поліпропіленових труб, виготовлених згідно з ДСТУ Б В.2.7-93-2000. Температуру в приміщеннях регулюють термостати, що забезпечує комфортний мікроклімат у будь-який сезон. Усі роботи з монтажу опалювальної системи виконуються відповідно до вимог ДБН.

1.3.3 Вентиляція

Проектом передбачено систему вентиляції приточно-витяжного типу, яка поєднує механічний і природний рух повітря. Окремі вентиляційні системи використовуються для таких приміщень: санітарних вузлів, підсобних кімнат із хімічними речовинами, а також приміщень у підвальному поверсі.

Повітропроводи виготовляються з тонколистової оцинкованої сталі. Виходи систем вентиляції обладнуються захисними козирками, що запобігають попаданню атмосферних опадів.

Для підвищення енергоефективності у вентиляційній системі використовуються рекуператори. Вони забезпечують теплопередачу між витяжним і припливним повітрям без їх змішування. Завдяки цьому досягається економія енергоносіїв та зменшуються витрати на обігрів приміщень у холодний період.

Рекуператори дозволяють ефективно видаляти забруднене повітря, яке може містити пил, бактерії чи неприємні запахи, і одночасно подавати свіже повітря з вулиці. Обсяги повітря, що подається і видаляється, регулюються, що дозволяє створити комфортний мікроклімат у приміщеннях незалежно від погодних умов.

1.4 Будівельна фізика

Експлуатаційні якості будівлі формуються не лише завдяки розмірам,

об'ємам приміщень, їх оздобленню та рівню оснащення інженерними і санітарно-технічними засобами, але й значною мірою залежать від характеристик огорожувальних конструкцій. Ці конструкції виконують роль бар'єру між внутрішнім простором будівлі і зовнішнім середовищем, захищаючи приміщення від холоду, сонячної радіації, атмосферних опадів та інших зовнішніх впливів.

Огороджувальні конструкції ефективно розділяють середовища з різними температурними, вологісними та акустичними параметрами, зменшуючи проникнення повітря, вологи, шуму і світла. Завдяки цьому вони сприяють підтриманню комфортного мікроклімату в приміщеннях і знижують витрати енергії на їх опалення та кондиціонування.

Згідно з вимогами ДБН «Теплова ізоляція будівель» [11] , мінімально допустиме значення опору теплопередачі для покриття будівлі $R_{q,min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Для забезпечення нормативного значення теплозахисту конструкція покриття включає кілька шарів (рис. 1.1), характеристики яких наведені у таблиці 1.2.

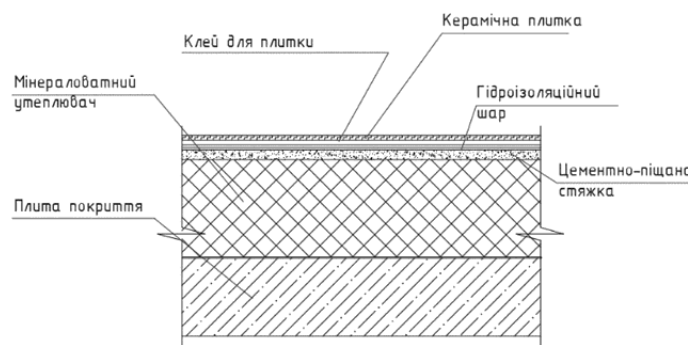


Рисунок 1.1 – Конструкція покриття

Таблиця 1.2 – Характеристики матеріалів покриття

| № шару | Матеріал шару | Об'ємна маса (γ_0), кг/м ³ | Товщина шару (δ), мм | Коефіцієнт теплопровідності (λ), Вт/(м·К) | Коефіцієнт теплосвоєння (S), Вт/(м ² ·К) |
|--------|-------------------------|--|-------------------------------|---|---|
| 1 | Плитка керамічна | 2000,0 | 10 | 0,89 | 11,6298 |
| 2 | Цементно-піщаний розчин | 1700,0 | 50 | 0,52 | 8,9489 |
| 3 | Гідроізоляційний шар | 1200,0 | 1 | 0,22 | 5,6898 |

| | | | | | |
|---|------------------------------|--------|-----|-------|---------|
| 4 | Мінеральна вата | 150,0 | 300 | 0,044 | 0,7489 |
| 5 | Залізобетонна плита покриття | 2500,0 | 200 | 1,70 | 17,9798 |

Розрахунок опору теплопередачі [12]:

Загальний термічний опір покриття R_q^{np} визначається за формулою:

$$R_q^{np} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \dots + \frac{1}{\alpha_3};$$

де $R_i = \delta_i/\lambda_i$ – термічний опір кожного шару конструкції, м²·К/Вт;
 $\alpha_e = 7,6$ Вт/(м²·К) – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні;
 $\alpha_3 = 23$ Вт/(м²·К) – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні.

Термічні опори окремих шарів:

$R_1 = 0,01/0,89 = 0,01123$ м²·К/Вт – керамічна плитка;

$R_2 = 0,05/0,52 = 0,09615$ м²·К/Вт – цементно-піщаний розчин;

$R_3 = 0,001/0,22 = 0,00454$ м²·К/Вт – гідроізоляційний шар;

$R_4 = 0,3/0,044 = 6,81818$ м²·К/Вт – мінеральна вата;

$R_5 = 0,2/1,7 = 0,1176$ м²·К/Вт – залізобетонна плита.

Загальний опір теплопередачі:

$$R_q^{np} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_e} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3} = 0,13 +$$

$0,0112 + 0,0961 + 0,0045 + 6,8181 + 0,1176 + 0,043 = 7,2$ м²·К/Вт.

Висновок. Розрахунковий опір теплопередачі покриття $R_q^{np} = 7,2$ м²·К / Вт перевищує нормативне мінімальне значення. Таким чином, покриття відповідає теплотехнічним вимогам і забезпечує необхідний рівень енергоефективності будівлі.

1.5 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники будівлі (таблиця 1.3) відображають основні характеристики проекту. Вони дозволяють оцінити ефективність використання площі, обсягів будівництва, а також відповідність проекту функціональним і нормативним вимогам.

Таблиця 1.3 – Техніко-економічні показники будівлі

| № п/п | Найменування показника | Один. вимір. | Значення |
|-------|------------------------|----------------|----------|
| 1. | Площа забудови | м ² | 677,78 |
| 2. | Будівельний об'єм | м ³ | 23230 |
| 3. | Загальна корисна площа | м ² | 4332,29 |
| 4. | Площа номерів | м ² | 3055,41 |
| 5. | Коефіцієнт К-1 | | 16,5 |

2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування вибору конструкцій

Проектований готель має монолітний залізобетонний каркас, що є сучасним і ефективним конструктивним рішенням для громадських будівель. Вибір монолітних залізобетонних конструкцій зумовлений низкою їхніх переваг у порівнянні з іншими конструктивними системами, такими як збірний залізобетон, металевий каркас або цегляний варіант конструкцій.

Однією з основних переваг монолітних залізобетонних конструкцій є їхня висока архітектурна гнучкість, що дозволяє створювати будівлі складних геометричних форм та реалізовувати індивідуальні архітектурні рішення. Завдяки відсутності типових обмежень, характерних для збірних конструкцій, монолітний каркас ідеально підходить для будівель з унікальними внутрішнім плануванням.

Монолітні залізобетонні конструкції забезпечують високу міцність і довговічність, що є ключовими вимогами для будівель громадського призначення, особливо таких, як готелі, де навантаження можуть бути значними через інтенсивну експлуатацію. Крім того, вони мають значну стійкість до зовнішніх впливів, таких як вітер, сейсмічні дії або температурні перепади, що особливо важливо для регіонів із підвищеними сейсмічними ризиками.

Ще однією важливою перевагою є висока вогнестійкість залізобетону, що значно перевищує аналогічні показники у металевих конструкцій. Це дозволяє забезпечити високий рівень безпеки у будівлі.

Процес зведення монолітних залізобетонних конструкцій дозволяє максимально оптимізувати будівельні роботи завдяки застосуванню сучасних технологій, таких як використання багаторазової опалубки та механізованого транспортування бетону. Це забезпечує безперервність будівництва, скорочення термінів виконання робіт та зменшення витрат на логістику у порівнянні зі збірними конструкціями.

Монолітні залізобетонні конструкції також сприяють раціональному використанню площі будівлі, адже колони та перекриття з монолітного залізобетону займають менше простору, ніж цегляні стіни або збірні конструкції. Це особливо актуально для громадських будівель, таких як готелі, де важливим є максимально ефективне використання кожного квадратного метра.

2.2 Проектування громадської будівлі у ПК МОНОМАХ-САПР

2.2.1 Формування моделі та розрахунок будівлі

Розрахунок просторового каркасу 8-ми поверхової громадської будівлі, включаючи підвальний поверх, виконано за допомогою програмного комплексу МОНОМАХ-САПР, який дозволяє здійснювати детальний аналіз і проектування будівельних конструкцій несучого каркасу.

У модулі КОМПОНОВКА програми формуємо модель будівлі за заданою сіткою плану, яка визначає взаємне розташування конструктивних елементів. У вузлах сітки плану розміщуємо колони, стіни, діафрагми жорсткості, плити перекриття, покриття та фундаменти. Координати конструктивних елементів задаємо у діалоговому режимі, що дозволяє точно відтворити проектну геометрію будівлі.

Вертикальні навантаження [13] задані як:

- лінійні навантаження на плити перекриття від ваги самонесучих стін;
- розподілені навантаження по всій площині плит перекриття, що враховують вагу підлоги (постійні навантаження);
- розподілені навантаження по площині плит від ваги меблів, обладнання та перебування людей (змінні навантаження).

Власна вага конструктивних елементів враховувалася автоматично на основі введених характеристик матеріалів.

Горизонтальні навантаження (вітрові та сейсмічні) задавалися відповідно до нормативних документів, з урахуванням географічного розташування об'єкта, кліматичних умов та напрямків впливу.

Для міста Одеса, згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [13], прийняті такі значення навантажень:

- вітрове навантаження: 460 Па;
- снігове навантаження: 770 Па.

Розрахункова схема будівлі генерується автоматично на основі введених параметрів моделі. Вона включає всі конструктивні елементи, що взаємодіють, з урахуванням їх характеристик жорсткості та просторового розташування. Це дозволяє отримати точну модель для статичного та динамічного аналізу.

Розрахунки виконано методом скінченних елементів (МСЕ):

- статичний розрахунок – визначення переміщень, внутрішніх зусиль і напружень у конструктивних елементах будівлі під дією постійних і змінних навантажень;
- динамічний розрахунок – оцінка реакції будівлі на горизонтальні навантаження, включаючи вітрові та сейсмічні впливи, з урахуванням коливань конструкції.

У результаті розрахунків отримано переміщення та зусилля у всіх елементах каркасу, що дозволило оцінити несучу здатність будівлі.

На основі отриманих даних у програмі виконано:

- автоматичний підбір перерізів колон, балок, плит перекриття та фундаментів;
- перевірку їхньої несучої здатності та відповідності нормативним вимогам.

Програмою створено детальну пояснювальну записку з результатами розрахунків, що містить графіки, таблиці та діаграми напружено-деформованого стану будівлі. Дані розрахунку були експортовані у програмне забезпечення для подальшого конструювання елементів, що дозволило розробити робочі креслення основних несучих елементів каркасу будівлі.

2.2.2 Результати розрахунку будівлі

Програма виконує детальну діагностику створеної моделі, а у випадку виявлення помилок повідомляє про них у діалоговому вікні, дозволяючи їх

оперативно виправити [14].

Для усіх поверхів розрахункової схеми використовується укрупнений крок триангуляції плит і стін (3 м), що забезпечує ефективну оптимізацію обчислювальних ресурсів. Для критичних зон (нижніх трьох поверхів та останнього поверху), де потрібна підвищена точність розрахунків, застосовується зменшений крок триангуляції (1,5 м). Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між точністю розрахунків і швидкістю їх виконання.

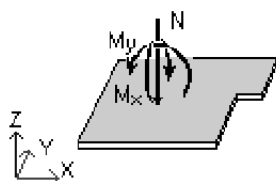
На основі виконаних розрахунків формується детальний звіт із результатами статичного аналізу конструктивних елементів будівлі. У пояснювальній записці наводяться:

- величини внутрішніх зусиль у плитах, колонах і стінах;
- розподіл напружень у ключових елементах;
- переміщення каркасу будівлі під дією статичних та динамічних навантажень.

Для першого поверху будівлі результати розрахунків включають діаграми зусиль і переміщень, які використовуються для подальшого уточнення перерізів конструкцій та вибору арматури.

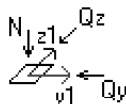
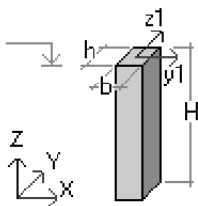
Нижче наведено фрагмент пояснювальної записки з результатами розрахунку у програмі КОМПОНОВКА конструктивних елементів 1-го поверху будівлі.

Фундаментні плити



| N | Завантаження | Форма/ комбінація | N(кН) | Mx(кН*м) | My(кН*м) | Px(кН) | Pу(кН) |
|---|--------------|----------------------|-----------|------------|-----------|---------|----------|
| Етаж N1 Фундаментная плита N1 b=0.6м, S=755.16м2, 4. Фундаментна плита, C1Min=1974.361кН/м3, C1Max=1974.361кН/м3, C1Ave=1974.359кН/м3, C2Min=19743.611кН/м2, C2Max=19743.611кН/м2, C2Ave=19743.615кН/м2 | | | | | | | |
| 1_1 | Постійна | | 72031.445 | 32031.456 | 24433.564 | -0 | -0 |
| | Доготрив | | 8567,654 | 575.295 | -7.475 | -0 | 0 |
| | Короткочас. | | 5678,656 | 1697.333 | -2.536 | -0 | -0 |
| | Сейсміка 1 | | 1.464 | -686.6 | 38800.887 | 2345,54 | 28.324 |
| | Сейсміка 2 | | -43,55 | -36110.445 | -721.619 | -29.088 | 1565,555 |
| | Вітер 1 | | 0 | 9611.903 | 6.77 | 0.361 | -422.968 |
| | Вітер 2 | | 0 | 4961.41 | 4969.986 | 235.66 | -235.618 |

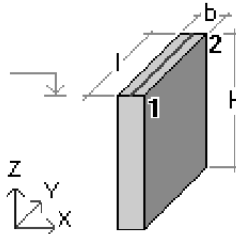
Колони



| № | Вид | Постійна | Довготрив. | Короткочас. | Сейсміка 1 | Сейсміка 2 | Вітер 1 | Вітер 2 |
|--|-----|----------|------------|-------------|------------|------------|---------|---------|
| Етаж №1 Колона №1 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_1 | N | 769.245 | 34.386 | 101.396 | 0 | 40.456 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -2.351 | 0 | 0 | 0.3 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -6.78 | -1.727 | -0.409 | 0.635 |
| Етаж №1 Колона №2 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_2 | N | 819.743 | 40.456 | 106.131 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 61 | -2.351 | 0 | 40.456 | 0.3 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.861 | -1.71 | -0.405 | 0.131 |
| Етаж №1 Колона №3 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_3 | N | 527.012 | 20.76 | 20.746 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | 0.032 | 0 | 0 | 0 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.805 | -1.71 | -0.405 | 0.131 |
| Етаж №1 Колона №4 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_4 | N | 761.722 | 20.71 | 113.811 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | 0.032 | 0 | 0 | 0 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -1.461 | -1.704 | -0.403 | -0.044 |
| Етаж №1 Колона №5 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_5 | N | 577.333 | 20.76 | 68.4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | 2.491 | 0.07 | 0 | -0.314 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.805 | 40.45 | -0.405 | 0.131 |
| Етаж №1 Колона №6 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.76\%$ | | | | | | | | |
| 1_6 | N | 957.142 | 48.603 | 143.317 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | 2.491 | 0.017 | 0 | -0.314 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -1.418 | -1.704 | -0.403 | -0.044 |
| Етаж №1 Колона №7 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_7 | N | 790.794 | 20.746 | 99.769 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | 5.372 | 0.03 | 0 | -0.679 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -1.418 | -1.703 | -0.403 | -0.044 |
| Етаж №1 Колона №8 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=1.73\%$ | | | | | | | | |
| 1_8 | N | 1383.443 | 74.684 | 40.456 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -6.457 | 20.746 | -0.29 | 0.661 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | 0.629 | -1.202 | -0.285 | -0.239 |
| Етаж №1 Колона №9 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_9 | N | 565.916 | 23.118 | 68.168 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -12.887 | -1.253 | -0.297 | 1.476 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.861 | -1.217 | -0.288 | 0.204 |
| Етаж №1 Колона №10 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_10 | N | 785.496 | 40.456 | 119.294 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -10.744 | 20.746 | -0.295 | 1.204 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.869 | -1.261 | -0.288 | 0.204 |
| Етаж №1 Колона №11 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_11 | N | 924.454 | 48.08 | 141.623 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -8.6 | -1.234 | -0.292 | 0.933 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -2.89 | -1.217 | -0.288 | 0.204 |
| Етаж №1 Колона №12 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_12 | N | 725.55 | 30.861 | 90.912 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -12.887 | -1.253 | -0.297 | 1.476 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -5.327 | -1.228 | -0.291 | 0.515 |
| Етаж №1 Колона №13 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.50\%$ | | | | | | | | |
| 1_13 | N | 991.841 | 49.857 | 147.016 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -10.744 | -1.243 | -0.295 | 1.204 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -5.327 | -1.228 | -0.291 | 0.515 |
| Етаж №1 Колона №14 Прямоугольник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.51\%$ | | | | | | | | |
| 1_14 | N | 868.485 | 37.055 | 109.266 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -10.744 | -1.243 | -0.295 | 1.204 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | -7.944 | -1.239 | -0.294 | 0.847 |

| № | Вид | Постійна | Довготрив. | Короткочас. | Сейсміка 1 | Сейсміка 2 | Вітер 1 | Вітер 2 |
|--|-----|----------|------------|-------------|------------|------------|---------|---------|
| Етаж №1 Колона №15 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=2.15\%$ | | | | | | | | |
| 1_15 | N | 140.77 | 79.51 | 234.76 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -6.793 | -0.024 | 0 | 0.863 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | 0 | -1.67 | -0.402 | -0.224 |
| Етаж №1 Колона №16 Круг d=0.5м, H=3.3м, 1. Колони, $\mu=0.64\%$ | | | | | | | | |
| 1_16 | N | 1420.77 | 67.23 | 1610.77 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qy | 0 | 0 | 0 | -13.125 | -0.09 | 1420.77 | 1.65 |
| | Qz | 0 | 0 | 0 | 0 | -2.41 | -0.578 | -0.322 |

Стіни



| № | Вид | Постоянная | Длительная | Кр. времен. | Сейсміка 1 | Сейсміка 2 | Ветер 1 | Ветер 2 |
|--|-----|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Етаж №1 Стіна №1 b=0.3м, l=6.46м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_1 | qH | 414.026 | 11.121 | 236.187 | -0 | 0 | 0 | 0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | -297.45 | -532.169 | -126.036 | -32.703 |
| | Mb | 2356.187 | 120.372 | 354.943 | 2547.755 | -8553.877 | -1822.31 | -1252.755 |
| Етаж №1 Стіна №2 b=0.3м, l=6.46м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_2 | qH | 490.214 | 15.581 | 45.94 | -0 | 0 | 0 | 0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | 480.701 | -528.781 | -125.205 | -131.288 |
| | Mb | 3105.524 | 165.667 | 488.506 | 7858.098 | -8530.808 | -1817.051 | -1897.454 |
| Етаж №1 Стіна №3 b=0.3м, l=6.46м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_3 | qH | 404.54 | 11.12 | 32.789 | -0 | -0 | 13.778 | -0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | 297.445 | -525.85 | -124.483 | -106.886 |
| | Mb | 2513.991 | 120.486 | -2547.842 | -2547.842 | -8507.61 | -2547.842 | -749.553 |
| Етаж №1 Стіна №4 b=0.3м, l=6.46м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_4 | qH | 475.696 | 15.607 | 46.021 | -0 | -0.001 | -0 | -0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | -480.696 | -529.31 | -125.335 | -8.31 |
| | Mb | 3283.474 | 166.026 | 489.565 | -7857.976 | -8532.202 | -1817.464 | -104.998 |
| Етаж №1 Стіна №5 b=0.4м, l=4.6м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_5 | qH | 302.806 | 8.091 | 23.859 | 0 | 0 | 13.778 | 0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | -508.957 | -2547.842 | -2547.842 | 64.889 |
| | Mb | -2547.842 | 0.017 | 0.049 | -2547.842 | -3.012 | -0.667 | 404.531 |
| Етаж №1 Стіна №6 b=0.4м, l=2.55м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_6 | qH | 203.007 | 2.408 | 7.1 | 0 | 13.778 | 0 | 0 |
| | PI | 13.778 | 0 | 0 | 13.761 | -60.135 | -14.239 | -7.934 |
| | Mb | 6.846 | 0.388 | 1.144 | 0 | -540.169 | -114.317 | -62.981 |
| Етаж №1 Стіна №7 b=0.4м, l=4.6м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_7 | qH | 342.468 | 13.778 | 13.778 | 0.125 | 0 | 0 | -0.013 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | -856.982 | 13.778 | -0.609 | 108.979 |
| | Mb | 12.206 | 0.427 | 1.258 | -4266.534 | -7.834 | -1.791 | 500.581 |
| Етаж №1 Стіна №8 b=0.4м, l=2.75м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.10\%$ | | | | | | | | |
| 1_8 | qH | 571.91 | 13.761 | 70.99 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | 64.429 | 75.705 | 17.928 | 1.788 |
| | Mb | 205.742 | 13.871 | 40.901 | 239.893 | 678.541 | 143.67 | 49.925 |
| Етаж №1 Стіна №9 b=0.4м, l=2.75м, H=3.3м, 2. Стіни, $\mu=0.11\%$ | | | | | | | | |
| 1_9 | qH | 573.83 | 24.169 | 13.78 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | PI | 0 | 0 | 0 | -64.43 | 75.138 | 13.778 | 18.113 |
| | Mb | 13.778 | 13.672 | 13.78 | -239.891 | 676.418 | 143.17 | 108.054 |

Отримані результати розрахунків експортуються до спеціалізованих програмних модулів КОЛОНА, ПЛИТА, СТІНА, що входять до складу ПК МОНОМАХ-САПР. Це забезпечує автоматизоване створення проєктів конструктивних елементів каркасу:

- у модулі ПЛИТА виконано детальний розрахунок плит фундаменту та перекриття з урахуванням навантажень та умов експлуатації;
- у модулі КОЛОНА виконано конструювання колон, підбір арматури та визначення їх несучої здатності.

2.3 Розрахунок і конструювання монолітної фундаментної плити

Розрахунок і конструювання фундаментної плити виконано у програмі ПЛИТА ПК МОНОМАХ-САПР. Для виконання розрахунків було імпортовано файл із геометрією та параметрами фундаментної плити з програми КОМПОНОВКА, що забезпечило безперервність і точність передачі даних між модулями (рис. 2,2).

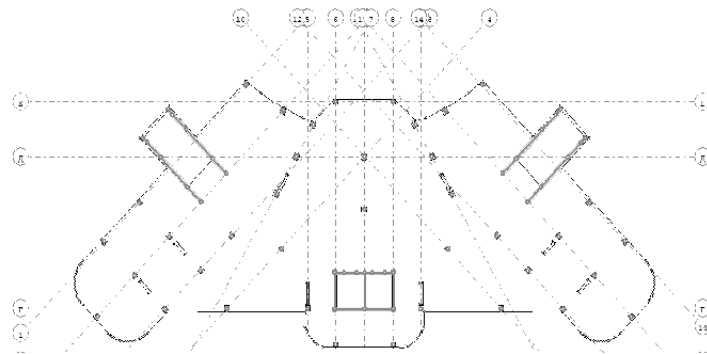


Рисунок 2.1 – Опалубкове креслення фундаментної плити

Розрахунок фундаментної плити виконувався за двома групами граничних станів [15, 16]: граничні стани першої групи (на міцність) та граничні стани другої групи (на тріщиностійкість і прогини).

Програма враховувала основні типи навантажень: постійні, змінні, сейсмічні та вітрові впливи, а також нерівномірність розподілу навантажень через особливості геологічних умов ділянки.

Результати розрахунку підтвердили відповідність фундаментної плити вимогам міцності, тріщиностійкості та жорсткості. Було визначено оптимальні значення внутрішніх зусиль і моментів, які слугували основою для підбору арматури та остаточного конструювання.

Конструювання фундаментної плити передбачало використання сталеві

арматури класу А400С, яка відповідає вимогам ДСТУ 3760:2019.

Нижнє армування: виконано окремими стержнями діаметром 18 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Верхнє армування: виконано окремими стержнями діаметром 14 мм також у двох напрямках.

У зонах концентрації напружень (під колонами, стінами або діафрагмами жорсткості та у прольотах) передбачено додаткове армування стержнями діаметрами 14 мм та 22 мм.

В місцях перетину арматури передбачено встановлення спеціальних монтажних елементів для забезпечення надійної фіксації стержнів.

Конструювання фундаментної плити зображено на листах 3 та 4 графічної частини проекту.

2.4 Розрахунок і конструювання монолітної плити перекриття

Розрахунок і конструювання плити перекриття виконано за допомогою програми ПЛИТА ПК МОНОМАХ-САПР. Для виконання розрахунків було імпортовано файл із геометрією плити перекриття з програми КОМПОНОВКА, що забезпечило точне передання параметрів моделі (рис. 2,2, 2,3).

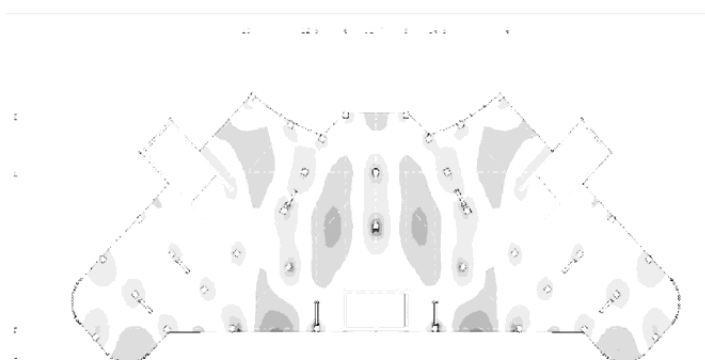


Рисунок 2.2 – Ізополі внутрішніх зусиль M_x в елементах плити перекриття від дії постійного навантаження

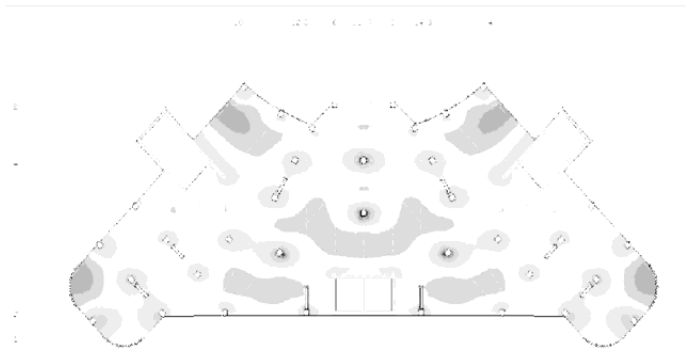


Рисунок 2.3 – Ізополя внутрішніх зусиль M_u в елементах плити перекриття від дії постійного навантаження

Розрахунок плити перекриття здійснювався за двома групами граничних станів: граничні стани першої групи (на міцність) та граничні стани другої групи (на тріщиностійкість і прогини).

У результаті були визначені значення внутрішніх зусиль, напружень і моментів, необхідних для підбору арматури.

Плита перекриття армована сталевією арматурою класу А400С відповідно до ДСТУ 3760:2019.

Основне армування

Нижнє армування – виконано стержнями діаметром 8 мм у двох перпендикулярних напрямках, що забезпечує рівномірний розподіл зусиль у зоні розтягу.

Верхнє армування – виконано стержнями діаметром 8 мм у двох перпендикулярних напрямках для забезпечення міцності у зоні стиску.

Додаткове армування

У місцях підвищеної концентрації напружень (зони опор, прогони між колонами) передбачено додаткове армування стержнями діаметром 8 мм та 14 мм. Ці місця визначені на основі результатів розрахунків у програмі ПЛИТА.

У зонах концентрації навантажень армування виконано у кілька шарів для забезпечення додаткової жорсткості конструкції.

Конструювання плити перекриття відображено на листі 5 графічної частини проекту.

2.5 Розрахунок і конструювання монолітних колон

Розрахунок і конструювання монолітних залізобетонних колон було виконано у програмі КОЛОННА ПК МОНОМАХ-САПР. Дані для розрахунку, включаючи геометричні параметри, навантаження та матеріальні характеристики, були отримані шляхом імпорту з програми КОМПОНОВКА.

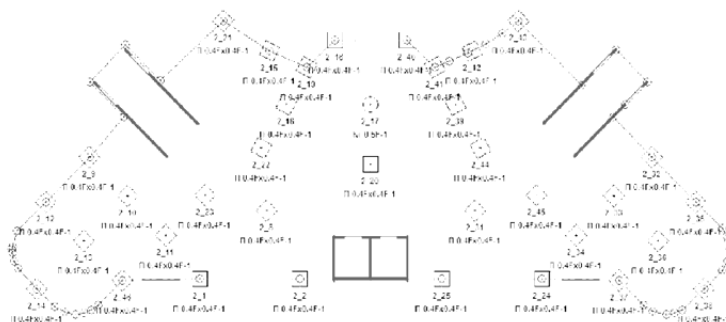


Рисунок 2.4 – Схема розташування колон і стін з їх нумерацією

Розрахунок колон виконувався за двома групами граничних станів: першої групи (на міцність) та другої групи (на тріщиностійкість і деформації).

Колони проектувалися з важкого бетону класу С16/20. Для армування використовується арматура класу А400С відповідно до ДСТУ 3760:2019

На основі розрахунків було визначено необхідну площу перерізу поздовжньої арматури для кожної колони з урахуванням їхнього розташування та навантажень. Було розраховано два типи колон із різними геометричними параметрами та схемами армування.

Колона Км-17: Поздовжнє армування виконано стержнями діаметром 28 мм. Поперечне армування (хомути) – діаметром 8 мм.

Колона Км-20: Поздовжнє армування – стержнями діаметром 12 мм. Поперечне армування – хомутами діаметром 8 мм, які запобігають втраті стійкості поздовжніх стержнів.

Результати розрахунку та конструювання колон наведено на листі 5 графічної частини проєкту.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Визначення номенклатури та об'ємів робіт

У проєкті передбачено застосування поточного методу організації будівельного процесу [17], що базується на принципі суміщення окремих видів робіт у часі та забезпечує їх безперервне виконання до повного завершення. Цей метод спрямований на підвищення ефективності будівництва та скорочення загальної тривалості робіт.

Для досягнення поставленої мети реалізовано наступні підходи.

1. Розбиття будівельного процесу на складові комплексні етапи, включаючи:

- влаштування фундаментів;
- монтаж колон, перекриттів і стін;
- улаштування покрівлі;
- виконання оздоблювальних і фасадних робіт;
- монтаж інженерних мереж.

2. Розподіл комплексів робіт між спеціалізованими бригадами, тобто кожен етап закріплюється за окремими бригадами робітників із відповідною спеціалізацією, що дозволяє досягти високої продуктивності та мінімізувати втрати часу на переналадження обладнання чи перекваліфікацію персоналу.

3. Визначення виробничого режиму при якому створено чіткий розклад виконання робіт, який забезпечує оптимальну тривалість кожного етапу без простоїв. Використання поточного методу дозволяє уникнути розривів у виконанні технологічних операцій та забезпечує рівномірний розподіл робочого навантаження.

4. Суміщення виконання робіт на об'єкті, яке полягає в одночасному виконанні декількох видів робіт, наприклад, монтажу колон і перекриттів на одному рівні та підготовчих робіт для оздоблення на іншому, сприяє максимальному використанню робочого часу та ресурсів.

У проєкті передбачено підрядний спосіб ведення будівельно-монтажних робіт, при якому роботи виконуються окремими ланками, що складають комплексні бригади. Цей метод дозволяє впроваджувати передові технології будівництва, наприклад, механізацію бетонування чи автоматизацію монтажу конструкцій.

Підрядний спосіб організації робіт сприяє:

- залученню висококваліфікованих спеціалістів;
- використанню сучасного обладнання та матеріалів;
- забезпеченню гнучкості при реалізації складних інженерних рішень.

Для обґрунтування обсягів робіт та ресурсів, необхідних для їх виконання, проведено підрахунок номенклатури та обсягів будівельно-монтажних робіт. Результати розрахунків подано у табличній формі у таблиці 3.1, що містить дані щодо кількості, тривалості та специфіки виконання кожного виду робіт.

Вибір методів виконання будівельних робіт представлено у додатку А.

Таблиця 3.1 – Визначення номенклатури та об'ємів робіт

| № | Назва робіт | Формули обрахунку | Об'єм робіт | |
|-----|--|---|--------------------|-----------|
| | | | Одиниці виміру | Кількість |
| 1. | Внутрішньо майданчикові роботи | Приймається в % відношенні від трудомісткості | % | 8 |
| 2. | Планування майданчика бульдозером потужністю 79 кВт | $S = a \cdot b$ | 1000м ² | 4,15 |
| 3. | Зрізка рослинного шару ґрунту | $S = a \cdot b$ | 1000м ² | 1,01 |
| 4. | Розробка ґрунту одноковш. екскаватором у відвал | $V = a \cdot b \cdot h$ | 1000м ³ | 0,695 |
| 5. | Розробка ґрунту одноковш. екскаватором на автосамоскиди | $V = a \cdot b \cdot h$ | 1000м ³ | 2,90 |
| 6. | Ручна доробка ґрунту | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 0,14 |
| 7. | Влаштування бет. підготовки під фундамент тов. 100 мм | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 8,30 |
| 8. | Монтаж і демонтаж опалубки фундаменту | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 1,44 |
| 9. | Встановлення арматурних каркасів фундаменту | Згідно проєкту | 1 тона | 32,71 |
| 10. | Влаштування мон. залізобетонного фундаменту тов. 600мм | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 4,54 |
| 11. | Монтаж і демонтаж опалубки колон | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 47,93 |

| | | | | |
|-----|---|-------------------------|-------------------|---------|
| 12. | Встановлення арматурних каркасів колон | Згідно проекту | 1тона | 13,08 |
| 13. | Влаштування монолітних залізобетонних колон | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 1,41 |
| 14. | Монтаж та демонтаж опалубки стін | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 60,45 |
| 15. | Встановлення арматурних каркасів для стін | Згідно проекту | 1тона | 4,24 |
| 16. | Влаштування залізобетонних монолітних стін | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 3,52 |
| 17. | Приклеювання екструдованого пінополістиролу на стіни цоколю | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 3,5 |
| 18. | Забивання дюбелів | Згідно проекту | 100шт | 7,5 |
| 19. | Влашт. захисного армуючого покриття по пінополістиролу | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ² | 3,06 |
| 20. | Влашт. горизонтальної гідроізоляції фундаменту Ceresit CR | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 7,35 |
| 21. | Вл. вертикальної гідроізоляції фундаменту Ceresit CR | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 6,670 |
| 22. | Засипка ґрунтом пазух котловану | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 6,870 |
| 23. | Ущільнення ґрунту у пазухах котловану | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 6,870 |
| 24. | Монтаж і демонтаж опалубки для перекриття | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 128,343 |
| 25. | Встановлення арматурних каркасів для перекриття | Згідно проекту | 1тона | 53,351 |
| 26. | Влаштування монолітного залізобетонного перекриття товщ. 200 мм | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 12,853 |
| 27. | Монтаж і демонтаж опалубки сход. маршів | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 8,85 |
| 28. | Встановлення арматурних каркасів сход. маршів | Згідно проекту | 1тона | 5,67 |
| 29. | Влаштування монолітних залізобетонних сходових маршів | $V = a \cdot b \cdot h$ | 100м ³ | 1,38 |
| 30. | Мурування зовнішніх стін із газосилікатних товщ. 400мм | $V = a \cdot b \cdot h$ | 1м ³ | 447,0 |
| 31. | Мурування перегородок із газосилікатних товщ. 100 мм | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 113,27 |
| 32. | Влаштування залізобетонних монолітних перемичок | Згідно проекту | 1шт | 68 |
| 33. | Монтаж вентиляційних шахт | Згідно проекту | 1м.п | 1895 |
| 34. | Монтаж ліфтового обладнання | Згідно проекту | 1тона | 3,5 |
| 35. | Влаштування пароізоляції | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 6,6 |
| 36. | Влаштування утеплення мінеральною ватою тов. 300 мм | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 6,6 |
| 37. | Влаштування цементно піщаної стяжки товщ. 40-120 мм | Згідно проекту | 1тона | 6,6 |
| 38. | Влаштування покрівлі з ПВХ мембрани | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 3,68 |
| 39. | Монтаж металопластикових віконних блоків | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 2977 |

| | | | | |
|-----|---|-----------------|-------------------|--------|
| 40. | Монтаж оцинкованих віконних відливів | Згідно проекту | 1м.п | 997 |
| 41. | Монтаж металопластикових дверних блоків | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 816 |
| 42. | Влаштування гідроізоляції санвузлів і кухонь Ceresit CR | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 3,57 |
| 43. | Влаштування звукоізоляційних стяжок Ceresit CO товщин. 40 мм | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 62,25 |
| 44. | Грунтування підлог ґрунтівою Ceresit CT | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 62,68 |
| 45. | Влаштування самовірівнюючих стяжок Ceresit CN товщ. 4 мм | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 62,74 |
| 46. | Влаштування підлог із покриттям керамічною плиткою | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 1702 |
| 47. | Влаштування підлог із покриттям паркетною дошкою | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 658 |
| 48. | Влаштування підлог із покриттям ламінатною дошкою | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 3858,5 |
| 49. | Влаштування ПВХ-плінтусів | Згідно проекту | 1м.п | 2644 |
| 50. | Влаштування металевого каркасу стелі | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 61,26 |
| 51. | Обшивання стелі гіпсокартонними листами | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 61,26 |
| 52. | Штукатурення, шпаклювання поверхні з подальшим шліфуванням | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 158,47 |
| 53. | Фарбування стін та стелі акриловими фарбами | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 118,65 |
| 54. | Облицювання стін керамічною плиткою | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 1990 |
| 55. | Монтаж і демонтаж будівельних колісок | Згідно проекту | 1шт | 11 |
| 56. | Утеплення фасаду будівлі | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 21,67 |
| 57. | Нанесення декоративної штукатурки фасаду | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 21,67 |
| 58. | Фарбування фасаду | $S = a \cdot b$ | 100м ² | 21,67 |
| 59. | Фарбування металевих конструкцій будівлі | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 152 |
| 60. | Монтаж сходових майданчиків і загороджень | Згідно проекту | 1м.п | 323 |
| 61. | Влаштування поручнів | Згідно проекту | 1м.п | 148 |
| 62. | Оздоблення цоколя плитами з природного каменю | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 95 |
| 63. | Влаштування зовнішніх монолітних сходів і пандусів | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 38 |
| 64. | Влаштування засипки з піску стабілізованим цементом товщиною 100 мм | $S = a \cdot b$ | 1м ² | 265 |
| 65. | Невраховані роботи | | % | 15 |

3.2 Підбір монтажного крана

Правильний підбір монтажного крану в процесі організації будівельно-монтажних робіт забезпечує ефективність виконання робіт, дотримання техніки безпеки та оптимізацію витрат.

Для розрахунку основних параметрів крана визначаємо показники:

1. Висота підймання гака крана (h):

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 32,6 + 1 + 5,4 + 2 = 41 \text{ м,}$$

де: h_1 – висота рівня монтажу, м; h_2 – висота підймання конструкції над рівнем монтажу, що береться в межах 0,5–1,0 м для забезпечення безпеки; h_3 – висота самої конструкції, м; h_4 – довжина строп, м.

2. Виліт стріли крана (L):

$$L = K + a = 8,0 + 23,70 = 31,70 \text{ м,}$$

де: K – відстань від осі обертання поворотної частини крана до будівлі (прийнята згідно рекомендацій); a – ширина будівлі готелю, м.

На основі отриманих розрахунків було обрано баштовий кран Potain MDT-98, який відповідає вимогам до монтажу запроєктованих конструкцій.

Обґрунтування вибору

Баштовий кран Potain MDT-98 підходить для реалізації проекту через:

- гнучкість в роботі, що забезпечує можливість регулювання вильоту стріли та висоти підйому, забезпечує адаптацію до різних конструктивних і логістичних умов.
- високу швидкість роботи, яка забезпечує оперативне виконання підйомно-монтажних операцій, скорочуючи загальні терміни будівництва.
- безпеку, оскільки обладнання відповідає сучасним стандартам безпеки, зокрема завдяки автоматичним системам контролю перевантаження.
- економічність, оскільки оптимальна вантажопідйомність і компактність конструкції дозволяють уникнути надмірних витрат при транспортуванні та експлуатації.

3.3 Розробка технологічної карти на влаштування монолітного залізобетонного перекриття

3.3.1 Сфера застосування

Технологічна карта розроблена для влаштування монолітного перекриття типового поверху, 8-ми поверхової будівлі готелю, монтаж виконується баштовим краном КБ-403, висота поверху – 3,3 м.

Готель будується в м. Одеса. Будівля має складну форму в плані. Габаритні розміри обмежуючого прямокутника в плані 18,53 x 45,47 м, товщина перекриття – 200 мм.

Організація і технологія будівельного процесу наведені у додатку Б.

3.4 Складання календарного плану виконання робіт

Взаємозв'язок між різними етапами будівельного процесу детально відображено у календарному графіку, який дозволяє забезпечити точну координацію робіт, виключити конфлікти між бригадами та ефективно управляти ресурсами на всіх етапах будівництва.

План визначає послідовність виконання робіт, їх тривалість, необхідну кількість працівників і ресурсів для кожного етапу будівництва. Тривалість кожного процесу на графіку відображена у вигляді лінії (вектора), над якою зазначено кількість робітників, залучених до виконання цього етапу.

Вихідні матеріали для проектування календарного плану

Розробка календарного плану базується на таких вихідних матеріалах:

- робочі креслення об'єкта, що дозволяють уточнити конструктивні особливості;
- дані інженерних та техніко-економічних вишукувань, зокрема інформація про ґрунти, кліматичні умови та технічні характеристики ділянки;
- характеристики будівельних машин і механізмів, які планується використовувати на об'єкті;

- типи та можливості транспорту для доставки матеріалів і обладнання;
- нормативні вимоги або директивні строки будівництва, що задаються відповідно до державних стандартів.

Календарний план виконання робіт разом із графіком руху робочої сили наведено на аркуші 8 графічної частини проекту. Ці документи є важливими інструментами управління будівельним процесом, що дозволяють ефективно досягати поставлених цілей у межах нормативних строків та з оптимальним використанням ресурсів.

Нормативний термін виконання будівельно-монтажних робіт [18] становить 13,6 місяців, але завдяки раціональній організації фактична тривалість скорочена до 13 місяців.

Середня кількість робітників на об'єкті під час виконання будівельно-монтажних робіт становить 29 осіб, максимальна кількість – 46 осіб у пікові періоди.

3.4.1 Техніко-економічні показники календарного плану

Тривалість будівництва

Тривалість виконання будівельних робіт розраховується за формулою:

$$T \leq T_{\text{норм}},$$

де T – фактична тривалість будівництва за календарним графіком (днів);

$T_{\text{норм}}$ – нормативна тривалість будівництва (днів).

У даному проекті фактична тривалість будівництва становить 13 місяців, що менше за нормативний термін виконання, визначений на рівні 13,6 місяців. Це досягається завдяки застосуванню поточного методу організації робіт, ефективному використанню ресурсів і раціональному розподілу завдань між бригадами.

Показник суміщення будівельних процесів у часі

Показник суміщення визначається за формулою:

$$K_{\text{сум.}} = \frac{\sum T}{T} = \frac{38}{13} = 2,9$$

де $\sum T = 38$ міс. – сумарна тривалість виконання всіх будівельних процесів при послідовному виконанні робіт;

$T = 13$ міс. – тривалість робіт за календарним планом.

Показник нерівномірності руху робочої сили

Цей показник визначає, наскільки рівномірно розподіляється трудова діяльність на об'єкті, обчислюється за формулою:

$$K_{\text{нер}} = \frac{N_{\text{max}}}{N_{\text{cp}}} = \frac{46}{29,28} = 1,57$$

N_{max} – максимальне число робітників в зміну;

N_{cp} – середньоспискове число робітників.

Середньоспискову кількість робітників розраховано за формулою:

$$N_{\text{cp}} = \frac{\sum Q}{T_p} = \frac{8057,1}{275} = 29,28.$$

де $\sum P = 8057,1$ люд.-дн. – сумарна працеемність;

T_p – тривалість будівельних робіт у днях.

Показник змінності

Показник змінності визначає ефективність використання робочого часу:

$$K_{\text{змін}} = \frac{\text{Загальна кількість змін}}{\text{Кількість відпрацьованих днів}} = \frac{275}{275} = 1.$$

Цей показник дозволяє оцінити продуктивність роботи в межах запланованого часу, а також ефективність планування робочих змін.

3.5 Проектування будгенплану об'єкта

Проектування будівельного генерального плану є одним із етапів організації будівництва, оскільки воно забезпечує ефективне використання території, ресурсів та техніки. Для будівництва готелю в м. Одеса, будгенплан враховує специфіку міського середовища, оптимальне розміщення тимчасових і постійних споруд, зон виконання робіт, а також відповідність вимогам техніки безпеки та

нормативним документам.

3.5.1 Визначення потреби в інвентарних будинках

На будівельному генеральному плані відображені всі необхідні елементи для організації будівельного процесу, включаючи:

- проєктований об'єкт;
- постійні комунікації та автомобільні дороги, що забезпечують транспортну доступність об'єкта;
- стоянка для монтажного крану, розташована відповідно до зон обслуговування;
- тимчасові та основні будівлі, які включають санітарно-побутові приміщення, адміністративні споруди та склади;
- складські майданчики, передбачені для зберігання будівельних матеріалів, обладнання та інструментів;
- загородження та тимчасове освітлення, що гарантують безпеку працівників та навколишнього середовища у темну пору доби.

Зони виконання робіт та небезпечні ділянки огорожуються відповідно до вимог [19], із встановленням попереджувальних знаків та бар'єрів.

Інвентарні тимчасові будівлі розміщуються на вільних ділянках будівельного майданчика з урахуванням їх зручності для використання протягом усього періоду будівництва. Вибір місця для розташування тимчасових споруд враховує:

- можливість безперешкодного доступу до них;
- мінімізацію витрат часу на переміщення працівників;
- забезпечення безпеки руху на майданчику.

Потребу в інвентарних будівлях визначають залежно від кількості працівників, які задіяні у процесі будівництва. Розподіл працівників за категоріями для житлово-цивільного будівництва виглядає так:

Загальна кількість працівників розраховується за формулою:

$$N_{заг} = (N_{МОП} + N_{роб.} + N_{ПП} + N_{служб.}) k = (1 + 46 + 3 + 2) 1,05 = 54 \text{ особи.}$$

Площа інвентарних будівель санітарно-побутового призначення

визначається на основі кількості працівників, які працюють у найбільш чисельну зміну. Для цього об'єкта максимальна кількість працівників становить:

$$N_{max} = 46 \text{ осіб.}$$

Розрахунок площі приміщень виконується відповідно до нормативів ДБН, які передбачають мінімальні санітарні умови для кожної категорії працівників:

3.5.2 Розрахунок площі складських приміщень

Розрахунок площі складів здійснюється у табличній формі для зручності систематизації даних. Проектом передбачено зберігання 8-10 видів матеріалів і конструкцій, що потребує розрахунку площ як для відкритих, так і закритих складів.

Вихідні дані для розрахунку площ складів

Розрахунок потрібної площі для зберігання матеріалів, виробів і обладнання виконується на основі таких показників:

- нормативи площі складів, що враховують специфіку матеріалів;
- нормативи запасів основних матеріалів і виробів, які забезпечують безперебійний хід будівельного процесу;
- середньодобова витрата матеріалів;
- коефіцієнт нерівномірності споживання матеріалів, що приймається на рівні $k = 1,3$.

Організація складського господарства

Для раціонального зберігання матеріалів на будівельному майданчику передбачено:

- відкриті майданчики, що використовуються для зберігання:
 - цегли;
 - бетонних і залізобетонних конструкцій;
 - матеріалів, стійких до впливу температури та вологості.
- закриті склади, що поділяються на два типи:
 - опалювальні: для зберігання лакофарбових матеріалів, хімікатів, клеїв тощо;

- неопалювальні: для рулонних матеріалів, мінеральної вати, гіпсокартону, скла, електротехнічних матеріалів, фанери.
- спеціальні приміщення для зберігання столярних виробів, рулонних матеріалів (наприклад, руберойду, теплоізоляції).

Розрахунок запасу матеріалів на складі:

$$Q_{зан} = Q_{заг} / T \alpha n k,$$

де: $Q_{зан}$ – запас матеріалів на складі, т;

$Q_{заг}$ – загальна кількість матеріалів для будівництва, т;

T – тривалість розрахункового періоду (за календарним планом), днів;

α – коефіцієнт нерівномірності постачання (для автотранспорту $\alpha = 1,1$);

n – норма запасу матеріалів (у днях):

– місцеві матеріали (цегла, щебінь, утеплювач): 2–5 днів;

– привізні матеріали (цемент, скло, металоконструкції): 10–15 днів;

$k = 1,3$ – коефіцієнт нерівномірності витрат матеріалів.

Корисна площа складу без проходів:

$$F = Q_{зан} / q,$$

де: F – корисна площа складу, м²;

q – кількість матеріалів, що вкладається на 1 м² складу, т.

Загальна площа складу з урахуванням проходів:

$$S = F / \beta,$$

де: S – загальна площа складу, м²;

β – коефіцієнт на проходи (наприклад, $\beta=0,8$).

Рекомендації щодо організації складських площ:

– відкриті склади повинні бути захищені від підтоплення, обладнані дренажними системами та зручними під'їзними шляхами;

– закриті склади мають забезпечувати захист від вологості, пилу та механічних пошкоджень, а для опалювальних складів необхідно враховувати енергетичні витрати на підтримання температурного режиму.

Підрахунок складських площ проводимо у табличній формі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Відомість розрахунку складських приміщень на будмайданчику

| Конструкції, вироб, матеріали | Одиниця виміру | Загальна потреба Qзаг. | Тривалість укладання матеріалу в | Найбільша добова витрата, Qзаг/Т | Число днів запасу, n | Коефіцієнт нерівномірності | Коеф. нерівномірності | Запас на складі, Qзап | Норма зберігання на 1 м ² , q | Корисна площа складу, м ² , F | Коефіцієнт використання площі складу, β | Повна площа складу, S м ² | Розміри складу (метри) | Характеристика складу |
|-------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|---|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Опалубки інвентарна | м ² | 96.1 | 1.40 | 54.2 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 155.26 | 18.00 | 8.63 | 0.60 | 14.8 | 3.3x4,0 | Нав. |
| Бетон | м ³ | 24.5 | 5.20 | 4.7 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 6.72 | - | 140.71 | 0.60 | - | | Від. |
| Газоблоки | 1000 шт | 35.6 | 27.50 | 1.2 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 5.55 | 0.70 | 7.92 | 0.60 | 13.1 | 9,6x6.0 | Від. |
| Щебінь | м ³ | 7.7 | 1.40 | 5.4 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 15.63 | 2.50 | 6.25 | 0.50 | 12.0 | 3.0x4.2 | Від. |
| Розчин цем.-гіпсаний | м ³ | 144.7 | 26.00 | 5.5 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 7.95 | - | 1.78 | 0.60 | - | | Від. |
| Дошки | м ³ | 2.2 | 2.60 | 0.8 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 2.40 | 1.80 | 1.33 | 0.60 | 2.2 | 1.0x2,1 | Нав. |
| Декоративна штукатур. | мішок | 35.5 | 3.40 | 10.9 | 11.00 | 1.10 | 1.30 | 161.93 | 16.00 | 10.12 | 0.70 | 14.6 | 3,0x5,0 | Зак. |
| Арматура | м ³ | 22.4 | 26.90 | 0.8 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 2.37 | 10.00 | 0.24 | 0.60 | 0.39 | 0.8x5 | Від. |
| Стяжка звукоізоляційна | мішок | 50.9 | 3.40 | 14.8 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 63.85 | 16.00 | 3.99 | 0.70 | 5.6 | 2,0x2.8 | Зак. |
| Керамічна плитка | м ² | 520.8 | 10.50 | 49.5 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 212.46 | 80.00 | 2.66 | 0.70 | 3.9 | 1.9x2,0 | Зак. |
| Клей для плитки Ceresit | мішок | 106.5 | 10.50 | 10.1 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 43.31 | 16.00 | 2.71 | 0.70 | 3.7 | 1,9x2,0 | Зак. |
| Шпаклівка Ceresit | мішок | 123.2 | 16.20 | 7.6 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 32.57 | 16.00 | 2.04 | 0.70 | 2.7 | 1.0x2,9 | Зак. |
| Металоконструкції | т | 0.1 | 0.30 | 0.4 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 0.48 | 0.70 | 0.68 | 0.70 | 0.9 | 0,45x2,0 | Від. |
| Дерев'яні елементи | м ³ | 8.2 | 2.80 | 2.9 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 8.43 | 1.80 | 4.68 | 0.60 | 7.7 | 2.0x3.9 | Нав. |
| Гіпсокартон | м ² | 330.3 | 12.00 | 27.4 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 117.98 | 16.00 | 7.37 | 0.70 | 10.3 | 2,0x5,0 | Зак. |
| Лаки-фарби | л | 354.5 | 4.90 | 72.3 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 309.93 | 700.00 | 0.44 | 0.70 | 0.5 | 0.3x2 | Зак. |
| Сталевий дріт | кг | 37.7 | 5.00 | 7.6 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 21.56 | 500.00 | 0.04 | 0.70 | 0.1 | 0,6x0,1 | Зак. |
| Пароізоляційна плівка | м ² | 125.7 | 0.55 | 227.3 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 325.00 | 200.00 | 1.63 | 0.70 | 2.2 | 2.0x3.5 | Зак. |
| Пінополістирол | м ³ | 8.9 | 0.30 | 29.7 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 42.42 | 3.00 | 14.14 | 0.60 | 23.7 | 4,0x5,8 | Нав. |
| Підвіконні дошки | м ³ | 3.7 | 1.20 | 3.2 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 4.43 | 1.80 | 2.46 | 0.60 | 4.1 | 2,0x2,05 | Нав. |
| Віконні блоки | м ² | 87.7 | 2.00 | 43.4 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 124.41 | 45.00 | 2.76 | 0.60 | 4.4 | 2,3x2.0 | Нав. |
| Дверні блоки | м ² | 124.5 | 2.40 | 51.7 | 2.00 | 1.10 | 1.30 | 147.77 | 44.00 | 3.36 | 0.60 | 5.5 | 2,8x2.0 | Нав. |
| Труби і жолоби прями | мп | 130.3 | 2.50 | 52.2 | 3.00 | 1.10 | 1.30 | 223.08 | 100.00 | 2.23 | 0.70 | 3.3 | 2x1,5 | Зак. |

4 ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

4.1 Пояснювальна записка до економічної частини проекту

Економічна частина проекту передбачає розрахунок вартості будівництва, обґрунтування вибору матеріалів і технологій, а також визначення економічної доцільності реалізації проекту. Основною метою є забезпечення ефективного використання ресурсів, зменшення витрат на будівництво і подальшу експлуатацію готелю у місті Одеса.

Розрахунок вартості будівництва виконувався на основі укрупнених кошторисних норм із врахуванням сучасних цін на будівельні матеріали, робочу силу та техніку. До складу витрат включено прямі витрати на матеріали, оплату праці робітників, експлуатацію машин і механізмів, а також накладні витрати та кошти на покриття ризиків. Особливу увагу приділено вибору матеріалів: використання монолітного залізобетонного каркасу зумовлено його оптимальним співвідношенням вартості та довговічності. Теплоізоляційні та оздоблювальні матеріали обрано з урахуванням їхньої енергоефективності, що дозволить знизити експлуатаційні витрати на опалення та кондиціонування.

Для визначення кошторисної вартості на загальнобудівельні роботи проектом розраховано локальний кошторис:

- кошторисна вартість: 41718,956 тис. грн;
- загальна кошторисна трудомісткість: 212,431 тис. люд.-год;
- загальна кошторисна заробітна плата: 12071,248 тис. грн.

4.2 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи

Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи наведено у додатку В до кваліфікаційної роботи.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Загальні вимоги до робітників на будівництві. Робітники, які виконують будівельні роботи, повинні мати необхідну кваліфікацію та пройти навчання й перевірку знань із питань охорони праці, надання першої долікарської допомоги, а також дій у разі нещасного випадку або аварії [19, 20]. Вони допускаються до виконання робіт тільки після проходження відповідного інструктажу з техніки безпеки, а також первинного інструктажу на робочому місці. Всі інструктажі реєструються у відповідному журналі.

Перед виконанням спеціалізованих робіт, таких як електрозварювання, монтаж конструкцій, висотні роботи або робота з шкідливими речовинами, обов'язково проводиться цільовий інструктаж.

Працівники, залучені до транспортних і такелажних робіт (стропувальники, вантажники), допускаються до роботи лише після проходження цільового інструктажу, що забезпечує їхню безпеку при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт.

Транспортні й вантажно-розвантажувальні роботи. На будівельному майданчику повинні бути облаштовані тимчасові дороги для руху транспортних засобів. Проектом встановлюються обмеження руху, зони заборони перенесення стріли з вантажем та межі небезпечної зони роботи крану.

Відповідальний за вантажно-розвантажувальні роботи, повинен:

- перевіряти справність вантажопідіймальних механізмів і такелажного обладнання;
- організувати роботу з дотриманням правил безпеки;
- проводити роз'яснювальну роботу серед працівників щодо послідовності виконання операцій, сигналів та властивостей матеріалів.

Вантажі масою понад 30 кг та вантажі, які піднімаються на висоту більше 2 м, повинні транспортуватися виключно механізованим способом.

Земляні роботи. Перед виконанням земляних робіт працівники зобов'язані пройти цільовий інструктаж. Для запобігання обвалу ґрунту котловани копають

із відкосом 1:1, відповідно до інженерно-геологічних умов (піщаний ґрунт, глибина виїмки до 5 м).

У місцях, де відбувається рух людей або транспорту, встановлюються загородження з попереджувальними написами, які вночі освітлюються. Забороняється стоянка техніки та складування матеріалів у межах призми обвалу ґрунту.

Для забезпечення безпеки через траншеї облаштовуються перехідні містки з огороженням та освітленням. Робота екскаватора допускається тільки при дотриманні безпечної відстані (радіус дії машини плюс 5 м).

Бетонні роботи. Будівля, що проектується, є монолітно-каркасною, тому передбачений значний обсяг бетонних робіт. Бетон доставляється на майданчик у вигляді готової суміші.

Перед початком робіт керівник зобов'язаний перевірити:

- стійкість та міцність риштувань і опалубки;
- справність бетононасосів, маніпуляторів та іншого обладнання;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Розбирати опалубку дозволяється лише після досягнення бетоном не менше 70% проектною міцності. Бетонування перекриттів супроводжується облаштуванням огорожень по периметру опалубки.

Забороняється виконувати роботи під час грози, ожеледиці, туману або при швидкості вітру понад 12 м/с.

Монтажні роботи. Монтаж конструкцій виконується з використанням спеціальних засобів підмоцнення, які повинні бути надійно закріплені. Працівники зобов'язані перебувати тільки на встановлених і закріплених конструкціях. Забороняється:

- виконання робіт під монтованими конструкціями;
- перебування працівників у зоні дії підйомних механізмів.

Особливу увагу слід приділяти стану монтажних пристроїв (траверс, стропів), які мають проходити регулярний контроль.

Оздоблювальні роботи. Монтаж теплоізоляції фасаду та вітражів

здійснюється з використанням колісок, які надійно закріплюються до будівлі. Місця під робочою зоною повинні бути огорожені.

Забороняється виконувати одночасні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі.

Внутрішні оздоблювальні роботи повинні проводитися за умови забезпечення достатньої провітрюваності приміщень. Заборонено використання лакофарбових матеріалів без зазначення їх пожежної та токсичної безпеки.

Дотримання цих вимог забезпечує безпечну організацію робіт на будівельному майданчику, знижує ризик нещасних випадків і сприяє ефективності виконання завдань.

6 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УТЕПЛЕННЯ ПЛОСКОЇ ПОКРІВЛІ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВОГО АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ

6.1 Актуальність теми дослідження

Сучасні вимоги до енергоефективності будівель стають дедалі жорсткішими у зв'язку з глобальними викликами енергозбереження, підвищенням вартості енергоресурсів та необхідністю зменшення негативного впливу будівельної галузі на довкілля. Утеплення плоскої покрівлі є одним із ключових факторів, що впливають на тепловтрати будівлі, особливо для громадських споруд, таких як готелі, де стабільний мікроклімат і мінімізація експлуатаційних витрат є пріоритетом.

Зважаючи на кліматичні умови м. Одеса, що характеризуються спекотним літом, помірною зимою та високою вологістю, важливо підібрати такий матеріал для утеплення плоскої покрівлі, який забезпечить ефективний енергетичний баланс будівлі впродовж усього року. Оптимізація вибору утеплювача дозволяє зменшити енерговитрати на опалення та охолодження, що, у свою чергу, підвищує економічну ефективність експлуатації будівлі та сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Хоча коефіцієнти теплопровідності мінеральної вати, пінополістиролу та піноскла є близькими, їхні експлуатаційні характеристики, такі як теплова інерція, паропроникність, стійкість до вологи та механічна міцність, можуть значно впливати на загальну енергоефективність будівлі. Тому числовий аналіз енергетичного балансу будівлі з різними варіантами утеплення дозволяє визначити найефективніше рішення з урахуванням реальних умов експлуатації.

Застосування BIM-технологій та енергетичного моделювання за допомогою сучасного програмного забезпечення дозволяє виконати точний аналіз теплових процесів у будівлі та вибрати оптимальний матеріал для утеплення покрівлі. Це сприяє підвищенню якості проектних рішень, забезпечує раціональне

використання ресурсів та знижує вплив будівлі на навколишнє середовище.

Таким чином, дане дослідження є актуальним та своєчасним. Воно спрямоване на підвищення енергоефективності громадських будівель, що відповідає сучасним вимогам будівельної галузі та стратегічним цілям енергозбереження України.

6.2 Аналіз літературних джерел за темою дослідження

Проблема забезпечення енергоефективності будівель шляхом оптимального вибору утеплювача для плоских покрівель є актуальною через необхідність зменшення тепловтрат, підвищення комфорту в приміщеннях та зниження експлуатаційних витрат. Ця проблема особливо актуальна для будівель у кліматичних умовах м. Одеса, де поєднуються спекотне літо, помірна зима та підвищена вологість повітря.

У дослідженнях [21, 22, 23] розглянуто питання впливу різних утеплювачів на енергоефективність будівель зокрема і за допомогою моделювання в програмі EnergyPlus. Автори показали, що вибір утеплювача може зменшити енерговитрати на опалення до 15%. Проте у цих дослідженнях серед проаналізованих видів утеплювачів не було враховано піноскла, яке має унікальні властивості, такі як нульова паропроникність і висока міцність.

Аналіз робіт, присвячених застосуванню BIM та BEM- моделей для оцінки енергетичних показників проєктованих будівель та споруд [24, 25, 26], свідчить про значний їх можливості при обчисленнях енергетичного балансу будівель та оптимізації конструктивних рішень. Проте питання впливу різних теплоізоляційних матеріалів на енергоефективність плоских покрівель у громадських будівлях, розглянуті не недостатньо глибоко. Зокрема, недостатньо враховується вплив теплої інерції, паропроникності та вологісного режиму матеріалів у конкретних кліматичних умовах.

Звіт Міжнародного енергетичного агентства Energy Efficiency 2023 [27]

підкреслює актуальність енергоефективності в будівельному секторі на тлі зростання глобального попиту на енергію та необхідності зниження викидів CO₂. У звіті наголошується на важливості впровадження енергоефективних технологій, таких як оптимізація освітлення, утеплення, а також архітектурно-конструктивних заходів, що включають раціональне проектування будівель з урахуванням зовнішніх факторів, зокрема особливостей району будівництва. Ці положення підкреслюють необхідність дослідження оптимального варіанту утеплювача суміщеної покрівлі для підвищення її енергоефективності.

Огляд наукових публікацій показав, що хоча в літературі широко висвітлюються питання енергоефективності будівель та утеплення покрівель, комплексне порівняння мінеральної вати, пінополістиролу та піноскла із застосуванням числового аналізу для кліматичних умов м. Одеса досі недостатньо досліджене. Тому оптимізація вибору утеплювача для плоскої покрівлі на основі BIM- та BEM-моделювання залишається актуальним завданням, що потребує подальших досліджень.

Метою дослідження є експериментальна оптимізація вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі будівлі готелю на основі числового аналізу енергоефективності з використанням BIM-технологій. Це передбачає моделювання та порівняння енергетичних показників будівлі для різних варіантів утеплювача з подальшим вибором найбільш ефективного рішення, що забезпечить мінімальні тепловтрати та енергоспоживання в умовах клімату м. Одеса.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання дослідження**:

1. Розробити три BIM-моделі будівлі готелю з різними варіантами утеплення покрівлі (мінеральна вата, пінополістирол, піноскло).
2. Створити BEM-моделі та провести енергетичний аналіз кожного варіанта утеплення за допомогою EcoDesigner Star.
3. Проаналізувати результати енергоефективності та обґрунтувати вибір оптимального матеріалу для утеплення покрівлі.

Об'єктом дослідження є плоска суміщена покрівля будівлі готелю у м. Одеса.

Предметом дослідження є енергоефективність будівлі залежно від застосування різних теплоізоляційних матеріалів для утеплення плоскої покрівлі. У рамках дослідження розглядаються три варіанти утеплювачів: мінеральна вата, пінополістирол та піноскло.

Пояснення вибору об'єкта та предмета

Об'єктом дослідження є плоска суміщена покрівля будівлі готелю у м. Одеса, що обумовлено актуальністю для громадських будівель, де важливо забезпечити комфортний мікроклімат для гостей та оптимізувати експлуатаційні витрати. Плоска покрівля є поширеним конструктивним рішенням, яке вимагає ефективної теплоізоляції для мінімізації тепловтрат у холодний період та уникнення перегріву в теплий сезон. Кліматичні умови м. Одеса, що характеризуються спекотним літом, помірною зимою та підвищеною вологістю, підвищують вимоги до теплоізоляційних характеристик покрівлі, роблячи питання вибору оптимального утеплювача особливо важливим.

Предметом дослідження є енергоефективність будівлі залежно від застосування різних матеріалів для утеплення плоскої покрівлі. У рамках дослідження розглядаються три варіанти утеплювачів: мінеральна вата, пінополістирол та піноскло. Ці матеріали мають близькі коефіцієнти теплопровідності, однак їх експлуатаційні характеристики, такі як теплова інерція, паропроникність, стійкість до вологи та механічна міцність, можуть по-різному впливати на загальний енергетичний баланс будівлі. Оптимізація вибору утеплювача на основі числового аналізу дозволить визначити найбільш ефективний матеріал, що забезпечить мінімізацію тепловтрат і енергоспоживання будівлі. Використання BIM-технологій та енергетичного моделювання дозволяє виконати точний аналіз теплових процесів у будівлі, враховуючи конструктивні особливості та кліматичні умови, що робить дослідження актуальним для сучасної будівельної практики та сталого розвитку.

6.3 Методи дослідження

Метод інформаційного моделювання будівель (BIM) є одним із ключових методів, що застосовується у даному дослідженні для створення та аналізу цифрових моделей будівлі готелю. Цей метод передбачає використання програмного забезпечення для формування детальної тривимірної моделі, що включає всі конструктивні елементи будівлі та їхні фізичні характеристики. У рамках дослідження створюються три варіанти BIM-моделей із різними матеріалами утеплення плоскої покрівлі: мінеральною ватою, пінополістиролом та піносклом. Кожна модель містить точну геометрію, дані про будівельні матеріали, вузли, шари конструкцій та інші параметри, необхідні для подальшого енергетичного аналізу.

Застосування BIM-технології дозволяє систематизувати інформацію про будівлю, забезпечуючи високий рівень деталізації та узгодженості даних. Це дає можливість відстежувати зміни у конструктивних рішеннях, а також виконувати перевірку моделей на наявність колізій чи невідповідностей ще на етапі проєктування. Завдяки BIM-моделям можна легко інтегрувати параметри утеплювачів та проводити подальше енергетичне моделювання, що є основою для оптимізації вибору матеріалу.

BIM-моделювання дозволяє значно підвищити якість і точність проєктних рішень. Цей метод забезпечує можливість візуалізації та аналізу конструктивних рішень, що допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо вибору матеріалів. Крім того, BIM надає можливість для інтеграції з інженерними розрахунками, зокрема для оцінки енергоефективності будівлі через BEM-моделювання. Використання інформаційних моделей будівель дозволяє автоматизувати процеси проєктування, спрощує внесення змін і забезпечує узгодженість інформації між різними етапами дослідження.

Метод інформаційного моделювання будівель є фундаментальною основою для дослідження, оскільки він забезпечує створення точних і детальних моделей будівлі, які є базою для подальших енергетичних розрахунків і порівняльного

аналізу ефективності різних утеплювачів.

Метод енергетичного моделювання будівель (BEM) є важливим інструментом для оцінки енергоефективності будівлі та відіграє ключову роль у даному дослідженні. Цей метод передбачає створення цифрової енергетичної моделі будівлі для аналізу теплових процесів, визначення енерговитрат та оптимізації конструктивних рішень. У рамках дослідження для енергетичного моделювання використовується програмний модуль EcoDesigner Star, інтегрований із BIM-моделлю будівлі готелю.

На основі трьох створених BIM-моделей будівлі з різними варіантами утеплення плоскої покрівлі формується три відповідні BEM-моделі. Кожна з цих моделей враховує геометрію будівлі, теплотехнічні характеристики матеріалів, кліматичні умови м. Одеса та експлуатаційні параметри. Енергетичне моделювання дозволяє провести детальний аналіз тепловтрат через покрівлю, а також оцінити загальне споживання енергії на опалення та охолодження будівлі.

Процес енергетичного моделювання включає розрахунок енергетичного балансу будівлі, визначення теплових потоків, аналіз режимів роботи систем опалення та кондиціонування, а також врахування впливу сонячної радіації, вентиляції та внутрішніх теплових надходжень. Програмний модуль EcoDesigner Star генерує звіти, які містять детальну інформацію про споживання енергії, коефіцієнт теплопередачі, температурні коливання та ефективність теплоізоляційних матеріалів у різних умовах експлуатації.

Застосування методу BEM дозволяє оцінити вплив теплоізоляційних характеристик кожного варіанту утеплення на загальну енергоефективність будівлі. Це допомагає виявити матеріал, який забезпечить найнижчі енерговитрати, найкращий температурний режим та мінімізує тепловтрати. Крім того, енергетичне моделювання дозволяє врахувати фактори, які неможливо визначити традиційними методами розрахунку, наприклад, теплову інерцію або паропроникність утеплювачів.

Метод енергетичного моделювання будівель забезпечує глибокий та точний аналіз енергоефективності для кожного варіанта утеплення, що є необхідним для

прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації конструкції покрівлі готелю. Результати, отримані за допомогою ВЕМ, дозволяють визначити найбільш ефективний матеріал для утеплення та підвищити загальну енергоефективність будівлі.

Метод порівняльного аналізу та оптимізації є завершальним етапом дослідження, який забезпечує вибір найбільш ефективного матеріалу для утеплення плоскої покрівлі на основі результатів енергетичного моделювання. Цей метод полягає у систематичному зіставленні енергетичних показників, отриманих для трьох варіантів утеплення будівлі готелю: мінеральною ватою, пінополістиролом та піносклом. Завдяки цьому методу визначаються оптимальні рішення, що сприяють підвищенню енергоефективності та зниженню експлуатаційних витрат.

Процес порівняльного аналізу починається зі збору даних, отриманих у результаті енергетичного моделювання кожного з трьох варіантів. Ці дані включають показники тепловтрат через покрівлю, споживання енергії на опалення та охолодження будівлі, а також загальний енергетичний баланс. Для забезпечення об'єктивності та точності аналізу розглядаються додаткові фактори, такі як теплова інерція матеріалів, їхня паропроникність, стійкість до вологи та довговічність. Це дозволяє оцінити не лише безпосередній вплив утеплювача на енергоспоживання, але й його ефективність у довгостроковій перспективі.

Далі результати аналізуються за кількісними та якісними критеріями. Кількісні показники, такі як загальні енерговитрати та тепловтрати, порівнюються між собою для виявлення утеплювача, що забезпечує найменші втрати енергії. Якісні характеристики матеріалів, такі як їхня екологічність, легкість монтажу, стійкість до кліматичних умов м. Одеса, також враховуються під час вибору оптимального рішення.

На основі отриманих результатів виконується оптимізація, тобто вибір такого утеплювача, який мінімізує енерговитрати, забезпечує стабільний температурний режим у приміщенні та відповідає вимогам довговічності та

стійкості до зовнішніх впливів. Важливою складовою цього методу є обґрунтування прийнятого рішення, що базується на результатах числового аналізу та фактичних даних, отриманих під час моделювання.

Метод порівняльного аналізу та оптимізації дозволяє систематизувати та оцінити ефективність різних теплоізоляційних матеріалів для утеплення плоскої покрівлі. Він забезпечує прийняття обґрунтованого та раціонального рішення, що сприяє підвищенню енергоефективності будівлі готелю та відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та енергозбереження

6.4 Результати дослідження

6.4.1 Розробка трьох BIM-моделі будівлі готелю з різними варіантами утеплення покрівлі

У рамках дослідження було розроблено три детальні інформаційні моделі будівлі готелю, що відрізняються варіантами утеплення плоскої суміщеної покрівлі. Ці моделі створені для подальшого енергетичного аналізу та порівняння ефективності різних теплоізоляційних матеріалів з метою вибору оптимального рішення для підвищення енергоефективності будівлі. Усі три варіанти моделювалися з використанням програмного забезпечення Archicad (рис. 6.1), що дозволяє точно відтворювати конструктивні елементи та їх фізичні характеристики.



Рисунок 6.1 – Загальний вид інформаційної моделі будівлі готелю

Загальна характеристика будівлі

Проектована будівля готелю є 8-поверховою з підвальним приміщенням, розташованою у м. Одеса. Будівля має плоску суміщену покрівлю, що виконує функції перекриття верхнього поверху та захисного шару від зовнішніх впливів. Кліматичні умови м. Одеса характеризуються спекотним літом, помірно холодною зимою та підвищеною вологістю, що обумовлює високі вимоги до теплоізоляції покрівлі для забезпечення комфортного мікроклімату в будівлі та зниження енерговитрат.

Конструктивні варіанти утеплення покрівлі

Варіант 1 – утеплення мінеральною ватою. У першій моделі як утеплювач використовується мінеральна вата товщиною 200 мм. Мінеральна вата характеризується високою паропроникністю, хорошими теплоізоляційними властивостями та стійкістю до впливу високих температур. У моделі передбачено таку конструкцію покрівлі:

- покрівельна ПВХ-мембрана товщиною 2,5 мм;
- ухилоутворююча цементно-піщана стяжка (основа для покриття) 40 мм;
- гідроізоляційна мембрана;
- шар мінеральної вати товщиною 200 мм;
- пароізоляційна мембрана;
- залізобетонна плита покриття товщиною 200 мм.

Варіант 2 – утеплення пінополістиролом. У другій моделі використовується пінополістирол товщиною 200 мм. Цей матеріал відрізняється низькою теплопровідністю, малою вагою та стійкістю до вологи, проте має нижчу паропроникність порівняно з мінеральною ватою. Конструкція покрівлі включає:

- покрівельна ПВХ-мембрана товщиною 2,5 мм;
- ухилоутворююча цементно-піщана стяжка (основа для покриття) 40 мм;
- шар пінополістиролу товщиною 200 мм;
- пароізоляційна мембрана;
- залізобетонна плита покриття товщиною 200 мм.

Варіант 3 – утеплення піносклом. У третій моделі застосовується піноскло

товщиною 200 мм. Піноскло є матеріалом із нульовою паропроникністю, високою стійкістю до вологи, вогнестійкістю та тривалим терміном експлуатації. Конструкція покрівлі має такий вигляд:

- покрівельна ПВХ-мембрана товщиною 2,5 мм;
- ухилоутворююча цементно-піщана стяжка (основа для покриття) 40 мм;
- шар піноскла загальною товщиною 200 мм;
- залізобетонна плита покриття товщиною 200 мм.

Процес створення BIM-моделей

Під час створення моделей особлива увага приділялася точному відтворенню геометричних параметрів, матеріалів, а також конструктивних вузлів, що забезпечують надійну теплоізоляцію та гідроізоляцію покрівлі. Усі три моделі були створені з урахуванням:

- вузлів примикання покрівлі до парапетів для запобігання утворенню теплових містків;
- системи водовідведення для забезпечення ефективного відведення дощової та талої води;
- засобів пожежної безпеки та стійкості до кліматичних впливів.

BIM-моделі були перевірені на відповідність нормативним вимогам щодо теплотехнічних характеристик та експлуатаційних властивостей конструкцій. Створені моделі стали основою для подальшого енергетичного моделювання (BEM) з метою оцінки ефективності різних утеплювачів у реальних кліматичних умовах м. Одеса.

6.4.2 Створення BEM-моделей та проведення енергетичного аналізу кожного варіанта утеплення за допомогою EcoDesigner Star

На основі створених BIM-моделей будівлі готелю було сформовано енергетичні моделі (BEM-моделі) для проведення енергетичного аналізу будівлі (рис. 6.2). Цей процес здійснювався за допомогою програмного модуля EcoDesigner Star, що дозволяє інтегрувати енергетичне моделювання безпосередньо в середовище Archicad. Енергетичне моделювання виконувалося для кожного з трьох варіантів утеплення: мінеральною ватою, пінополістиролом

та піносклом, щоб визначити їх вплив на енергоефективність будівлі.

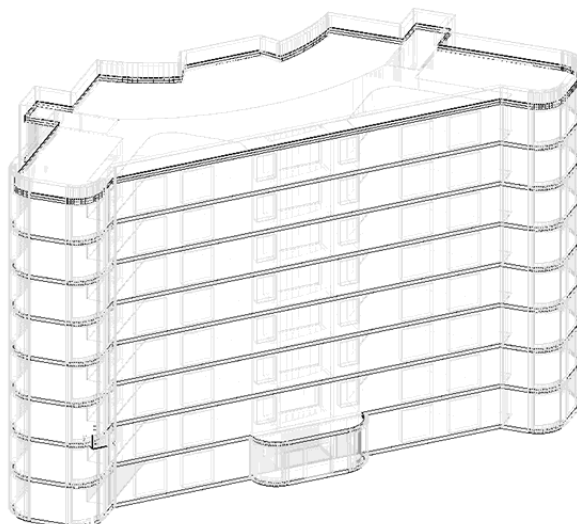


Рисунок 6.2 – Енергетична модель будівлі готелю

Формування BEM-моделей

BEM-моделі (Building Energy Models) є цифровими енергетичними моделями, які відображають фізичні характеристики будівлі, кліматичні умови та режими експлуатації. Під час формування BEM-моделей для кожного варіанта утеплення було враховано:

- геометрію будівлі, включаючи точні розміри покрівлі та інших конструктивних елементів.
- теплотехнічні характеристики утеплювачів, такі як коефіцієнт теплопровідності, теплова інерція, потужність нагрівання, паропроникність та щільність;
- кліматичні умови м. Одеса, що включають дані про середньорічну температуру, вологість, швидкість та напрямок вітру, а також сонячну випромінювання;
- експлуатаційні параметри будівлі, такі як графік (профіль) використання приміщень, внутрішні теплові надходження від людей, освітлення та обладнання, а також вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування.

Проведення енергетичного аналізу в EcoDesigner Star

Після створення BEM-моделей для кожного з трьох варіантів утеплення було проведено енергетичний аналіз за допомогою EcoDesigner Star. Ця

програма виконує розрахунок енергетичного балансу будівлі на основі введених даних та генерує детальні звіти, що включають усі необхідні для аналізу розрахункові параметри. Серед основних параметрів, які аналізуються у звітах:

- загальні тепловтрати будівлі через різні огорожувальні конструкції, включаючи покрівлю;
- витрата енергії на опалення та охолодження, що дозволяє оцінити ефективність утеплення в різні сезони;
- енергетичний баланс будівлі, що показує співвідношення між тепловтратами та теплопоступленнями (від сонячної радіації, внутрішніх джерел тепла тощо);
- річне енергоспоживання будівлі, розподілене за категоріями: опалення, охолодження, освітлення, вентиляція тощо;
- температурний режим внутрішніх приміщень, що дозволяє оцінити комфортні умови для користувачів будівлі.

Аналіз результатів енергетичного моделювання

Отримані звіти (рис. 6.3) для трьох варіантів утеплення містять детальну інформацію про ефективність кожного утеплювача. Зокрема, аналізуються такі аспекти:

- тепловтрати через покрівлю для кожного варіанта утеплення;
- вплив теплої інерції матеріалів на стабільність внутрішнього температурного режиму;
- паропроникність та ризик конденсації в конструкції покрівлі, що особливо важливо для умов підвищеної вологості;
- загальні річні витрати на енергоспоживання для підтримання оптимального мікроклімату в будівлі.

параметри матеріалів, що впливають на загальний енергетичний баланс будівлі. До таких параметрів належать теплова інерція, паропроникність, стійкість до вологи, а також особливості експлуатації будівлі у певних кліматичних умовах. У випадку готелю в м. Одеса, де характерні високі літні температури, помірні зимові температури та підвищена вологість, ці характеристики можуть мати значний вплив на ефективність утеплювача та загальні енерговитрати будівлі.

Для більш точної оцінки енергоефективності було проведено числові експерименти за допомогою енергетичного моделювання (BEM) в програмі EcoDesigner Star. Це дозволило детально проаналізувати вплив кожного утеплювача на тепловтрати через покрівлю, споживання енергії на опалення та охолодження, а також загальний енергетичний баланс будівлі з урахуванням реальних умов експлуатації та кліматичних даних (рис. 6.4).

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|-----------------------------------|---|--------------------------|-------------|----------|---------|---------|
| 1 | | | | | Піноскло | ППС | Мінвата |
| 2 | КЛЮЧОВІ ЗНАЧЕННЯ | | | | | | |
| 3 | Площа підлоги брутто: | | м ² | 4573,00 | | | |
| 4 | Оброблювана площа підлоги: | | м ² | 4035,00 | | | |
| 5 | Площа зовнішніх поверхонь: | | м ² | 3036,00 | | | |
| 6 | Вентильований об'єм: | | м ³ | 12104,00 | | | |
| 7 | Коефіцієнт скління: | | % | 15,68 | | | |
| 8 | Витік повітря: | | 1/год | 1,85 | | | |
| 9 | Зовнішня потужність нагрівання: | | Дж/м ² К | 25,09 | | | |
| 10 | U-ЗНАЧЕННЯ | | | | | | |
| 11 | Середнє по Оболонці Будівлі: | | м ² К/Вт | 1,23 | | | |
| 12 | Підлоги: | | м ² К/Вт | 0.28 - 0.28 | | | |
| 13 | Зовн.: | | м ² К/Вт | 5.68 - 0.12 | | | |
| 14 | Підземн.: | | м ² К/Вт | - | | | |
| 15 | Отвори: | | м ² К/Вт | 0.30 - 0.29 | | | |
| 16 | ПРОЄКТНІ НАВАНТАЖЕННЯ | | | | | | |
| 17 | Опалення: | | кВт·год/м ² а | | 18,03 | 18,44 | 18,96 |
| 18 | Охолодження: | | кВт·год/м ² а | | 3,50 | 3,52 | 3,63 |
| 19 | Години пониженого опалення: | | год | | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 20 | Години пониженого охолодження: | | год | | 7580,00 | 7575,00 | 7575,00 |
| 21 | Градусо-дні опалювального періоду | | | | 3895 | 3895 | 3895 |
| 22 | Градусо-дні періоду охолодження | | | | 1514 | 1514 | 1514 |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | ОСОБЛИВА РІЧНА ПОТРЕБА | | | | | | |
| 25 | Енергія нагрівання нетто: | | кВт·год/м ² а | | 18,03 | 18,44 | 18,96 |
| 26 | Енергія охолодження нетто: | | кВт·год/м ² а | | 3,50 | 3,52 | 3,63 |
| 27 | Сумарна енергія нетто: | | кВт·год/м ² а | | 21,53 | 21,96 | 22,59 |
| 28 | Енергоспоживання: | | кВт·год/м ² а | | 143,07 | 143,13 | 143,14 |
| 29 | Споживання палива: | | кВт·год/м ² а | | 140,38 | 140,43 | 140,45 |
| 30 | Основна енергія: | | кВт·год/м ² а | | 220,16 | 220,22 | 220,24 |
| 31 | Вартість палива: | | грн/м ² а | | 177,95 | 178,01 | 178,03 |
| 32 | | | | | | | |
| 33 | ПИТОМІ ЕНЕРГОПОТРЕБИ | | | | | | |
| 34 | Опалення | | кВт·год/а | | 74010,7 | 74224 | 74294,2 |
| 35 | Охолодження | | кВт·год/а | | 14120,2 | 14127,9 | 14135,2 |

Рисунок 6.4 – Порівняння енергоефективності при використанні різних матеріалів утеплення покрівлі

Результати енергетичного аналізу

Піноскло показало найкращі результати серед розглянутих матеріалів. Завдяки своїм властивостям, таким як нульова паропроникність, висока міцність, стійкість до вологи та довговічність, піноскло забезпечило мінімальні тепловтрати через покрівлю. Його висока теплова інерція допомагає підтримувати стабільний температурний режим у приміщеннях готелю, що зменшує навантаження на системи опалення та кондиціонування. У результаті, використання піноскла дозволило знизити загальні енерговитрати на 4,7% у порівнянні з іншими варіантами.

Пінополістирол зайняв друге місце за енергоефективністю. Цей матеріал характеризується низькою теплопровідністю, малою вагою та стійкістю до вологи за умови надійної гідроізоляції. Завдяки цим властивостям пінополістирол забезпечує досить низькі тепловтрати та ефективну теплоізоляцію. Однак його низька теплова інерція призводить до менш стабільного температурного режиму, що підвищує навантаження на системи опалення та кондиціонування. В результаті будівля з утепленням пінополістиролом показала вищі енерговитрати ніж у варіанті з піносклом.

Мінеральна вата показала найгірші результати серед трьох розглянутих варіантів. Незважаючи на хорошу теплопровідність та високу паропроникність, цей матеріал має значний недолік – високе вологопоглинання. В умовах підвищеної вологості м. Одеса мінеральна вата схильна до накопичення вологи, що призводить до зниження її теплоізоляційних характеристик. Крім того, мінеральна вата має нижчу міцність і вимагає додаткових заходів для захисту від вологи. Через ці фактори будівля з утепленням мінеральною ватою показала найвищі тепловтрати та найбільші річні енерговитрати, порівняно з піносклом.

Діаграми порівняння питомих та загальних енергетичних потреб для різних матеріалів утеплення покрівлі представлені на рис. 6.5.

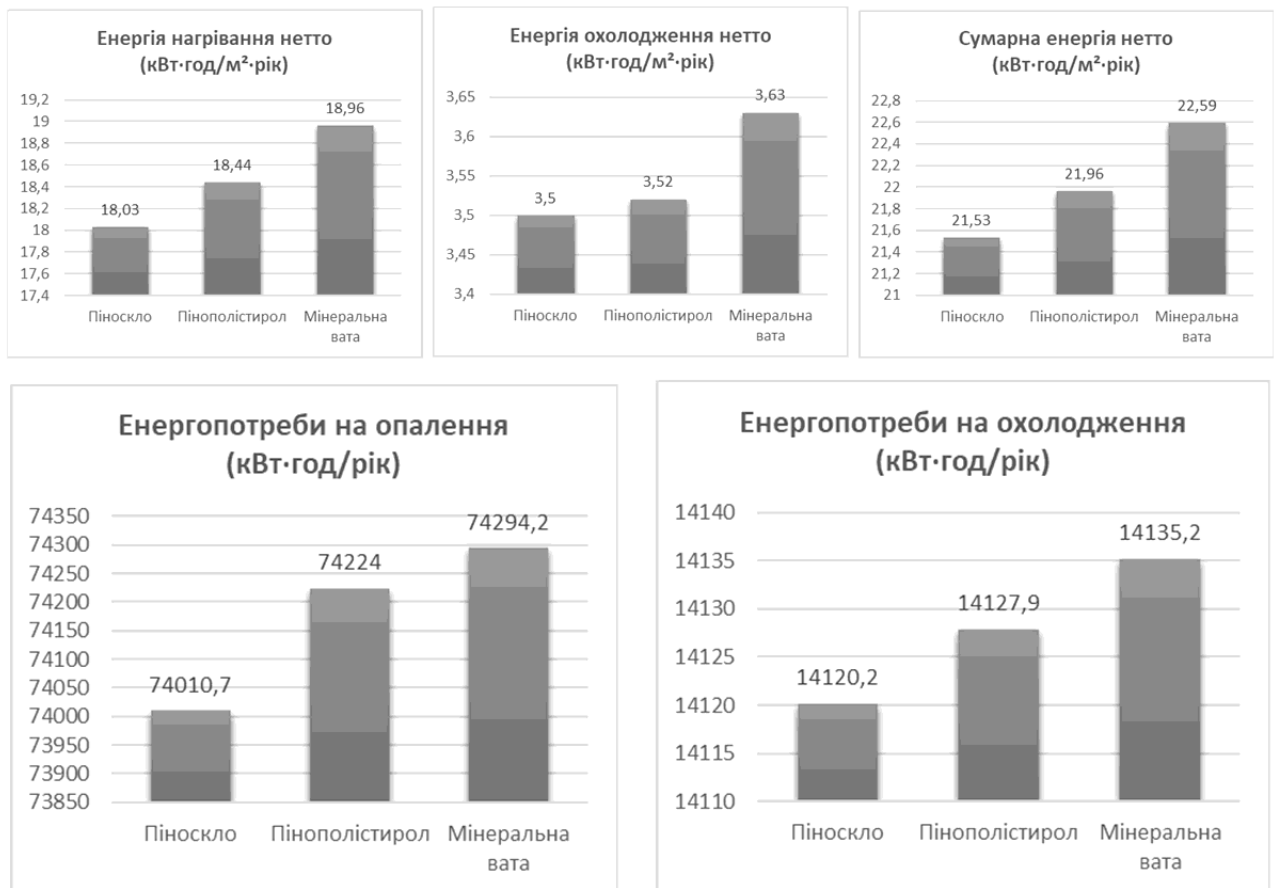


Рисунок 6.5 – Діаграми порівняння питомих та загальних енергетичних потреб для різних матеріалів утеплення покрівлі

Обґрунтування вибору оптимального матеріалу

Аналіз результатів енергетичного моделювання показав, що серед розглянутих матеріалів піноскло є найбільш енергоефективним варіантом утеплення плоскої покрівлі для будівлі готелю в умовах м. Одеса. Його стійкість до вологи, нульова паропроникність, висока теплова інерція та довговічність забезпечують мінімальні тепловтрати та стабільний мікроклімат у приміщеннях. Використання піноскла дозволяє підвищити енергоефективність будівлі, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити відповідність сучасним вимогам сталого розвитку та енергозбереження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному підході до оптимізації вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі з використанням методів інформаційного моделювання будівель (BIM) та енергетичного моделювання (BEM). Дослідження вперше систематично порівнює енергоефективність трьох різних утеплювачів – піноскла,

пінополістиролу та мінеральної вати – на основі числового аналізу енергетичних характеристик будівлі готелю з врахуванням особливостей експлуатації приміщень в умовах конкретного кліматичного регіону, а саме міста Одеса.

Отримані результати демонструють, що навіть при однакових значеннях коефіцієнта теплопровідності утеплювачів, такі параметри, як теплова інерція, паропроникність та вологопоглинання, мають суттєвий вплив на загальний енергетичний баланс будівлі. Зокрема, було встановлено, що утеплення покрівлі піносклом забезпечує найнижчі тепловтрати та мінімізує витрати енергії на опалення та кондиціонування за рахунок його високої теплої інерції та нульової паропроникності.

Дослідження також підкреслює важливість числових експериментів для моделювання енергоефективності будівель у різних умовах експлуатації, що дозволяє більш точно оцінювати вплив утеплювачів на теплові процеси та роботу інженерних систем. У порівнянні з традиційними методами теплотехнічного розрахунку, які не враховують комплексного впливу всіх теплотехнічних і фізичних характеристик матеріалів, числове моделювання забезпечує більш глибокий та обґрунтований аналіз.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості раціонального вибору матеріалу для утеплення плоскої покрівлі з метою підвищення енергоефективності будівель. Використання піноскла як оптимального утеплювача дозволяє зменшити тепловтрати, знизити витрати на опалення та кондиціонування, а також забезпечити стабільний мікроклімат у приміщеннях. Це особливо актуально для готелів у кліматичних умовах м. Одеса.

Результати дослідження сприяють впровадженню енергоефективних рішень, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку та екологічним стандартам. Застосування BIM- та BEM-технологій дозволяє підвищити точність проєктування, автоматизувати розрахунки та уникнути помилок на ранніх етапах будівництва. Отримані напрацювання можуть бути використані для

вдосконалення методів проєктування, зниження експлуатаційних витрат будівель, а також у навчальному процесі для підготовки майбутніх фахівців у галузі будівництва та архітектури.

Проведене дослідження надає дієві інструменти для підвищення енергоефективності громадських будівель, сприяючи зниженню витрат на енергоресурси та забезпеченню комфортних умов експлуатації.

Апробація результатів дослідження здійснювалася шляхом їх представлення на наукових семінарах, публікації тез доповіді на міжнародній конференції молодих вчених та студентів, а також в процесі навчальних занять зі студентами спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Також виконано порівняльний аналіз у реальних умовах проєктування готелю, що підтвердив ефективність застосування методів BIM- та BEM-моделювання для оптимізації вибору матеріалів утеплення покрівлі.

6.5 Висновки

У науковому розділі проєкту виконано дослідження, присвячене оптимізації вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі на основі числового аналізу енергоефективності будівлі готелю в м. Одеса. Було розроблено три BIM-моделі будівлі з різними варіантами утеплювача покрівлі: мінеральною ватою, пінополістиролом та піносклом. На основі цих моделей створено відповідні BEM-моделі, для яких виконано енергетичний аналіз за допомогою програми EcoDesigner Star.

У процесі дослідження встановлено, що незважаючи на однакові коефіцієнти теплопровідності утеплювачів, такі параметри, як теплова інерція, паропроникність та вологопоглинання, значно впливають на загальний енергетичний баланс будівлі. Числові експерименти показали, що найвищу енергоефективність забезпечує утеплення покрівлі піносклом завдяки його нульовій паропроникності, стійкості до вологи та високій тепловій інерції. Пінополістирол продемонстрував середні показники енергоефективності, а

мінеральна вата виявилася найменш ефективною через її схильність до накопичення вологи.

Результати дослідження довели необхідність застосування числового моделювання для точного аналізу енергетичної ефективності утеплювачів, оскільки традиційні теплотехнічні розрахунки не враховують усі фізичні та експлуатаційні характеристики матеріалів. Наукова новизна полягає у використанні інтегрованих BIM- та BEM-технологій для оптимізації конструктивних рішень, що дозволяє підвищити енергоефективність будівель та забезпечити їх відповідність вимогам сталого розвитку.

Проведене дослідження надає практичні рекомендації для вибору матеріалів утеплення плоских покрівель, що сприяють зменшенню тепловтрат, підвищенню комфорту та зниженню експлуатаційних витрат будівель.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі на тему «Готель у м. Одеса» розроблено комплексний проєкт 8-поверхової будівлі готелю, що включає архітектурно-будівельні, розрахунково-конструктивні та технологічні рішення. Робота охоплює всі ключові аспекти проєктування та будівництва, а також включає науковий розділ, присвячений оптимізації утеплення плоскої покрівлі для підвищення енергоефективності будівлі.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-планувальне рішення готелю, що відповідає сучасним вимогам функціональності, комфорту та безпеки. Передбачено необхідні приміщення для гостей і персоналу, а також забезпечено евакуаційні шляхи та засоби пожежної безпеки. Використані матеріали та конструктивні рішення відповідають кліматичним умовам м. Одеса.

У розрахунково-конструктивній частині виконано розрахунок основних несучих конструкцій будівлі, зокрема монолітного залізобетонного каркасу, фундаментної плити, плит перекриття та колон. Розрахунки виконано у програмному комплексі «МОНОМАХ-САПР», що забезпечило точність та надійність конструкцій. Запропоновані рішення забезпечують просторову жорсткість і стійкість будівлі.

У розділі технологія та організація будівництва розроблено календарний план виконання будівельно-монтажних робіт, будгєнплан та заходи з організації робіт на будівельному майданчику. Запропоновано поточний метод виконання робіт із суміщенням процесів, що дозволяє оптимізувати будівельні ресурси та скоротити терміни будівництва.

В економічній частині виконано техніко-економічний аналіз проєкту, який підтвердив ефективність обраних конструктивних і технологічних рішень. Розраховано кошторис на загальнобудівельні роботи.

Розроблено розділ з охорони праці, у якому передбачені заходи з охорони праці та техніки безпеки під час виконання будівельних робіт, включаючи правила безпеки для земляних, монтажних, бетонних та оздоблювальних робіт.

У науковому розділі проведено дослідження з оптимізації вибору матеріалів для утеплення плоскої покрівлі на основі числового аналізу енергоефективності будівлі. Створено три BIM-моделі будівлі з різними утеплювачами: мінеральною ватою, пінополістиролом та піносклом. На основі BEM-моделювання в програмі EcoDesigner Star встановлено, що найбільш енергоефективним є утеплення покрівлі піносклом. Це дозволяє мінімізувати тепловтрати та забезпечити стабільний мікроклімат у будівлі.

Отже, магістерська робота є завершеним проектом, що відповідає сучасним вимогам будівництва, енергоефективності та сталого розвитку. Отримані результати можуть бути застосовані у практиці проектування громадських будівель, а також слугувати базою для подальших наукових досліджень у сфері енергоефективного будівництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Самчук В.П., Пустюльга С.І., Кислюк Д.Я., Пахолюк О.А., Борис П.М. Комп'ютерне проектування енергоефективного покриття покрівель у середовищі Archicad. Інновації у будівництві: зб. тез доповідей X Міжнародної наук.-практ. інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених, 15 травня 2025 р., м. Луцьк [Ел. ресурс] – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – с. 152-155
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.
3. Гетун Г.В. Архітектура будівель і споруд. Книга 1. Основи проектування: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге, перероблене і доповнене / Гетун Г.В. – К.: КОНДОР, 2012, – 380 с.
4. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 42 с.
5. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд.
6. Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. Багатопверхові каркасно-монолітні житлові будинки/ Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. – К.: КОНДОР, 2005. – 220 с.
7. Гетун Г., Плоский В. , Куліков П. Конструкції будівель і споруд. Книга 1. Видавництво: Ліра-К, 2021. – 880 с.
8. Кравченко В. Водопостачання та каналізація. Кондор, 2011. – 288 с.
9. Гуденко Валентина, Гуденко Валерій. Санітарно-технічне обладнання будівель. Видавництво: Аграрна Освіта, 2010. – 303 с.
10. Возняк О. Теплогазопостачання та вентиляція. Львівська політехніка, 2019. – 276 с.
11. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 58 с.
12. Жидкова Т.В. Будівельна фізика : підручник / Т.В. Жидкова, Т.М. Апатенко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 405 с.
13. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2020, 72 с.
14. Городецкий Д.А., Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Лазарев А.А., Рассказов

А.А. МОНОМАХ-САПР 2013: Навчальний посібник. – К.: 2013. – 368 с.

15. Крусь Ю.О. Основи та фундаменти : Курсове і дипломне проектування : Навч. посібник / За ред. д-ра техн. наук, професора Є.М. Бабича. – Рівне : НУВГП, 2011. – 214 с.

16. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ, Мінрегіонбуд України, 2018.

17. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва.

18. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів

19. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.

20. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

21. Дудар І. Н., Риндюк С.В. Енергоефективні матеріали та конструкції для теплового захисту будівель і споруд, СучТехнБудів, вип. 23, вип. 2, Лис 2017.

22. Timchenko, R., Krishko, D., Savenko, V., & Yablonskaya, V. (2022). The use of modern efficient heaters to improve the energy efficiency of public buildings. *Journal of Kryvyi Rih National University*, 20(1), 153-158.

23. Дешко В.І. Використання енергетичного моделювання будівель при розробці проектів з підвищення енергоефективності [Текст] / В.І. Дешко, І.О. Суходуб, П.Ю. Сердечний // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2019. - № 4 (136). - С. 86-96.

24. An, N., Li, X., Yang, H., Pang, X., Gao, G., & Ding, D. (2024). From Building Information Modeling to Building Energy Modeling: Optimization Study for Efficient Transformation. *Buildings*, 14(8), Article 8.

25. González, J., Soares, C. A. P., Najjar, M., & Haddad, A. N. (2021). BIM and BEM Methodologies Integration in Energy-Efficient Buildings Using Experimental Design. *Buildings*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/buildings11100491>

26. Elnabawi, M. H. (2020). Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results. *Frontiers in Built Environment*, 6. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.573971>

27. Energy Efficiency 2023 – Analysis. (2023, November 29). IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>

