

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 «БАКАЛАВР»
БУДІВНИЦТВО РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ
У М. КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ,
ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛ.**

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

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

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІсз-31
Передон Богдан Васильович

(підпис)

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

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:
АНДРІЙЧУК Олександр Валентинович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну
Кафедра будівництва та цивільної інженерії
Ступінь вищої освіти бакалавр
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Індивідуальна освітня траєкторія здобувача промислове та цивільне будівництво
Освітня програма Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва та
цивільної інженерії

О. УЖЕГОВА

" 31 " грудня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Передону Богдану Васильовичу
(прізвище (ім'я, по батькові))

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Будівництво рекреаційного комплексу у
м. Кам'янець - Подільський, Хмельницької обл.

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Володимир Самчук,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)
К.Т.Н., доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 31 " грудня 2024 року № 489/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 1 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра район будівництва, 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 або покриття /розрахунок освітлення);
техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проєктування
таких несучих конструкцій будівлі: монолітних залізобетонних
колон та фундаментної плити

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів;
розробка технологічної карти на виконання певного виду будівельних робіт,
складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування будівельного
генерального плану об'єкта. Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи.

Заходи з охорони праці, охорони навколишнього середовища при зведенні об'єкту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проекту (2 аркуші), включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі. Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проекту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2 (2 аркуші). Розділ "Технологія та організація будівництва" (2 аркуші) виконується на стадії робочого проекту, включає проект виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту або технологічну карту на виконання певних робіт.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Ім'я, прізвище, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	Володимир Самчук доцент каф. БУІ		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Світлана Ротко, доцент каф. БУІ		
3. Технологія та організація будівництва	Орест Пахомюк доцент каф. БУІ		
4. Економічна частина	Володимир Самчук доцент каф. БУІ		
5. Охорона праці	Володимир Самчук доцент каф. БУІ		

7. Дата видачі завдання " 31 " грудня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Перша контрольна перевірка. Архітектурно-будівельна частина	05.05.2025	
2	Друга контрольна перевірка. Розрахунково-конструктивна частина. Технологія та організація будівництва	10.05.2025	
3	Третя контрольна перевірка. Економічна частина. Охорона праці. Завершення випускної кваліфікаційної роботи	24.05.2025	
4	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	03.06.2025	
5	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	07.06.2025	
6	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	07.06.2025	
7	Захист випускної кваліфікаційної роботи	Графік роботи екзаменаційної комісії № 37: 23, 24 і 25 червня 2025 р.	

Здобувач вищої освіти

Керівник дипломного проекту

Горисенко Тетяна
(ім'я та прізвище)

Володимир Самчук
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Передон Б.В. Будівництво рекреаційного комплексу у м. Кам'янець-Подільський, Хмельницької обл. Рукопис.

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

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків.

Об'єктом дослідження є будівля рекреаційного комплексу, що проектується в м. Кам'янець-Подільський, Хмельницької області. Метою роботи є комплексне архітектурно-будівельне проектування громадського об'єкта із дотриманням нормативних, функціональних, конструктивних, організаційно-технологічних, економічних та охоронно-безпечних вимог.

У роботі проаналізовано містобудівну ситуацію, розроблено архітектурно-планувальну концепцію з урахуванням принципів доступності та енергоефективності. Виконано розрахунок несучих конструкцій (фундаментна плита, колони) з використанням ПК «MONOMAX-CAD».

Технологічна частина охоплює складання календарного плану, бюджету, розрахунок трудомісткості, чисельності працівників і вибір крана. Економічна частина включає локальний кошторис, сформований у ПК АВК-5, що дозволило обґрунтувати витрати та ефективність проекту. Розділ з охорони праці містить рішення щодо безпечного виконання робіт, дотримання пожежних, санітарно-гігієнічних та екологічних вимог.

Результати дослідження мають прикладне значення для проектування, організації будівництва та техніко-економічної оцінки громадських об'єктів у сучасних урбаністичних умовах.

Ключові слова: рекреаційний комплекс, архітектурне проектування, будівельні конструкції, організація будівництва, економіка будівництва.

SUMMARY

Peredon B.V. Construction of a Recreational Complex in Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region. Manuscript.

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

The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references, and appendices.

The object of the study is the building of a recreational complex designed in the city of Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region. The purpose of the work is the comprehensive architectural and construction design of a public facility in accordance with regulatory, functional, structural, organizational-technological, economic, and safety requirements.

The work analyzes the urban planning context and develops an architectural and planning concept based on the principles of accessibility and energy efficiency. The structural calculation of the load-bearing elements (foundation slab and columns) was performed using the “MONOMAKH-SAPR” software.

The technological section includes the development of a construction schedule, site layout plan, calculation of labor intensity, number of workers, and crane selection. The economic section contains a local cost estimate prepared using the AVK-5 software, which allowed for the justification of costs and evaluation of project efficiency. The occupational safety section presents solutions for safe work execution, as well as compliance with fire safety, sanitary-hygienic, and environmental standards.

The results of the study are practically applicable for the design, construction management, and economic evaluation of public facilities in modern urban conditions.

Keywords: recreational complex, architectural design, building structures, construction management, construction economics.

ЗМІСТ

Вступ	7
Вихідні дані проекту	9
Умови району будівництва.....	9
Функціональна характеристика.....	10
1 Архітектурно-будівельна частина	12
1.1 Об'ємно-планувальне рішення.....	12
1.2 Архітектурно-конструктивне рішення.....	15
1.3 Інженерні мережі.....	18
1.4 Будівельна фізика	21
1.5 Техніко-економічні показники	24
2 Розрахунково-конструктивна частина	25
2.1 Обґрунтування вибору конструкцій.....	25
2.2 Інформаційне моделювання та аналіз конструктивної системи будівлі у МОНОМАХ-САПР	26
2.3 Розрахунок та конструювання монолітної фундаментної плити.....	31
2.4 Розрахунок та конструювання монолітних колон.....	34
3 Технологія та організація будівництва.....	36
3.1 Визначення номенклатури та об'ємів робіт.....	36
3.2 Вибір методів виконання робіт.....	39
3.3 Підбір монтажного крана.....	40
3.4 Складання календарного плану виконання робіт.....	42
3.5 Проектування бюджету плану об'єкта	43
4 Економіка будівництва	50
4.1 Пояснювальна записка до економічної частини проекту	50
4.2 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи.....	51
5 Охорона праці.....	52
Висновки	55
Перелік джерел посилання	57

ВСТУП

Сучасний розвиток міст і потреба населення у якісному відпочинку створюють актуальну потребу у створенні нових рекреаційних комплексів, здатних гармонійно поєднувати функції відпочинку, оздоровлення та активного дозвілля. Особливої актуальності ця проблема набуває в історико-культурних містах, таких як Кам'янець-Подільський, де туристичний потенціал поєднується з потребами сучасної інфраструктури. Проектування рекреаційного комплексу як складної архітектурно-будівельної споруди дозволяє вирішити не лише архітектурно-просторові, а й соціально-економічні завдання, спрямовані на підвищення комфортності міського середовища.

Проблематика проектування багатофункціональних рекреаційних об'єктів є предметом дослідження багатьох науковців і практиків у галузі архітектури, будівництва та урбаністики. Серед вагомих праць можна відзначити дослідження з архітектурного планування, інженерного забезпечення, енергоефективності, що публікуються у фахових журналах та обговорюються на міжнародних конференціях. Проте недостатньо розробленими залишаються комплексні проекти, які одночасно враховують конструктивні рішення, економічну доцільність та охорону праці на етапі будівництва таких об'єктів у конкретних регіонах. Саме це визначає актуальність та новизну обраного напрямку дослідження.

Мета роботи полягає у розробленні проектних, інженерних та організаційно-технологічних рішень зі зведення рекреаційного комплексу в м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області, а також в обґрунтуванні техніко-економічної ефективності проекту [1].

Завдання роботи:

- проаналізувати містобудівну ситуацію та вихідні дані для проектування;
- розробити архітектурно-будівельну частину проекту із урахуванням сучасних норм;
- виконати розрахунки та проектування несучих конструкцій будівлі;
- визначити технологію і організацію будівництва з урахуванням трудомісткості, машинного забезпечення та календарного планування;

- сформував будівельний генеральний план з розрахунком техніко-економічних показників;
- скласти локальний кошторис на загальнобудівельні роботи та оцінити економічну ефективність проекту;
- розробити заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

Об'єктом дослідження є будівництво цивільної будівлі – рекреаційного комплексу у м. Кам'янець-Подільський.

Предметом дослідження є методи та інженерні рішення з проектування, розрахунку, організації та економічного обґрунтування будівництва рекреаційного комплексу, що відображають сучасні підходи у галузі будівництва та цивільної інженерії.

Методика дослідження ґрунтується на поєднанні розрахункових, аналітичних і нормативних методів. У роботі застосовано:

- аналітичні методи – для вивчення літературних джерел і нормативної бази;
- інженерні розрахунки – для визначення навантажень та параметрів конструкцій;
- графічне моделювання – для створення планів і креслень;
- методи організаційного проектування – для складання календарного плану та бюджету;
- економічний аналіз – для розрахунку кошторисної вартості;
- системний підхід – для інтеграції усіх розділів у цілісну проектну документацію.

Інформаційну базу дослідження становлять:

- чинні державні будівельні норми (ДБН), державні стандарти (ДСТУ), нормативні документи з охорони праці;
- програмне забезпечення для інженерних розрахунків і моделювання: ПК Autodesk AutoCAD, MOHOMAX-CAIP.
- ціноутворювальні дані для будівництва (кошторисні норми, поточні ціни, ресурси АВК-5).

ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ

Умови району будівництва

Ділянка проектування розташована в центральній частині міста Кам'янець-Подільський, Хмельницької області. Район забудови характеризується наявністю розвиненої транспортної інфраструктури, підключенням до діючих інженерних комунікацій – водопроводу, теплових мереж, електропостачання та каналізації. Територія вільна від забудови та значних зелених насаджень, має зручний доступ до вуличної мережі.

Рекреаційний комплекс проектується в I кліматичному районі України – південно-західному (Полісся, Лісостеп) відповідно до положень [2]. Район характеризується помірно-континентальним кліматом з холодною зимою та теплим літом.

Клас наслідків (відповідальності) проектованої будівлі встановлено як СС2, відповідно до ДБН В.1.2-14:2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».

Будівля належить до III ступеня вогнестійкості та має розрахунковий термін експлуатації 100 років.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»:

- ділянка забудови належить до IV снігового району із розрахунковим навантаженням від снігу 1400 Па;
- III вітровий район – характеристичне значення вітрового тиску становить 500 Па.

За даними карти сейсмічного районування України [ОСР-2004-С], для м. Кам'янець-Подільський прогнозована сейсмічність з імовірністю 1% становить 7 балів.

Кліматичні параметри для умов проектування:

- середня температура найхолодніших п'яти діб: -22°C ;
- середня температура найхолоднішої доби: -27°C .

Нормативна глибина промерзання ґрунту в регіоні становить 0,9 м, згідно з п.7.5.3 ДБН В.2.1-10:2009 «Основи та фундаменти споруд».

Домінуючі напрями вітру – південно-східні (за даними кліматичних довідників ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010).

Умовна відмітка 0,000 прийнята на рівні чистої підлоги першого поверху проєктованого комплексу.

Рішення генерального плану розроблено з урахуванням існуючих містобудівних умов, вимог технічного завдання, чинних державних будівельних норм та особливостей ділянки. Зовнішні інженерні мережі – електро-, тепло- та водопостачання – забезпечують можливість підключення об'єкта без потреби у значній модернізації.

Функціональна характеристика

Проєктований об'єкт належить до громадських будівель оздоровчо-відпочинкового призначення [3]. Рекреаційний комплекс розрахований на обслуговування мешканців та гостей міста Кам'янець-Подільський, а також туристичних груп, що відвідують місто. Основною метою функціонування комплексу є забезпечення умов для активного відпочинку, оздоровлення та проведення дозвілля.

Будівля має комбіновану поверховість: три надземні поверхи з частковим підвищенням до чотирьох, а також підвальний рівень, що займає всю площу забудови. Таке просторове рішення забезпечує функціональну зональність та гнучкість у використанні внутрішніх приміщень.

До складу основних функціональних зон комплексу входять:

- вхідна група з вестибюлем, гардеробом та рецепцією;
- оздоровчий блок (сауни, масажні кабінети, зали для релаксації);
- спортивно-реабілітаційна зона (фітнес-зал, тренажерна зала, зала для групових занять);
- зона громадського харчування (кафе або буфет з технологічними приміщеннями);

- адміністративно-побутові приміщення для персоналу;
- технічні та інженерні приміщення (венткамери, щитові, бойлерна тощо);
- санітарно-гігієнічні вузли на кожному поверсі.

Приміщення спроектовано з урахуванням чинних нормативних вимог щодо інсоляції, вентиляції, освітлення, протипожежного захисту, енергетичної ефективності та безбар'єрності (ДБН В.2.2-9:2018, ДБН В.1.1-7:2016, ДБН В.2.5-28:2018 та інші).

Особливу увагу приділено безпечному та зручному доступу всіх категорій користувачів, у тому числі маломобільних груп населення – передбачено пандуси, ліфт, відповідні розміри проходів, дверей, приміщень санвузлів.

Архітектурно-планувальні рішення забезпечують:

- чітке функціональне зонування;
- мінімізацію шляхів перетину потоків відвідувачів і персоналу;
- можливість незалежної роботи окремих частин комплексу в різні години доби;
- ефективну взаємодію з міським середовищем.

Усі конструктивні та інженерні рішення адаптовані до функціонального призначення будівлі, її енергетичних та експлуатаційних характеристик, а також передбачуваного інтенсивного режиму експлуатації.

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Проектований рекреаційний комплекс є громадською будівлею каркасного типу, що має складну просторову структуру та комбіновану поверховість: чотири надземні поверхи в одній частині та три – в іншій, а також повноцінний підвальний рівень під усією площею забудови. Таке об'ємно-планувальне рішення [4] забезпечує функціональну гнучкість, оптимальне зонування і зручну експлуатацію споруди.

У плані будівля має габаритні розміри $33,7 \times 18,8$ м (в осях 1–12 та А–І). Загальна висота будівлі до покрівлі складає 14,3 м. Висота підвального поверху прийнята 3,0 м, першого – 3,3 м, типових поверхів – 3,3 м, що відповідає вимогам до громадських споруд з інтенсивним режимом використання.

Об'ємно-планувальне рішення передбачає чітке зонування за функціональними ознаками. Перший поверх виконує рекреаційно-оздоровчу функцію. Тут розташовано басейн з необхідною зоною відпочинку, масажні кабінети, сауна, більярдна, приміщення для переодягання та супровідні підсобні кімнати. Простір організовано з урахуванням технології експлуатації вологих приміщень, вимог безпеки та комфорту.

На другому та третьому поверхах запроектовано приміщення змішаного функціонального призначення: адміністративні кабінети, охорона, гардероб, інвентарна, приміщення для персоналу, ресторан із сервіровочними, торгівельна зона, а також кілька готельних номерів. Передбачено зручну логістику пересування персоналу і відвідувачів, наявність просторого холу та окремого вестибюля.

Четвертий поверх призначений виключно для розміщення готельних номерів різного рівня комфорту, включаючи стандартні, покращені та сімейні. Планування розроблено з урахуванням нормативів інсоляції та звукоізоляції.

Для вертикального зв'язку між поверхами передбачено дві евакуаційні сходові клітки, виходи з яких орієнтовано безпосередньо назовні, що відповідає

вимогам пожежної безпеки. Також запроєктовано ліфт, доступний для маломобільних груп населення [5].

У підвальному рівні розміщено інженерно-технічні приміщення – індивідуальний тепловий пункт, вентиляційна камера, складські та службові приміщення для обслуговуючого персоналу. Передбачено примусову вентиляцію, підключення до зовнішньої системи пожежогасіння та технічного водопостачання.

Об'ємно-планувальне рішення сформовано з урахуванням природного ландшафту, містобудівного контексту, орієнтації по сторонах світу, панівних напрямків вітру та доступу до інженерних комунікацій. Забудова органічно інтегрована у середовище міста, з урахуванням транспортної доступності та санітарно-захисних вимог.

На території комплексу передбачено влаштування проїздів для легкового та спецтранспорту, стоянок для автотранспорту відвідувачів і персоналу. Під'їзди до будівлі забезпечують нормативні габарити для пожежно-рятувальних машин. Благоустрій ділянки включає озеленення вільної території шляхом створення газонів із багаторічних трав, посадки декоративних дерев, а також влаштування майданчиків з твердим покриттям.

Експлікація приміщень подана у таблицях 1.1, 1.2 та 1.3, згідно з поверховими планами.

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень підвалу

№	Найменування	Площа, м ²	Кат.* приміщ.
1	Тамбур	4,88	
2	Масажна кімната	5,15	
3	Відпочинкова кімната	19,28	
4	Відпочинкова кімната	15,12	
5	Коридор	5,24	
6	Санвузол	2,31	
7	Коридор	2,85	
8	Приміщення технічне	1,89	
9	Паливна	1,49	
10	Сауна	11,64	
11	Коридор	6,89	

12	Санвузол	4,54	
13	Коридор	28,79	
14	Душова	2,11	
15	Басейн	18,54	
16	Масажна кімната	5,11	
17	Басейн	11,65	
18	Сауна	6,87	
19	Індивідуальний тепловий пункт	19,12	
20	Сходи	18,54	
21	Торговий зал	129,75	
22	Сходи	18,86	
23	Жіночий санвузол	6,19	
24	Чоловічий санвузол	5,34	
25	Санвузол	5,24	
26	Приміщення персоналу	7,33	
27	Приміщення персоналу	10,21	
28	Кухня	38,29	
29	Коридор	12,68	
30	Тамбур	3,42	
31	Комора	8,78	
32	Комора	7,15	
33	Комора	18,65	
34	Комора	25,85	

Таблиця 1.2 – Експлікація приміщень першого поверху

№	Найменування	Площа, м ²	Кат.* приміщ.
35	Тамбур	9,38	
36	Інвентарна	2,42	
37	Охорона	6,23	
38	Гардероб	9,15	
39	Хол	41,14	
40	Санвузол	5,23	
41	Приміщення персоналу	7,57	
42	Приміщення персоналу	10,23	
43	Сервірувальна	37,89	
44	Бар	5,23	
45	Санвузол	5,24	
46	Сходи	18,87	
47	Сходи	18,32	
48	Ресторан	57,44	
49	Номер готелю	20,23	
50	Номер готелю	15,24	
51	Номер готелю	26,41	

52	Номер готелю	26,14	
53	Номер готелю	15,32	
54	Приміщення персоналу	12,45	
55	Санвузол	2,89	
56	Санвузол	2,89	
57	Санвузол	2,89	
58	Санвузол	2,89	
59	Санвузол	2,89	
60	Торгівельний зал	80,44	

Таблиця 1.3 – Експлікація приміщень на відмітці +9,900

№	Найменування	Площа, м ²	Кат.* приміщ.
62	Номер готелю	20,28	
63	Номер готелю	15,12	
64	Номер готелю	26,15	
65	Номер готелю	26,11	
66	Номер готелю	15,33	
67	Приміщення персоналу	15,12	
68	Службове приміщення	2,87	
69	Санвузол	2,89	
70	Санвузол	2,89	
71	Санвузол	2,89	
72	Санвузол	2,89	
73	Санвузол	2,89	
74	Сходи	18,54	
75	Комора	12,42	

1.2 Архітектурно-конструктивне рішення

Проектований рекреаційний комплекс має монолітний залізобетонний каркас з рамно-в'язевою конструктивною схемою. Просторова система будівлі утворена вертикальними та горизонтальними несучими елементами: колонами, монолітними стінами і перекриттями та фундаментною плитою [6]. Така схема забезпечує високу жорсткість і несучу здатність конструкцій при складному об'ємно-планувальному рішенні [7].

Фундаменти проектується у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 800 мм. Глибина її закладання визначена з урахуванням інженерно-геологічних умов ділянки та глибини залягання несучих ґрунтів. Плита

виконується з бетону класу C16/20, армованого стержневою арматурою класу A400C.

Колони – монолітні залізобетонні, перерізом 300×300 мм, з важкого бетону класу C20/25, армовані стержнями діаметром 12, 16 та 18 мм з арматури класу A400C. Розташування колон адаптовано до планувальних рішень, що дозволяє уникнути конфліктів з внутрішніми перегородками та інженерними мережами.

Перекрыття – плоскі монолітні залізобетонні плити, що одночасно виконують функцію горизонтальних діафрагм жорсткості. Взаємодія перекрыть з жорсткими ядрами та каркасом утворює просторово стійку систему, здатну протистояти горизонтальним навантаженням.

Зовнішні стіни виконуються з газоблоків марки D800 товщиною 400 мм, на полімерному клею Ceresit CT 21. З метою досягнення високих теплоізоляційних характеристик передбачено зовнішнє утеплення плитами URSA GEO Фасад товщиною 150 мм та оздоблення декоративною штукатуркою типу «камінцева» Ceresit CT 137.

Ненесучі внутрішні перегородки – з газоблоків марки D600 товщиною 100 мм. Їх оштукатурювання з обох боків виконується цементно-піщаним розчином завтовшки близько 5 мм, що забезпечує достатню звукоізоляцію й вогнестійкість.

Сходові марші та площадки також проектується монолітними залізобетонними, інтегрованими у структуру несучого каркасу. В межах сходових кліток забезпечується надійна евакуація згідно з вимогами протипожежних норм.

Покрівля – суміщеного типу, утворена монолітною плитою перекрыття з багатошаровим покрівельним «пирогом». По плиті влаштовується цементно-піщана стяжка, пароізоляційний шар, утеплювач з екструдованого пінополістиролу URSA XPS N товщиною 250 мм, армована цементно-піщана стяжка марки M100 з армувальною сіткою 150×150 Ø4 мм Вр-І, та двошаровий рулонний покрівельний килим на бітумній основі. Система водовідведення організована через внутрішні водостоки.

Віконні та дверні блоки проєктуються металопластиковими, з трикамерними енергозберігаючими склопакетами. Виготовлення та монтаж виконуються за індивідуальним проєктом згідно з експлікацією прорізів (табл. 1.4 та 1.5).

Оздоблення внутрішніх стін варіюється залежно від призначення приміщення: у вологих зонах застосовується облицювання глазурованою плиткою, у приміщеннях загального користування – водоемульсійне фарбування по цементно-вапняній штукатурці з поліпшеною якістю.

Підлоги проєктуються з урахуванням експлуатаційного навантаження: у готельних номерах – паркетна дошка, у зонах загального користування та санвузлах – керамічна плитка з протиковзким покриттям.

Навколо будівлі передбачено влаштування відмостки з асфальтобетону товщиною 30 мм і шириною 1000 мм для захисту фундаментів від зволоження та промерзання.

Таблиця 1.4 – Специфікація дверей комплексу

Марка	Позначення	Найменування	Кількість
Д-1	Індивід. виготовлення	Двері засклені (91x210)	8
Д-2	Індивід. виготовлення	Двері глухі (81x210)	61
Д-3	Індивід. виготовлення	Двері глухі (71x210)	33
Д-4	Індивід. виготовлення	Двері засклені (162x210)	2

Таблиця 1.5 – Специфікація вікон комплексу

Марка	Позначення	Найменування	Кількість
В-1	Індивід. виготовлення	Металопластик з потрійним заскленням (420x2100)	5
В-2	Індивід. виготовлення	Металопластик з потрійним заскленням (1500x1800)	45
В-3	Індивід. виготовлення	Металопластик з потрійним заскленням (2500x1800)	14

1.3 Інженерні мережі

1.3.1 Система водопостачання

Водопостачання рекреаційного комплексу здійснюється від існуючих міських мереж. У точці приєднання до зовнішнього водопроводу [8] забезпечується робочий напір 0,18 МПа, що відповідає нормативним вимогам. Розрахунковий мінімальний тиск у місці введення до будівлі – 0,1 МПа.

Проектом передбачено влаштування водопровідного вводу зі сталевих оцинкованих легких водогазопровідних труб діаметром 32 мм, з різьбовим з'єднанням, на глибині не менше 1,5 м від рівня планування до верху труби, що забезпечує захист від замерзання.

Внутрішня система холодного водопостачання є господарсько-питною, виконується за тупиковою схемою розводки. Для комерційного обліку води на вводі встановлюється лічильник.

Гаряче водопостачання передбачається у всіх санітарно-побутових приміщеннях, душових кабінах, санвузлах готельних номерів та допоміжних зонах. Джерелом гарячої води є ємкісні електричні водонагрівачі проточного типу, які забезпечують незалежність від централізованих джерел тепла та швидку підготовку води.

Також проектом передбачено влаштування поливального водопроводу для прибирання території та технічних потреб. Внутрішні трубопроводи монтуються з оцинкованих сталевих труб з нарізним з'єднанням, відповідно до вимог ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід і каналізація будівель».

1.3.2 Система водовідведення

Водовідведення з будівлі рекреаційного комплексу організоване з підключенням до існуючої системи зовнішнього каналізування на території ділянки. Проектом передбачено роздільне відведення стічних вод у дві незалежні системи [9]:

– господарсько-побутова каналізація – від унітазів, умивальників, душових та інших санітарних приладів;

– виробнича каналізація – від мийок та технологічного обладнання зони громадського харчування.

Підключення мийок до виробничої системи виконується з розривом струменю не менше 20 мм, що відповідає санітарним вимогам і запобігає зворотному потраплянню стоків.

Монтаж внутрішніх трубопроводів виконується з чавунних каналізаційних труб діаметром 50–100 мм, із забезпеченням нормативного ухилу та герметичності з'єднань. У місцях поворотів і змін напрямку трубопроводів передбачено очищення для обслуговування та експлуатаційного контролю. Витяжні частини стояків виводяться на 0,5 м вище рівня покрівлі з улаштуванням захисних елементів від атмосферного впливу.

Для зовнішнього водовідведення передбачено оглядові колодязі в місцях приєднання внутрішньої мережі до зовнішньої, а також у місцях поворотів та на лінійних ділянках понад 15 м.

Відведення дощових вод з території організовано по спланованій поверхні з твердим покриттям у напрямку до відкритих лотків, далі – в існуючу мережу зливової каналізації, розташовану за межами ділянки.

1.3.3 Електропостачання та електрообладнання

Живлення рекреаційного комплексу передбачається від двох взаєморезервуючих кабельних ліній напругою 0,4 кВ, підключених до різних секцій шин трансформаторної підстанції ЗТП-315а. Введення в будівлю здійснюється через ввідно-розподільчий пристрій (ВРП) типу УВР-2202, де також передбачено багатofункціональний вузол обліку електроенергії для усього навантаження, включаючи електро- і теплопостачання будівлі.

Система електропостачання реалізована на базі мережі 380/220 В із глухо заземленою нейтраллю та системою заземлення TN-C-S. Живлення готельних номерів розподіляється через щити ПР, а групові мережі – через щитки НЩЛ, оснащені лічильниками, автоматами та пристроями захисного відключення (ПЗВ).

Розподільча мережа виконується приховано у сталевих трубах, групова – також приховано або відкрито в кабель-каналах. Усі металеві неструмоведучі частини електрообладнання підлягають обов'язковому зануленню із застосуванням окремого провідника.

Освітлення приміщень забезпечується діодними світильниками. Згідно з ДБН, передбачено такі види освітлення:

- робоче – для всіх функціональних приміщень;
- аварійне – в електрощитовій, вузлі вводу, кімнаті чергового;
- евакуаційне – в коридорах та біля евакуаційних виходів.

Світильники евакуаційного освітлення обладнані покажчиками «Вихід» і можуть використовуватись як чергове освітлення в нічний час. Територія комплексу освітлюється кабельною мережею з LED-світильниками на опорах, керування здійснюється з приміщення чергового.

1.3.4 Система опалення та теплопостачання

Проектом передбачено влаштування двотрубною водяною системи опалення з примусовою циркуляцією теплоносія та горизонтальною розводкою трубопроводів [10]. Джерелом теплопостачання є зовнішня тепла мережа, до якої підключення здійснюється через існуючу теплову камеру, розташовану на території комплексу.

У тепловому вузлі будівлі встановлюється тепловий лічильник для обліку витрат теплової енергії. В якості теплоносія використовується гаряча вода з параметрами $T_1 = 95^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 70^{\circ}\text{C}$.

Опалювальні прилади – сталеві панельні радіатори типу, оснащені терморегуляторами, що дозволяє індивідуально налаштувати мікроклімат у приміщеннях. Монтаж трубопроводів виконується зі сталевих електрозварних труб, із утепленням у зонах прокладання в підлозі – рулонним склопластиком. Відкриті ділянки труб фарбуються олійною фарбою у два шари.

Загальна розрахункова тепла потужність системи становить $Q = 101,5$ кВт. Усі роботи з монтажу виконуються згідно з вимогами ДБН В.2.5-67:2013 та чинних нормативів з енергоефективності.

1.3.5 Система вентиляції та повітрообміну

У проєктованому рекреаційному комплексі передбачено влаштування загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції з комбінованим спонуканням – природним та механічним, залежно від типу приміщень [10]. Такий підхід дозволяє забезпечити нормативний повітрообмін та комфортні мікрокліматичні умови в різних функціональних зонах будівлі.

У готельних номерах передбачено витяжку через настінні вентилятори, а приплив свіжого повітря здійснюється неорганізовано – через віконні прорізи або щілинні провітрювачі.

У зонах з підвищеним навантаженням на повітрообмін – торгових приміщеннях, ресторани, кухні – реалізовано механічну припливно-витяжну вентиляцію. Витяжка також здійснюється вентиляторами, а подача свіжого повітря – через припливну установку, розміщену в технічному приміщенні.

Повітропроводи вентиляційних систем виготовляються з оцинкованої тонколистової сталі, прокладаються відкрито або приховано з урахуванням будівельних конструкцій і зручності обслуговування. Монтаж вентиляційного обладнання виконується відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», з дотриманням нормативних показників повітрообміну для громадських будівель.

1.4 Будівельна фізика

1.4.1 Теплотехнічний розрахунок суміщеного покриття

Експлуатаційні властивості будівлі залежать не лише від її габаритів, планувальних рішень чи внутрішнього оздоблення, а й від ефективності огорожувальних конструкцій, що виконують функцію захисту приміщень від холоду, сонячного перегріву, атмосферних опадів та інших зовнішніх факторів.

До зовнішніх огорожуючих елементів, зокрема покриттів, висуваються основні теплотехнічні вимоги: забезпечення достатнього опору теплопередачі, герметичність щодо повітря, а також стабільний вологісний режим. З урахуванням

цих вимог формується конструктивне рішення, що гарантує довговічність огорожень і надійний рівень теплової захищеності будівлі.

Проектування конструкцій покриття (рис. 1.1) виконано з врахуванням вимог, встановлених [11]. Розрахунок виконано для умов м. Кам'янець-Подільський, Хмельницької обл, який належить до I кліматичного району [12]. Значення приведенного опору теплопередачі для суміщеного покриття повинно бути більшим за мінімальне, яке становить: $R_{q,min} = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

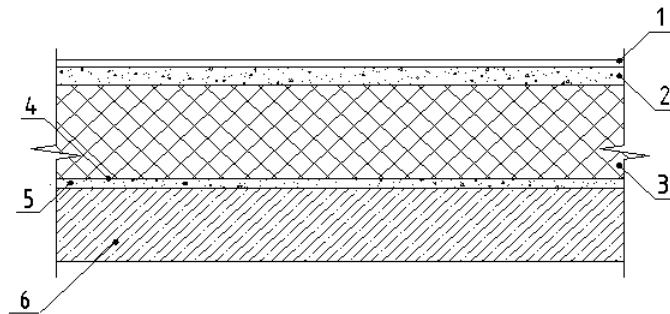


Рисунок 1.1 – Конструкція суміщеного покриття комплексу:

1 – Шари рулонного килима; 2 – стяжка цементно-піщаного розчину; 3 – утеплювач пінополістирол URSA XPS N; 4 – шар пароізоляційної плівки; 5 – стяжка цементно-піщаного розчину; 6 – монолітна залізобетонна плита покриття

Таблиця 1.6 – Теплотехнічні показники суміщеної покрівлі

№	Матеріал шарів огорожувальних конструкцій	Густина $\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{мм}$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності $\lambda_p, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
1	Шари рулонного килима	1200	10	0,18
2	Стяжка цементно – піщаного розчину	1600	40	0,75
3	Екструдований пінополістирол марки URSA XPS N	35	x	0,033
4	Шар пароізоляційної плівки	600	2	0,15
5	Стяжка цементно – піщаного розчину	1600	20	0,75
6	Монолітна з/б плита покриття	2400	160	1,86

Визначаємо термічні опори окремих шарів:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,16}{1,86} = 0,086 \text{ м}^2 \cdot \text{°К}/\text{Вт} \text{ – монолітна з/б плита покриття;}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{0,75} = 0,053 \text{ м}^2 \cdot \text{°К/Вт} - \text{стяжка цементно-піщаного розчину};$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,002}{0,15} = 0,013 \text{ м}^2 \cdot \text{°К/Вт} - \text{шар пароізоляційної плівки};$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{x}{0,033} \text{ м}^2 \cdot \text{°К/Вт} - \text{утеплювач пінополістирол};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,04}{0,75} = 0,053 \text{ м}^2 \cdot \text{°К/Вт} - \text{стяжка цементно-піщаного розчину};$$

$$R_6 = \frac{\delta_6}{\lambda_6} = \frac{0,01}{0,18} = 0,055 \text{ м}^2 \cdot \text{°К/Вт} - \text{рулонний килим}.$$

Загальний термічний опір огорожувальної конструкції з врахуванням опорів теплообміну поверхонь:

$$\begin{aligned} R_q &= \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \\ &= 0,115 + 0,086 + 0,053 + 0,013 + \frac{x}{0,033} + 0,053 + 0,055 + 0,043 = \\ &= 0,418 + \frac{x}{0,033} (\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}). \end{aligned}$$

Перевіряємо виконання умови енергоефективності:

$$R_q \geq R_{q,\text{min}} = 7 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімальну товщину утеплювача знаходимо із нерівності виду:

$$0,418 + \frac{x}{0,033} \geq 7.$$

Звідки обчислюємо необхідну товщину пінополістиролу $x = 0,217 \text{ м}$.

Приймаємо товщину утеплювача URSA URSA XPS N рівну 250 мм.

Таким чином, загальний термічний опір суміщеного покриття з утеплювачем рівний:

$$\begin{aligned} R_q &= 0,115 + 0,086 + 0,053 + 0,013 + 7,57 + 0,053 + 0,055 + 0,043 \\ &= 7,98 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

$$R_q = 7,98 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{q,\text{min}} = 7 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} - \text{умова виконується}.$$

1.5 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники є узагальнюючими характеристиками будівлі та слугують основою для оцінки ефективності архітектурно-планувальних і конструктивних рішень (таблиця 1.7). Вони відображають співвідношення між об'ємно-планувальними параметрами, функціональним призначенням та умовами експлуатації об'єкта.

Проектований рекреаційний комплекс має чотири надземні поверхи та підвальний рівень, що займає всю площу забудови. Площа забудови становить 592,88 м², при цьому загальний будівельний об'єм – 9677,15 м³, з яких 1897,22 м³ припадає на частину нижче умовної відмітки 0,000, тобто підвал. Висота типового поверху складає 3,3 м, що забезпечує комфортні просторові умови для перебування відвідувачів і персоналу.

Загальна корисна площа комплексу – 2122,88 м², з них 474,31 м² розташовано у підвальному рівні, де розміщено інженерні та технічні приміщення. Готельна частина будівлі включає 19 номерів з різними рівнями комфортності, що дозволяє обслуговувати як індивідуальних клієнтів, так і туристичні групи.

Таблиця 1.7 – Техніко-економічні показники рекреаційного комплексу

№	Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
1	Кількість поверхів	шт.	4
2	Висота типового поверху	м	3,3
3	Площа забудови	м ²	592,88
4	Будівельний об'єм	м ³	9677,15
	у т. ч. нижче 0,000	м ³	1897,22
5	Загальна корисна площа	м ²	2122,88
	у т. ч. площа підвалу	м ²	474,31
6	Кількість номерів у готелі	шт.	19
7	Кількість сходових кліток	шт.	2
8	Коефіцієнт щільності забудови ділянки		0,23
9	Коефіцієнт використання площі забудови		0,81

2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування вибору конструкцій

Для проєктованого рекреаційного комплексу прийнято конструктивну схему з монолітним залізобетонним каркасом, що включає плитний фундамент, вертикальні колони, діафрагми жорсткості та монолітні перекриття. Такий тип каркасу обрано з урахуванням архітектурної виразності, функціонального зонування, інтенсивного навантаження, а також геологічних умов ділянки забудови.

Застосування монолітної плитної фундаментної конструкції є доцільним через нерівномірні інженерно-геологічні умови, а також наявність підвального поверху під усією будівлею. Плитний фундамент забезпечує рівномірний розподіл навантажень на ґрунт, зменшує ризик нерівномірної осадки та дозволяє працювати як жорстка основа для всієї надземної частини. Крім того, конструктивна простота армування і висока просторово-об'ємна жорсткість робить плиту надійною в експлуатації.

Каркас будівлі сформований монолітними залізобетонними колонами, які є оптимальними для громадських будівель завдяки своїй несучій здатності, довговічності та технологічній сумісності з іншими елементами каркасу. Монолітні колони забезпечують конструктивну гнучкість при плануванні внутрішніх просторів і дозволяють реалізовувати вільне планування поверхів без обмежень, властивих стіновим системам.

У просторову систему включені вертикальні залізобетонні діафрагми жорсткості, які виконують роль протидії горизонтальним навантаженням (вітровим, сейсмічним), підвищують загальну стійкість будівлі та забезпечують просторову незмінюваність. Їхнє розташування узгоджено з планувальними об'ємами (зона сходових кліток, ліфтових шахт), що дозволяє уникнути конфлікту з функціональним використанням площ.

Застосування монолітних плит перекриття дозволяє забезпечити високу несучу здатність, рівномірне передавання навантажень на вертикальні елементи та

сприяє утворенню жорсткої горизонтальної діафрагми. Такі перекриття дають змогу вільно компоувати внутрішній простір, легко інтегрувати інженерні комунікації, мають тривалий строк служби та добрі показники звукоізоляції.

Застосування монолітного залізобетонного каркасу дозволило реалізувати архітектурну гнучкість, забезпечити жорсткість і надійність конструктивної системи, а також досягти економічної та технологічної ефективності при будівництві об'єкта.

2.2 Інформаційне моделювання та аналіз конструктивної системи будівлі у MOHOMAX-CAPR

2.2.1 Створення геометричної моделі конструктивної схеми

На етапі підготовки до розрахунку конструктивної системи будівлі було виконано побудову її геометричної моделі з використанням програмного середовища Autodesk AutoCAD. На основі раніше розробленого об'ємно-планувального рішення рекреаційного комплексу була створена точна 2D-модель будівлі з урахуванням реальних геометричних параметрів несучих елементів.

З метою подальшої інтеграції моделі у середовище MOHOMAX-CAPR, креслення було структуровано за допомогою спеціалізованої системи шарів, що відповідають типам конструкцій: колони, плити перекриттів, монолітні стіни, фундаментні елементи тощо. Кожному шару було задано відповідні властивості, які розпізнаються при імпорті у модуль конструкторського аналізу.

Після завершення підготовки креслення було здійснено імпорт геометрії будівлі до MOHOMAX-CAPR, де автоматично сформувалася тривимірна конструктивна схема (рис. 2.1). У процесі адаптації моделі в середовищі розрахунку було перевірено коректність зчитування координат, прив'язок і перерізів, а також проведено базову топологічну перевірку моделі.

На заключному етапі побудови геометричної моделі всі елементи каркасу – включаючи вертикальні (колони, стіни) та горизонтальні (перекриття, покриття) конструкції – отримали призначення матеріалів і жорсткісних характеристик згідно з їх технічними параметрами (рис. 2.2). Це дозволило підготувати модель до

навантаження і подальшого розрахункового аналізу методом скінченних елементів [13].

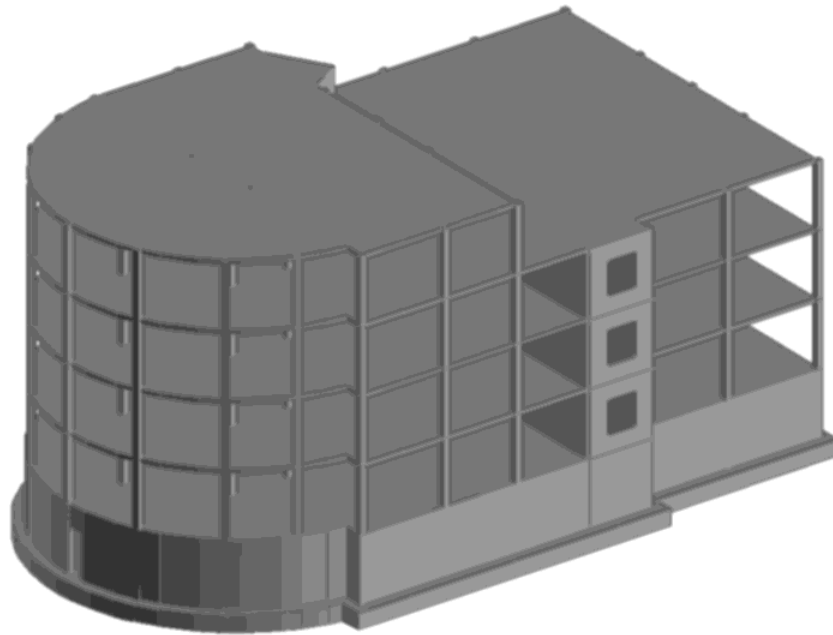


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема рекреаційного комплексу

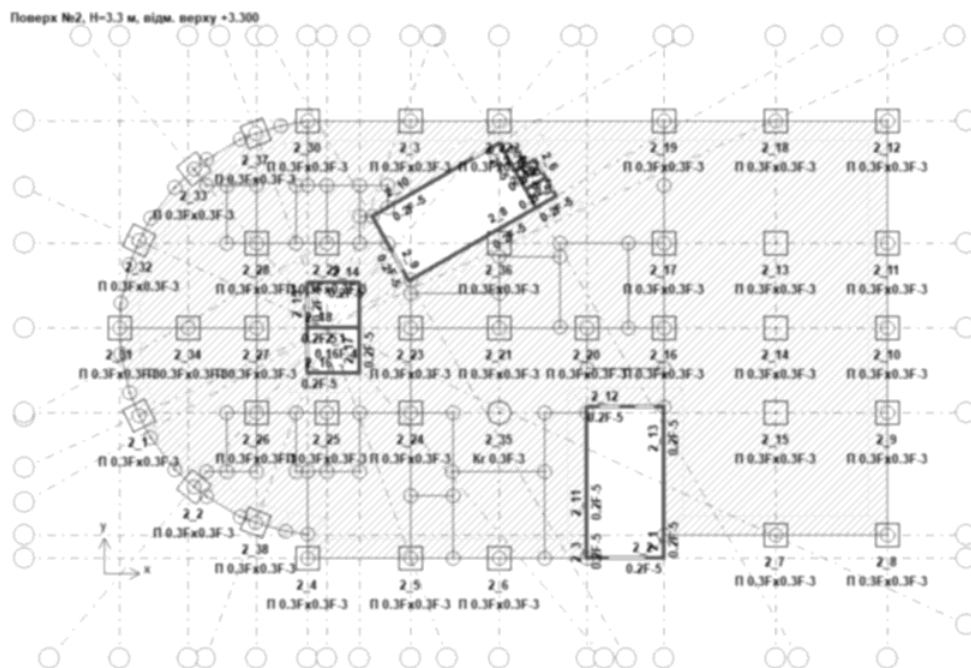


Рисунок 2.2 – План типового поверху рекреаційного комплексу – розташування вертикальних несучих елементів

2.2.2 Збір та призначення навантажень

Усі навантаження на конструктивні елементи будівлі задавались безпосередньо у середовищі MOHOMAX-CAPR, що забезпечує гнучку інтеграцію між геометричною моделлю та розрахунковою схемою [14]. Розрахунок виконано

згідно з нормами [15], які регламентують склад, значення та способи прикладання навантажень до будівельних конструкцій.

Власна вага конструкцій (плит перекриття, колон, монолітних стін тощо) у програмному комплексі враховується автоматично після призначення кожному елементу його геометричних розмірів і характеристик матеріалу. Це дозволяє мінімізувати похибки при ручному введенні та автоматизує частину розрахункових процедур.

Постійні навантаження прикладались до плит перекриття у вигляді:

- лінійного навантаження – від самонесучих внутрішніх і зовнішніх стін;
- розподіленого навантаження – від маси підлоги, вирівнювальних шарів та конструктивних заповнень.

Змінне (корисне) навантаження задавалось відповідно до призначення приміщень: для житлових зон, готельних номерів, залів ресторану та громадських приміщень – як рівномірно розподілене по площі плити, що імітує вагу людей, меблів та експлуатаційного обладнання.

Для врахування снігового навантаження було задано IV сніговий район, відповідно до карти навантажень у складі ДБН. Характеристичне значення снігового навантаження для м. Кам'янець-Подільський становить 1400 Па, що прикладалося до елементів покриття у вигляді поверхневого розподіленого навантаження. Розрахунок проводився за експлуатаційним значенням навантаження з подальшим застосуванням відповідного коефіцієнта надійності (γ_f), згідно з методикою реалізованою у MOHOMAX-SAPR.

Вітрове навантаження також задавалось згідно з кліматичним районуванням – м. Кам'янець-Подільський належить до III вітрового району. Характеристичне значення тиску вітру становить 500 Па. У програмі зазначено напрям дії навантаження, а вплив тиску і підсмоктування автоматично враховується на вертикальні огорожувальні елементи – стіни, діафрагми жорсткості та фасади.

Усі види навантажень були згруповані в комбінації відповідно до розрахункових ситуацій: за граничними станами першої та другої групи, що дозволило виконати подальші аналізи за міцністю, жорсткістю і тріщиностійкістю.

У діалоговому вікні «Коефіцієнти» вказувалось співвідношення коефіцієнтів граничного та експлуатаційного значення навантаження (γ_{fm}/γ_{fe}), що використовується для автоматичного перерахунку комбінацій.

Таким чином, уся структура навантажень на елементи моделі була повністю сформована у цифровому середовищі з урахуванням нормативних вимог, що забезпечує точність розрахунку та подальше коректне армування елементів каркасу рекреаційного комплексу.

2.2.3 Проведення розрахунку та цифровий аналіз результатів

Після завершення етапу прикладання всіх необхідних навантажень розрахунок конструктивної моделі будівлі виконувався у модулі КОМПОНОВКА програмного комплексу МОНОМАХ-САПР 2016. Цей модуль дозволяє реалізувати поетапний розрахунок просторової конструктивної системи за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ), який забезпечує високу точність при оцінюванні напружено-деформованого стану конструкцій.

Перед виконанням основного розрахунку програма автоматично здійснює діагностику моделі, перевіряючи її на наявність помилок у побудові геометрії, топологічних зв'язках між елементами та коректності задання жорсткісних характеристик. Виявлені помилки або попередження виводяться в діалоговому вікні з можливістю швидкого переходу до відповідного фрагмента схеми для редагування.

У випадках, коли поверхи будівлі мають ідентичну конструктивну схему та характер навантаження, застосовано функцію копіювання розрахованого поверху на аналогічні рівні. Це дозволяє зменшити обсяг ручного моделювання та прискорити процес побудови повної розрахункової моделі будівлі. При копіюванні автоматично дублюються як геометричні параметри, так і результати попереднього розрахунку.

Основний розрахунок виконувався методом скінченних елементів, що реалізований у програмному ядрі системи. Для цього вся конструктивна схема – зокрема монолітні плити, стіни та жорсткі вставки – була автоматично

дискретизована на скінченні елементи з кроком 1 м, що є укрупненим, але дозволяє отримати узагальнену оцінку напружень і переміщень у межах всієї будівлі.

У процесі аналізу результатів проводилась оцінка:

- максимальних вертикальних і горизонтальних переміщень елементів (прогини плит, відхилення колон) (рис. 2.3);
- величини напружень у конструктивних елементах (рис. 2.4, 2.5);
- поведінки конструктивної системи під комбінованим навантаженням, включаючи спільний вплив вітру, снігу та корисного навантаження.

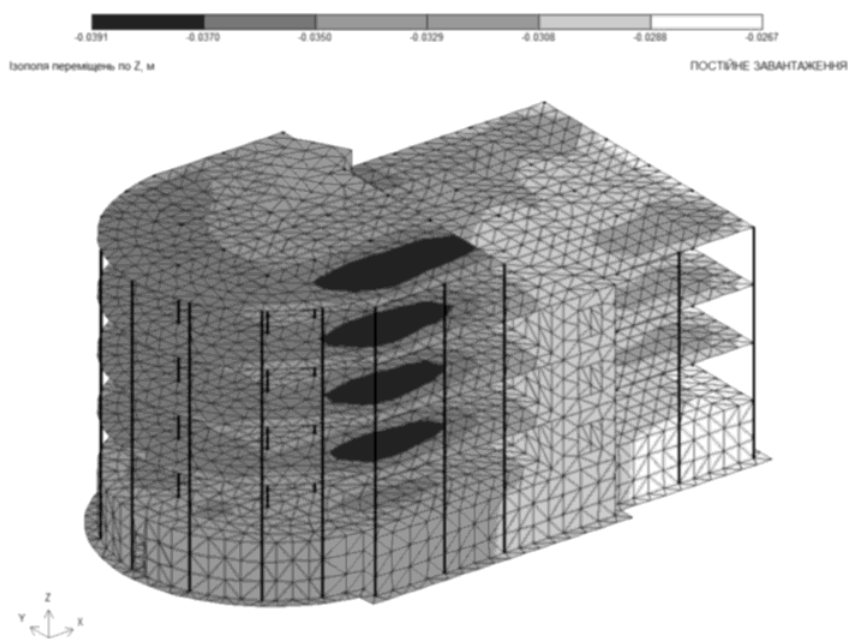


Рисунок 2.3 – Результати розрахунку МСЕ: переміщення по Oz

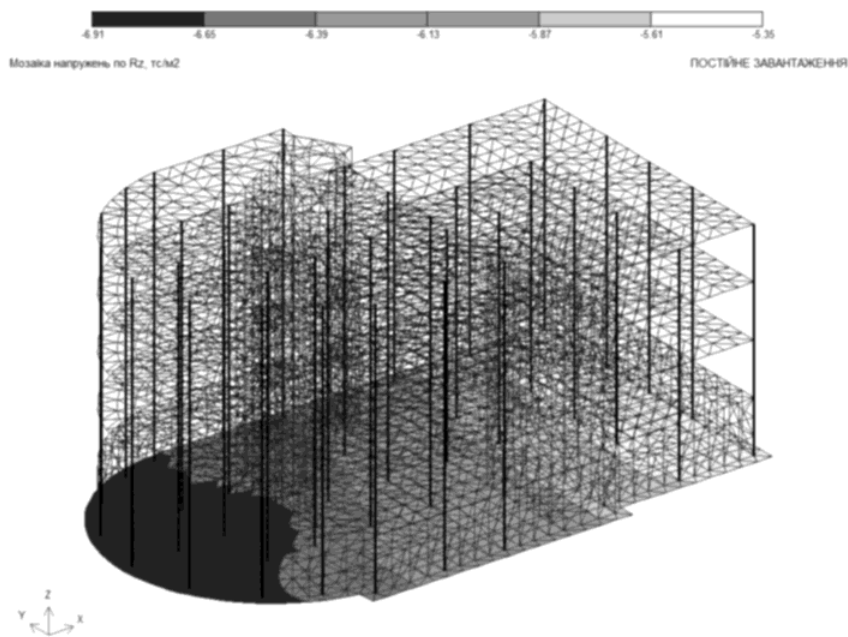


Рисунок 2.4 – Результати розрахунку МСЕ: мозаїка напружень по Rz

Одержані результати були збережені для подальшого використання в модулях розрахунку окремих елементів (фундаментної плити та колон), а також як основа для підбору арматури в конструювальних блоках програмного комплексу.

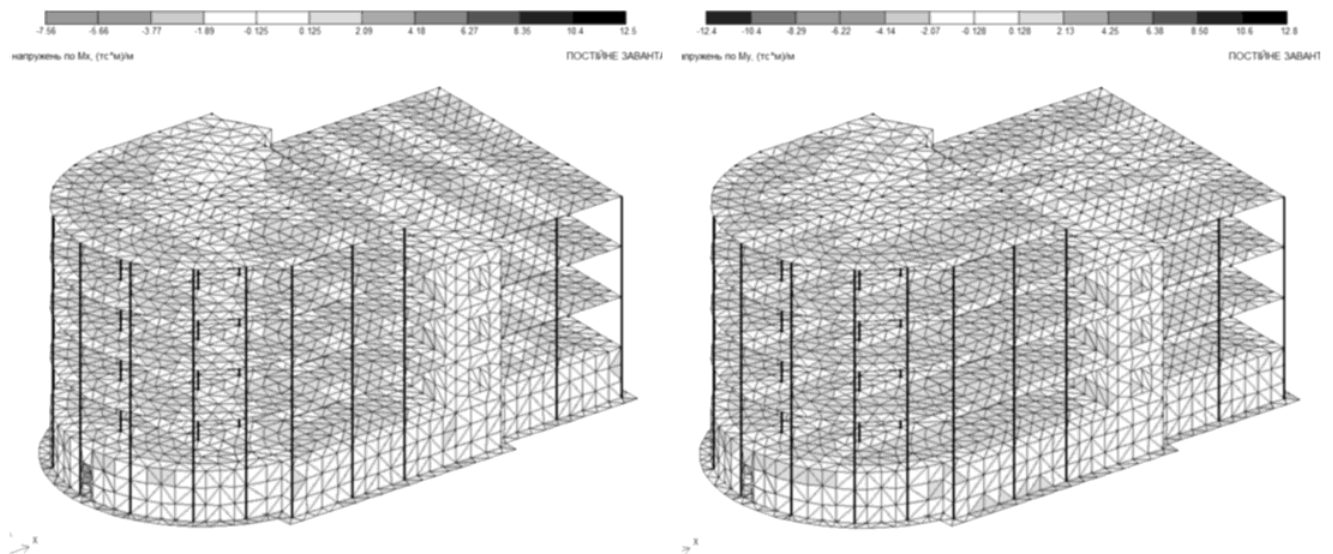


Рисунок 2.5 – Результати розрахунку МСЕ, мозаїка напружень M_x та M_y

2.3 Розрахунок та конструювання монолітної фундаментної плити

Монолітна фундаментна плита проектованого рекреаційного комплексу є основним несучим елементом фундаменту і сприймає вертикальні навантаження від усієї будівлі, а також передає їх на ґрунтову основу [16]. Розрахунок цієї конструкції виконано у спеціалізованому модулі ПЛИТА програмного комплексу МОНОМАХ-САПР 2016, який дозволяє здійснювати аналіз плитних елементів із урахуванням їх просторової роботи, реальних навантажень та заданих параметрів ґрунтової основи [17].

Для побудови моделі фундаментної плити у програму було імпортовано геометричну схему з попереднього розрахункового модуля КОМПОНОВКА, що забезпечило точну відповідність планувальних осей і прив'язок. У ході роботи виконано статичний розрахунок згідно з двома групами граничних станів:

- перша група – розрахунок на міцність, включаючи перевірку несучої здатності за нормальними і згинальними напруженнями;
- друга група – оцінка тріщиностійкості та деформацій (прогинів), що особливо важливо для забезпечення тривалої експлуатаційної надійності.

Плита проектується товщиною 800 мм, виготовляється з бетону класу С16/20, що відповідає умовам роботи в сухих або слабо вологих ґрунтах при помірних навантаженнях. Після проведення розрахунку за МСЕ одержано ізополя моментів, поперечних сил, прогинів та ширини розкриття тріщин, що стали основою для підбору робочого армування.

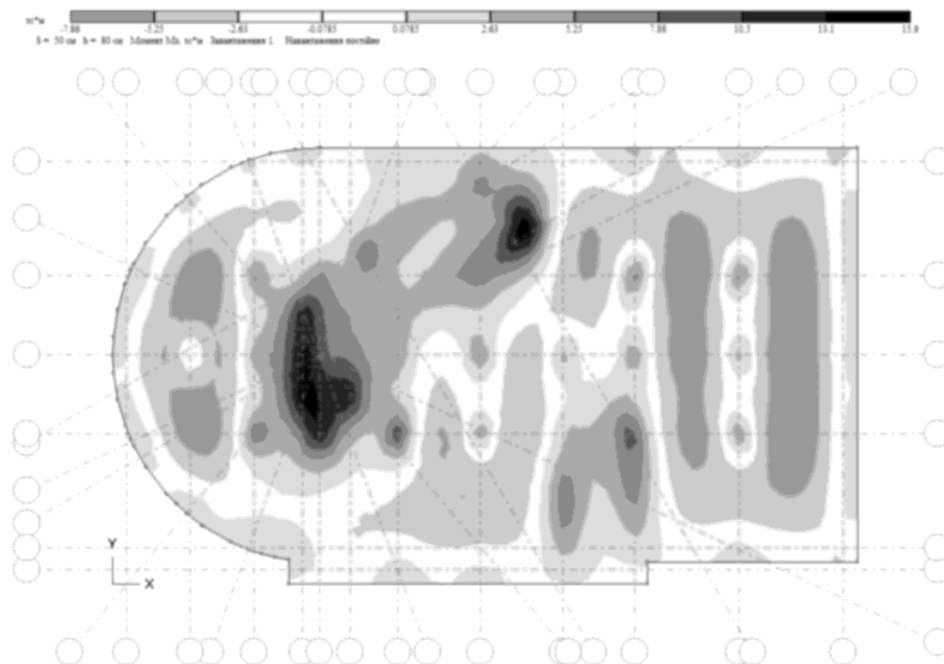


Рисунок 2.6 – Ізополя згинальних моментів M_x у плиті перекриття від постійного навантаження

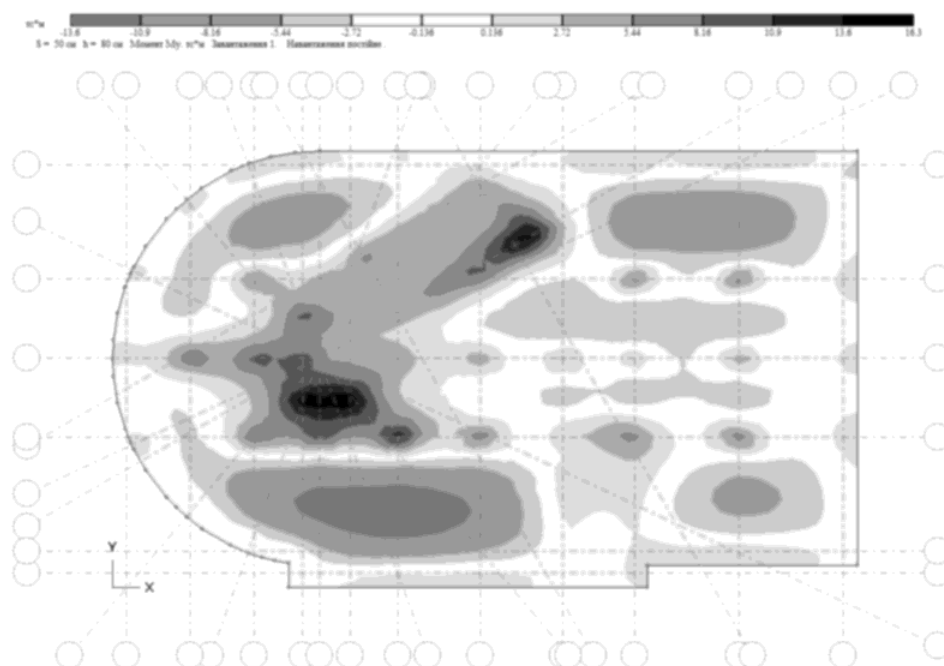


Рисунок 2.7 – Ізополя згинальних моментів M_y у плиті перекриття від постійного навантаження

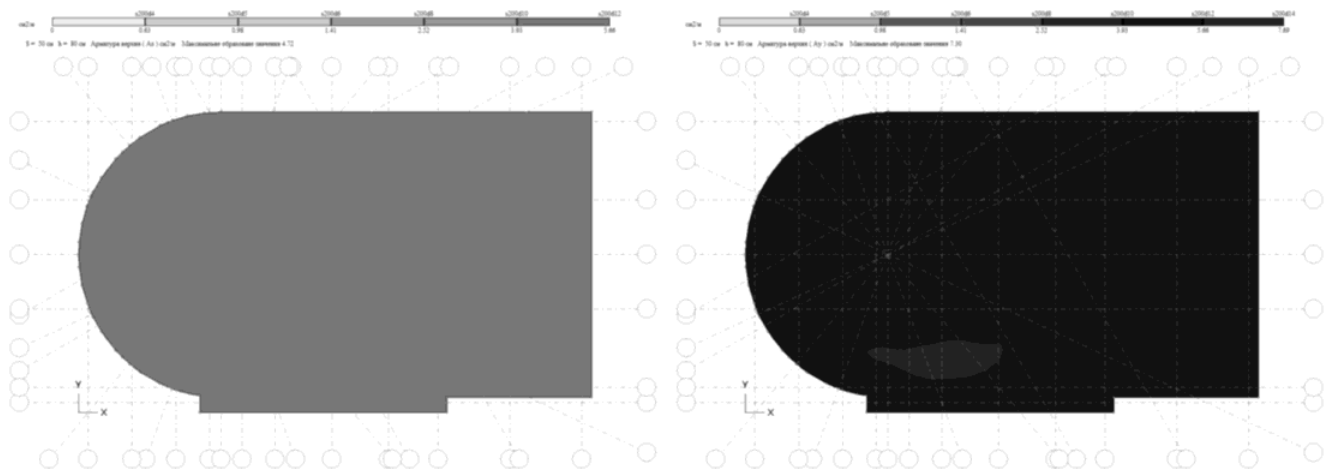


Рисунок 2.8 – Карта розподілу площі арматури у верхній зоні фундаментної плити вздовж осей X та Y

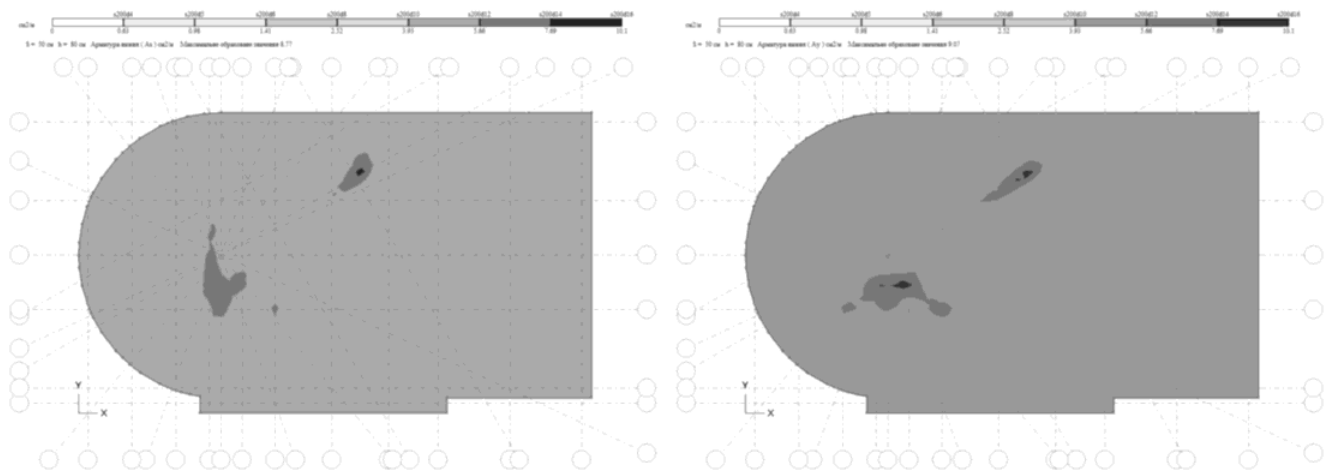


Рисунок 2.9 – Карта розподілу площі арматури у нижній зоні фундаментної плити вздовж осей X та Y

За результатами підбору арматури сформовано конструктивне рішення фундаментної плити.

Нижня робоча арматура плити передбачається у двох напрямках (X і Y) із стержнів $\varnothing 12$ мм, класу А400С, з кроком 200 мм.

Верхня робоча арматура плити влаштовується аналогічно – стержнями $\varnothing 12$ мм у напрямку X та Y з кроком 200 мм

У місцях підвищених навантажень – зонах опирання колон, монолітних стін, діафрагм – додатково передбачено посилене армування стержнями $\varnothing 12$ та $\varnothing 16$ мм класу А400С.

Поперечне (підсилююче) армування формується стержнями $\varnothing 8$ та 10 мм, що встановлюються у відповідності до розрахункової довжини анкерівки.

Підтримуючі елементи армування виконуються із стержнів $\varnothing 8$ мм і служать для утримання робочої арматури у проектному положенні під час бетонування.

Креслення армування фундаментної плити та специфікації арматури наведена на аркуші графічної частини проекту.

2.4 Розрахунок та конструювання монолітних колон

Розрахунок і проектування монолітних залізобетонних колон проектного рекреаційного комплексу виконувалися із застосуванням спеціалізованого модуля КОЛОНА у складі програмного комплексу МОНОМАХ-САПР. Основою для створення розрахункових схем були вихідні дані, імпортовані з модулю КОМПОНОВКА, що забезпечило повну узгодженість геометрії та навантажень [14].

Модуль КОЛОНА дозволяє виконувати автоматизований розрахунок елементів за першою та другою групами граничних станів, у тому числі на міцність, тріщиностійкість, прогини та стійкість. Основна увага приділялась визначенню необхідної площі поперечного перерізу арматури, а також уточненню геометричних розмірів перерізів колон з урахуванням нормативних вимог до армування.

У проекті передбачено монолітні колони квадратного та круглого перерізу, виконані з важкого бетону класу С20/25. Поздовжнє армування реалізовано окремими стержнями з арматури класу А400С, а поперечне армування (хомути) – з арматури класу А240С. Типові ділянки для розрахунку було обрано згідно з розташуванням елементів на схемі каркасу: Км-2, Км-3, Км-12, Км-16, що відрізняються за геометрією, навантаженням і положенням у будівлі.

Розміщення колон та монолітних стін із нумерацією в програмі МОНОМАХ-САПР наведено на рис. 2.10.

У процесі розрахунку було враховано вплив згинальних моментів у двох площинах з осьовим зусиллям, а також вплив вітрового навантаження, що передається від перекриттів. Для кожної колони перевірялась відповідність

фактичної несучої здатності граничним розрахунковим зусиллям, а також обмеження щодо мінімальної кількості арматури та кроку поперечних хомутів.

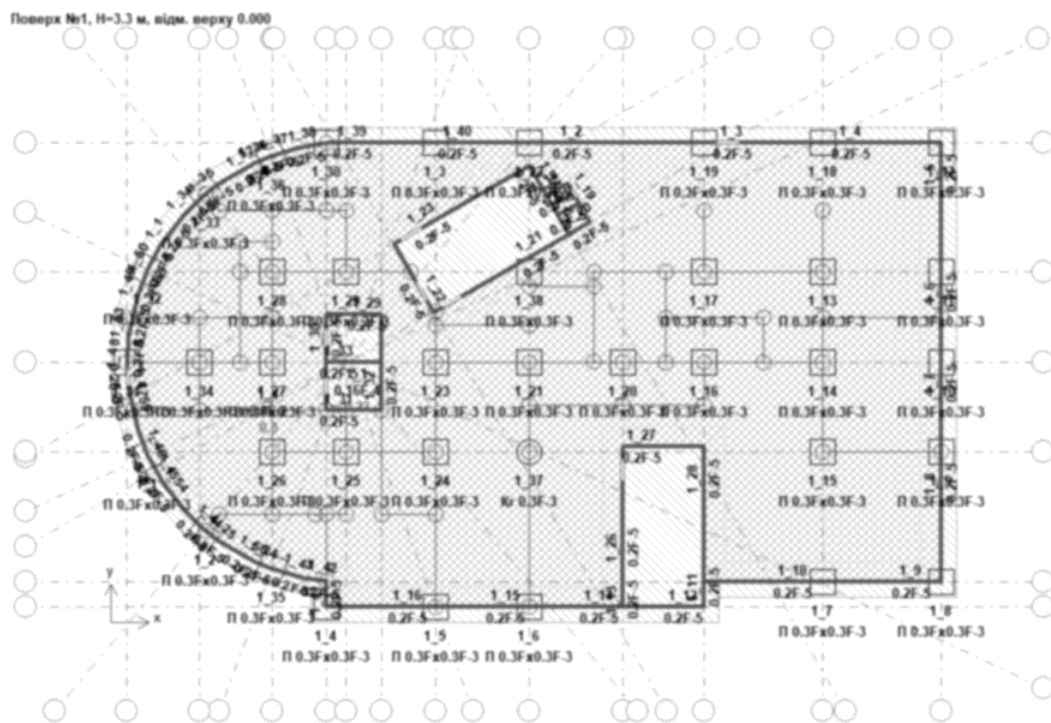


Рисунок 2.10 — Вертикальні несучі елементи з нумерацією на плані підвалу

На підставі отриманих розрахункових даних прийняті такі рішення щодо армування:

Колона Км-3: армована стержнями $\varnothing 16$ мм (A400С); хомути – $\varnothing 6$ мм (A240С).

Колона Км-16: армована стержнями $\varnothing 12$ мм (A400С); хомути – $\varnothing 6$ мм (A240С).

Колона Км-2: армована стержнями $\varnothing 16$ та $\varnothing 18$ мм (A400С); хомути – $\varnothing 6$ мм (A240С).

Колона Км-12: армована стержнями $\varnothing 16$ мм (A400С); хомути – $\varnothing 6$ мм (A240С).

Конструктивні рішення для армування колон представлені на листах графічної частини проекту, які містять схеми армування, необхідні розрізи та специфікації.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Визначення номенклатури та об'ємів робіт

У процесі організації будівництва рекреаційного комплексу встановлено укрупнену номенклатуру будівельно-монтажних робіт, сформовану з урахуванням прийнятої спеціалізації будівельних підрядників і послідовності виконання технологічних операцій. Перелік робіт базується на типовій схемі спорудження громадських будівель, адаптованої до особливостей конструкцій об'єкта [18].

До основних груп робіт входять: підготовчі та внутрішньо майданчикові роботи, земляні роботи, улаштування монолітних залізобетонних елементів (фундаментної плити, колон, стін, перекриттів), монтаж покрівлі, мурування стін і перегородок, встановлення інженерного обладнання, оздоблювальні роботи, облаштування підлог, утеплення фасадів, монтаж зовнішніх сходів, благоустрій прилеглої території. Повний перелік із формулами розрахунку та обсягами робіт наведено у табл. 3.1.

Для кожного виду робіт виконано підрахунок обсягів за проектними кресленнями з використанням геометричних формул, з поділом за технологічними ділянками або ярусами. Особливу увагу приділено роботам, що потребують застосування опалубки, арматури, гідроізоляції та залізобетону, оскільки вони становлять основу конструктивної частини об'єкта.

Також визначено трудомісткість, машиномісткість та склад будівельних ланок для окремих етапів будівництва. Для технологічно складних процесів (наприклад, бетонування фундаментної плити, зведення колон, монтаж перекриттів) уточнено норми витрат праці і техніки, що буде використано при плануванні строків виконання.

Деталізація номенклатури і об'ємів робіт є основою для складання графіка будівництва, підбору техніки та забезпечення ресурсної збалансованості проекту.

Таблиця 3.1 – Визначення номенклатури та об'ємів робіт

№ п/п	Назва робіт	Формули підрахунку	Об'єм робіт	
			Од. виміру	Кіль кість

1	Внутрішньо майданчикові роботи	Приймається в % відношенні від трудомісткості	%	7
2	Планування майданчика бульдозером потужністю 79 кВт	$S = (a+10) \cdot (b+10)$	1000 м ²	1,154
3	Зрізка рослинного шару ґрунту	$S = (a+10) \cdot (b+10)$	1000 м ²	1,154
4	Розробка ґрунту одноковшеvim екскаватором на автосамоскиди	$V = a \cdot b \cdot h$	1000 м ³	1,418
5	Розробка ґрунту одноковшовим екскаватором у відвал	$V = a \cdot b \cdot h$	1000 м ³	0,492
6	Ручна доробка ґрунту	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	0,214
7	Влаштування бетонної підготовки під фундамент товщ. 100 мм	$S = a \cdot b$	100 м ²	5,388
8	Монтаж та демонтаж опалубки для фундаментної плити	$S = a \cdot b$	100 м ²	0,598 1
9	Встановлення арматурних каркасів для фундаменту	Згідно проекту	1 т.	11,31 5
10	Влаштування моноліт. залізобетонного фундаменту товщ. 600мм	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	4,791
11	Монтаж і демонтаж опалубки колон	$S = a \cdot b$	100 м ²	4,797
12	Встановлення арматурних каркасів для колон	Згідно проекту	1 т.	4,757
13	Влаштування монолітних залізобетонних колон	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	0,799
14	Монтаж і демонтаж опалубки мон. стін	$S = a \cdot b$	100 м ²	20,21 6
15	Встановлення арматурних каркасів стін	Згідно проекту	1 т.	1,290
16	Влаштування монолітних залізобетонних стін	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	1,314
17	Влаштування горизонтальної гідроізоляції Ceresit	$S = a \cdot b$	100 м ²	5,398
18	Влаштування вертикальної гідроізоляції Ceresit	$S = a \cdot b$	100 м ²	3,458
19	Засипка ґрунтом пазух котловану	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	5,115
20	Ущільнення ґрунту пазух котловану	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	5,115
21	Монтаж і демонтаж опалубки перекриття	$S = a \cdot b$	100 м ²	17,65 8
22	Встановлення арматурних каркасів перекриття	Згідно проекту	1 т.	16,21 4
23	Влаштування монолітного залізобетонного перекриття	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	2,685

24	Монтаж і демонтаж опалубки сходових маршів	$S = a \cdot b$	100 м ²	1,685
25	Встановлення арматурних каркасів сходових маршів	Згідно проекту	1 т.	1,211
26	Влаштування монолітних залізобетонних сходових маршів	$V = a \cdot b \cdot h$	100 м ³	0,292
27	Мурування зовнішніх стін із газоблоків товщиною 300 мм	$V = a \cdot b \cdot h$	1 м ³	292
28	Мурування перегородок із газоблоків товщиною 100 мм	$S = a \cdot b$	100 м ²	13,32 1
29	Влаштування монолітних залізобетонних перемичок	Згідно проекту	1 шт.	167
30	Монтаж вентиляційних каналів	Згідно проекту	1 м.п.	778
31	Монтаж ліфтового обладнання	Згідно проекту	1 т.	3,398
32	Монтаж покрівельних конструкцій	$S = a \cdot b$	100 м ²	5,512 8
33	Монтаж віконних дошок	Згідно проекту	1 м.п.	154
34	Монтаж віконних блоків	$S = a \cdot b$	1 м ²	147,5 98
35	Монтаж дверних блоків	$S = a \cdot b$	1 м ²	175
36	Влаштування гідроізоляції Ceresit	$S = a \cdot b$	100 м ²	5,398
37	Влаштування звукоізоляційних стяжок Ceresit товщ. 40 мм	$S = a \cdot b$	100 м ²	12,31 9
38	Грунтування підлог ґрунтівою Ceresit	$S = a \cdot b$	100 м ²	17,68 7
39	Влаштування самовирівнюючих стяжок Ceresit товщиною 4 мм	$S = a \cdot b$	100 м ²	17,68 7
40	Влаштування підлог із керамічної плитки	$S = a \cdot b$	1 м ²	521
41	Влаштування підлог із паркетної дошки	$S = a \cdot b$	1 м ²	618,1 15
42	Влаштування металевого каркасу на стелі	$S = a \cdot b$	100 м ²	17,68 7
43	Обшивання стелі ГКЛ	$S = a \cdot b$	100 м ²	17,68 7
44	Шпаклювання поверхні з подальшим шліфуванням	$S = a \cdot b$	100 м ²	68,11 3
45	Фарбування стін та стелі водоемульсійними фарбами	$S = a \cdot b$	100 м ²	52,77 6
46	Обклеювання шпалерами стін	$S = a \cdot b$	1 м ²	588
47	Облицювання стін керамічною плиткою	$S = a \cdot b$	1 м ²	278
48	Монтаж і демонтаж риштувань	$S = a \cdot b$	100 м ²	30,39 8

49	Утеплення фасаду будівлі	$S = a \cdot b$	100 м ²	7,752
50	Нанесення декоративної штукатурки на фасад	$S = a \cdot b$	100 м ²	7,752
51	Фарбування фасаду	$S = a \cdot b$	100 м ²	7,752
52	Монтаж сходових загороджень і майданчиків	Згідно проекту	1 м.п.	156
53	Влаштування дерев'яних поручнів	Згідно проекту	1 м.п.	48
54	Утеплення цоколя	$S = a \cdot b$	1 м ²	77
55	Влаштування зовнішніх монолітних сходів і пандусів	$S = a \cdot b$	1 м ²	44
56	Влаштування бруківки	$S = a \cdot b$	1 м ²	210
57	Невраховані роботи		%	7

3.2 Вибір методів виконання робіт

Для реалізації будівництва рекреаційного комплексу прийнято поточний метод організації будівельно-монтажних робіт, який базується на паралельному виконанні технологічних процесів у просторі та часі із суворим дотриманням графіків. Це дозволяє скоротити загальну тривалість будівництва, зменшити простой ресурсів та забезпечити ритмічність виробництва.

Кожен етап будівництва розбитий на комплексні процеси – від підготовки ділянки до внутрішнього оздоблення. Всі комплекси робіт закріплюються за спеціалізованими бригадами. Організація робіт передбачає суміщення процесів з урахуванням їх технологічної сумісності.

Земляні роботи. Для розробки котловану під фундаментну плиту застосовується екскаватор з ковшем типу «зворотна лопата» (ЭО-4111Б). Зворотне засипання та планування ділянки здійснюються бульдозером Д-159Б. Розробка ґрунту виконується пошарово з контролем глибини згідно з проектом.

Монолітні роботи. Основна несуча система будівлі – монолітний залізобетонний каркас. Бетонні роботи виконуються з використанням бетонозмішувального вузла та бетононасоса СБ-128А з подачею суміші на відстані до 350 м по горизонталі та до 80 м по вертикалі. Бетон укладається шарами по 30–50 мм з ущільненням глибинними вібраторами ИВ-2А. Затирання поверхні – з допомогою машин для згладжування.

Монтажні роботи. Для подачі опалубки, арматури та інших вантажів використовується баштовий кран КБ-405. Монтаж колон, плит та стін здійснюється по поверхах, з дотриманням схем підйому та безпечного переміщення елементів. Роботи виконуються ланками комплексних бригад, оснащених вантажозахоплювальними пристроями та помостами.

Підлоги. При улаштуванні підлог використовується віброрейка з вібратором ИВ-2А, з подальшим згладжуванням та затиранням. Роботи виконують спеціалізовані ланки, дотримуючись технологічної послідовності та перерв на тверднення розчину.

Оздоблювальні роботи. Малярні та плиточні роботи ведуться потоково-операційним методом, із розподілом завдань між членами бригади. Фарбування поверхонь проводиться за допомогою малярної станції МС-2, яка забезпечує приготування фарб та їх подачу на поверхню. Керамічне облицювання та настил плитки виконуються вручну із застосуванням віброрейок і шаблонів для вирівнювання.

Усі виробничі бригади комплектуються нормо-комплектами інструментів, передбаченими табелем оснащення. Прийнятий метод організації дозволяє ефективно застосовувати ресурси, підвищити якість робіт та забезпечити високий рівень безпеки будівництва.

3.3 Підбір монтажного крана

Для здійснення монтажу конструктивних елементів рекреаційного комплексу необхідно обґрунтовано обрати монтажний кран, який забезпечить монтаж збірних та монолітних елементів. Вибір крана здійснюється з урахуванням:

- габаритів будівлі;
- маси й розмірів монтованих елементів;
- параметрів монтажної зони;
- технічних характеристик кранів;
- економічної доцільності експлуатації.

Беручи до уваги поверховість будівлі (4 поверхи), висоту монтажу елементів понад 20 м і складність планувальної схеми, раціонально застосувати баштовий повноповоротний кран, який дозволяє працювати в умовах обмеженого простору й забезпечує точність монтажу вертикальних та горизонтальних конструкцій (рис. 3.1).

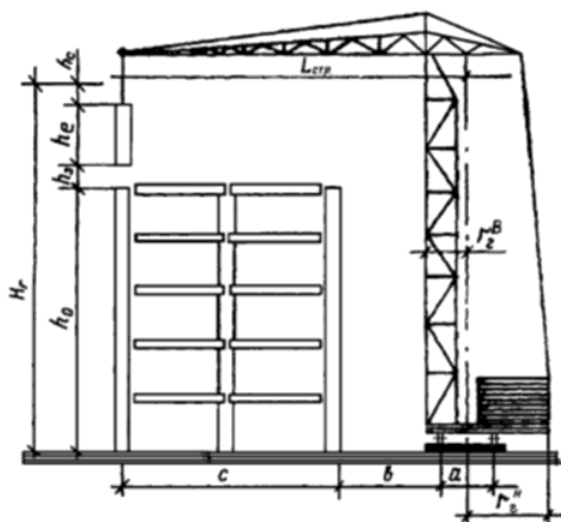


Рисунок 3.1 – Схема визначення монтажних характеристик баштового крана

Основні розрахункові параметри

1. Маса монтованого елемента з урахуванням пристроїв:

$$G = G_m + g = 2,5 + (0,5 + 0,1) = 3,1 \text{ т.}$$

2. Необхідна висота підйому гака:

$$H_{кр} = h_0 + h_e + h_3 + h_c = 17,1 + 3,5 + 0,5 + 2,0 = 23,1 \text{ м.}$$

3. Розрахунок вильоту стріли:

$$L_{стр} = a/2 + b + c = 6/2 + 1,2 + 19 = 23,2 \text{ м.}$$

На основі наведених параметрів аналізувалися технічні характеристики кількох баштових кранів. До розгляду взято моделі КБ-405 та БК-151:

Параметр	КБ-405	БК-151	Одиниця
Вантажопідйомність	8	8,5	т
Виліт стріли	30	34,2	м
Висота підйому гака	54	44	м
Вантажний момент	135	140	т·м
Вартість машино-години	26,9	39,28	грн

Висновок. Приймаємо до використання кран КБ-405 – баштовий пересувний кран із балковою стрілою, електроприводом та достатнім вантажним моментом.

Він повністю задовольняє потреби з точки зору вантажопідйомності, вильоту стріли та висоти монтажу, а також має нижчі експлуатаційні витрати, що позитивно впливає на загальну вартість будівельно-монтажних робіт.

3.4 Складання календарного плану виконання робіт

Розробка календарного плану для даного об'єкта виконувалась з урахуванням нормативної тривалості будівництва, об'ємів і специфіки робіт, а також прийнятих організаційно-технологічних рішень.

Першим етапом є визначення повної номенклатури будівельно-монтажних процесів. Вона формується на основі технічної документації та охоплює підготовчі, підземні, фундаментні, монтажні, оздоблювальні й спеціальні роботи. Для кожного виду робіт проведено розрахунок об'ємів, встановлено методи виконання, підібрано будівельні машини, механізми та обладнання, визначено нормативну трудомісткість у людино-днях.

На основі отриманих обсягів і трудовитрат встановлено тривалість виконання робіт за календарем. Нормативна тривалість зведення об'єкта складає 126 днів, однак завдяки ефективній організації процесу і раціональному поєднанню робіт фактична тривалість за розробленим графіком становить 113 робочих днів.

У ході планування забезпечено послідовне та паралельне виконання комплексів робіт із дотриманням технологічної логіки. Завдяки застосуванню поточної організації будівництва досягнуто високого ступеня суміщення процесів. Це дозволило зменшити простой, підвищити продуктивність праці та забезпечити рівномірне використання трудових ресурсів протягом усього циклу.

У календарному плані кожна група робіт має свою тимчасову прив'язку. Всі роботи згруповані за періодами виконання: підготовчий етап, нульовий цикл, надземна частина, монтаж, опорядження. Графічно тривалість кожного процесу позначено відрізком з указанням кількості робітників, задіяних у зміну. Узгодження роботи бригад здійснюється з урахуванням безпечного ведення робіт.

3.4.1 Техніко-економічні показники календарного плану

1. Тривалість будівництва [19]:

$$T \leq T_{\text{норм}},$$

$$T = 113 \text{ днів} < T_{\text{норм}} = 126 \text{ днів},$$

де T – тривалість робіт за розробленим календарним графіком, днів;

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

2. Показник суміщення будівельних процесів в часі:

$$K_{\text{сум.}} = \frac{\sum t}{T} = \frac{126}{113} = 1,12$$

де $\sum t$ – сумарна тривалість виконання всіх будівельних процесів при послідовному веденні робіт;

$T = 113$ днів – тривалість робіт за календарним планом.

3. Показник нерівномірності руху робочої сили:

$$K_{\text{нер}} = N_{\text{max}} / N_{\text{ср}} = 25 / 14 = 1,78$$

де $N_{\text{max}} = 25$ чол. – максимальне число робітників в зміну;

$N_{\text{ср}} = 14$ чол. – середньоспискова кількість робітників, визначена за формулою:

$$N_{\text{ср}} = \sum Q / T = 1582,6 / 113 = 14 \text{ чол.}$$

де $\sum Q = 1582,6$ люд.-дн. – сумарна працемісткість будівництва

4. Показник змінності – загальна кількість змін поділена на кількість відпрацьованих днів:

$$K_{\text{змін}} = \frac{N}{\sum t} = \frac{113}{113} = 1.$$

3.5 Проектування будгенплану об'єкта

3.5.1 Визначення потреби в інвентарних будинках

Проектування будівельного генерального плану передбачає раціональне розміщення інвентарних тимчасових споруд на будівельному майданчику з

урахуванням потреб у виробничому, побутовому та адміністративному обслуговуванні учасників будівельного процесу. Ці споруди забезпечують належні умови для організації праці, техніки безпеки, а також культурно-побутового обслуговування.

Визначення потреби в інвентарних будинках здійснюється відповідно до максимальної кількості працівників у найбільш чисельну зміну. Для цього було використано дані календарного плану виконання робіт.

Максимальна кількість робітників, задіяних на будівництві – 25 осіб. Враховуючи структуру кадрів, характерну для житлово-цивільного будівництва, приймаємо наступне розподілення:

- робітники – 85%;
- інженерно-технічний персонал (ІТП) – 8%;
- службовці – 5%;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП) та охорона – 2%.

Загальна кількість працівників визначається за формулою:

$$N_{\text{заг}} = (N_{\text{роб.}} + N_{\text{ІТП}} + N_{\text{служб.}} + N_{\text{МОП}}) k,$$

де: $N_{\text{роб.}} = 25$, $N_{\text{ІТП}} = 0,08 \cdot 25 = 2$, $N_{\text{служб.}} = 0,05 \cdot 25 = 1,25 \approx 1$, $N_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot 25 = 0,5 \approx 1$, $k = 1,05$ (коефіцієнт, що враховує невиходи на роботу).

Підставляючи значення, маємо:

$$N_{\text{заг}} = (25 + 2 + 1 + 1) 1,05 = 30,45 \approx 31 \text{ особа.}$$

Для забезпечення всіх працівників передбачаються інвентарні будинки таких призначень:

- адміністративно-побутовий блок, включаючи побутові приміщення, роздягальні, сушильні, душові, туалети;
- санітарно-гігієнічний модуль, розрахований згідно з нормами площі на одного працівника;
- інвентарні приміщення для охорони та чергових служб.

Площі та кількість тимчасових будівель визначені у розрахунковій таблиці (графічна частина проекту). Розміщення споруд на території виконано з урахуванням:

- дотримання санітарних розривів;
- зручного доступу з будівельного майданчика;
- зменшення довжини комунікаційних мереж.

Таким чином, запропоноване рішення забезпечує комфортні умови праці персоналу на будівництві, відповідає нормативним вимогам та сприяє організованому перебігу будівельного процесу.

3.5.2 Розрахунок площі складських приміщень і майданчиків

Раціональна організація складського господарства на будівельному майданчику є важливою умовою безперебійного виконання робіт. З метою забезпечення зберігання будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, на об'єкті передбачено розміщення відкритих майданчиків, закритих складів та спеціалізованих приміщень для матеріалів, чутливих до температурних коливань і вологості.

Підходи до розрахунку площі складів ґрунтуються на аналізі:

- добової витрати матеріалів відповідно до календарного плану;
- норм запасів матеріалів залежно від їх характеру (місцеві чи привізні);
- коефіцієнтів нерівномірності постачання ($\alpha = 1,1$) та витрати ($k = 1,3$).

Для визначення необхідного запасу матеріалу на складі використовується формула:

$$Q_{\text{зан}} = Q_{\text{заг}} / (T \alpha n k),$$

де: $Q_{\text{зан}}$ – розрахунковий запас матеріалу;

$Q_{\text{заг}}$ – загальна потреба матеріалу на період будівництва;

α – коефіцієнт нерівномірності постачання (1,1);

T – тривалість будівництва (113 днів);

n – норма запасу (2–15 днів залежно від типу матеріалу);

k – коефіцієнт нерівномірності витрат (1,3).

Площа зберігання без проходів визначається:

$$F = Q_{\text{зан}} / q,$$

де: q – укладальна щільність ($\text{т}/\text{м}^2$ або $\text{м}^3/\text{м}^2$ відповідно до типу матеріалу).

Загальна площа складу обчислюється з урахуванням площі для проходів:

$$S = F / \beta,$$

де: β – коефіцієнт, що враховує проходи (зазвичай 0,6–0,7).

Розміщення складів:

- відкриті майданчики: для цегли, збірних залізобетонних конструкцій, щебеню, бутового каменю тощо;
- закриті неопалювальні склади: для утеплювача, фанери, скла, гіпсокартонних листів;
- опалювальні склади: для лакофарбових матеріалів, клеїв, хімічних добавок;
- спеціалізовані приміщення: для рулонних матеріалів, столярних виробів.

Таке групування дозволяє забезпечити умови зберігання, запобігти псуванню матеріалів та підтримати безперервний ритм будівельно-монтажних робіт. Усі складські приміщення передбачено розмістити у безпечних зонах, доступних для кранів, автотранспорту й робочого персоналу.

Розрахунок площі складських приміщень і майданчиків виконано у табличній формі – таблиця 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок площі складських приміщень на будмайданчику

Конструкції, вироби, матеріали	Одиниці виміру	Загальна потреба $Q_{заг}$	Тривалість вкладавання	Найбільша добова витрата, $Q_{заг}/T$	Кількість днів запасу, n	Коефіцієнт нерівномірності	Коефіцієнт нерівномірності	Запас на складі, $Q_{зан}$	Норма зберігання на 1 м ² площі q	Корисна площа складу F , м ²	Коефіцієнт використання площі складу β	Повна площа складу S , м ²	Розміри складу, м	Характеристика складу
Пісок	м ³	385,95	51	7,22	2	1,1	1,3	21,2	2,0	10,1	0,6	16,7	6,0x3,0	Відкр
Щебінь	м ³	296,0	6	66,21	2	1,1	1,3	91,38	2,0	47,19	0,6	78,6	9,0x9,0	Відкр
Арматура	т	325,1	36	10,81	5	1,1	1,3	77,6	3,5	22,2	0,6	37,1	5,5x7,0	Закр
Цегла та газобетонн	м ³	664,0	36	20,23	2	1,1	1,3	59,4	2,0	29,7	0,8	37,2	5,5x7,0	Відкр
Цемент фасований у мішках	т	175,2	55	3,85	2	1,1	1,3	10,7	1,3	6,7	0,6	11,3	4,0x3,0	Закр
Плитний звукоізолятор	м ³	669,0	34	17,35	2	1,1	1,3	49,3	2,0	24,6	0,8	30,7	8,0x4,0	Закр
Мінеральна вата	м ³	275,0	44	5,76	2	1,1	1,3	18,7	1,0	16,7	0,8	20,7	5,0x4,5	Закр
Вікона, двері, вітражі	м ²	1420,0	17	63,77	2	1,1	1,3	171,7	20	9,1	0,7	13,1	4,0x4,0	Закр
Євроруберойд	м ²	1352,0	11	153,1	2	1,1	1,3	468,2	10,5	41,7	0,6	69,6	8,0x9,0	Закр
Лак та фарбові матеріали	т	8,94	64	0,11	5	1,1	1,3	2,7	1,2	0,6	0,7	0,4	1,0x2,0	Закр
Паркетн. дошка	м ²	1650,0	11	125,6	2	1,1	1,3	173,53	2,5	72,2	0,8	90,3	5,0x9,0	Закр
Плитка керамічна	м ²	4850,0	25	214,4	5	1,1	1,3	635,6	15,0	41,04	0,8	89,4	9,0x10,0	Закр

3.5.3 Техніко-економічні показники будівельного генплану

Для оцінки ефективності організації будівельного майданчика та дотримання вимог раціонального використання території здійснено розрахунок основних техніко-економічних показників будівельного генерального плану. Ці показники дозволяють визначити рівень насичення будмайданчика, забезпеченість необхідними інженерними мережами, транспортними шляхами, тимчасовими спорудами та складськими приміщеннями, що мають важливе значення для ритмічного ведення робіт та дотримання графіка будівництва. Розраховані показники наведені в таблиці.

Техніко-економічні показники будгенплану:

1. Площа території майданчика, $F_m = 6582,34 \text{ м}^2$.
2. Площа, що зайнята постійними спорудами, $F_{пс} = 0 \text{ м}^2$.
3. Площа, що зайнята тимчасовими спорудами, $F_{тс} = 468,3 \text{ м}^2$.
4. Склади F_c :
 - відкриті – $215,6 \text{ м}^2$;
 - закриті – $159,2 \text{ м}^2$;
 - навіси – $91,3 \text{ м}^2$.
5. Довжина автошляхів: тимчасових – $137,1 \text{ пог. м}$.
6. Довжина електромережі: тимчасової – $329,2 \text{ пог. м}$.
7. Довжина водопроводу: тимчасового – $122,1 \text{ пог. м}$.
8. Довжина огороження – $326,2 \text{ пог. м}$.

3.5.4 Заходи з охорони праці та пожежної безпеки

Забезпечення безпечних умов праці під час зведення монолітної будівлі з підвищеним рівнем механізації робіт є обов'язковою умовою організації будівельного процесу. Усі заходи з охорони праці реалізуються відповідно до вимог нормативних документів, зокрема: [20], Правил охорони праці під час будівництва, а також Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2004), [21, 22].

На будмайданчику впроваджено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на:

- запобігання травматизму при виконанні бетонних, монтажних, вантажопідйомних та оздоблювальних робіт;
- мінімізацію впливу шкідливих виробничих факторів (шум, вібрація, пил, мікроклімат тощо);
- контроль дотримання правил особистої безпеки працівників, використання ними засобів індивідуального захисту (каска, рукавиці, страхувальні пояси тощо);
- обмеження доступу сторонніх осіб до небезпечних зон, зокрема в межах дії монтажного крана та зон з підвищеною небезпекою.

Для безпечного виконання робіт, пов'язаних з підйомом та переміщенням вантажів, проводяться інструктажі з безпечної експлуатації вантажопідйомної техніки та застосування вантажозахоплювальних пристроїв. Монтажні роботи на висоті виконуються лише за наявності інвентарних помостів та страхувальних засобів.

Пожежна безпека на майданчику забезпечується шляхом:

- встановлення пожежних щитів з необхідним інвентарем (вогнегасники, багри, відра, лопати, ящики з піском);
- розміщення тимчасових споруд і складів на нормативних відстанях з урахуванням протипожежних розривів;
- забезпечення майданчика зовнішнім і внутрішнім протипожежним водопостачанням;
- встановлення заборони на відкритий вогонь, регулярного контролю електрообладнання та електромереж;
- організації чергування відповідальних осіб у нічний час на період активного ведення будівельно-монтажних робіт.

Кожен працівник перед допуском до робіт проходить вступний інструктаж та цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці. Ведеться журнал реєстрації інструктажів. Роботи підвищеної небезпеки виконуються лише під наглядом відповідального виконавця.

4 ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

4.1 Пояснювальна записка до економічної частини проекту

Економічна частина випускної кваліфікаційної роботи присвячена аналізу витрат на зведення запроєктованого об'єкта – рекреаційного комплексу громадського призначення, який виконує функцію відпочинку, обслуговування і комунікації для відвідувачів та мешканців міста Кам'янець-Подільський.

Економічні розрахунки базуються на технічній документації, обсягах робіт, конструктивних рішеннях та технології виконання, що детально розроблені у попередніх розділах. Особливості проектованої будівлі, зокрема монолітний каркас, підвищені оздоблювальні вимоги, облаштування благоустрою території та наявність допоміжних приміщень, обумовлюють певну структуру витрат, яка враховується при складанні локального кошторису.

Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи розроблено на підставі розрахованих обсягів, відповідно до нормативних вимог, з використанням програмного комплексу АВК-5, що дозволяє автоматизувати процес визначення вартості робіт, матеріалів, механізмів та трудових ресурсів. Розрахунок охоплює роботи з нульового циклу до повного завершення внутрішнього та зовнішнього оздоблення.

Під час складання кошторису використано:

- ресурсні елементні кошторисні норми на основні будівельні роботи;
- поточні ціни на матеріали та механізми, актуальні на дату розрахунку;
- нормативи тривалості робіт та трудомісткості на одиницю обсягу;
- тарифні коефіцієнти та вартість люд.-години відповідних кваліфікаційних розрядів;
- вказівки щодо врахування накладних витрат та кошторисного прибутку.

Структура локального кошторису відповідає технологічній послідовності будівництва та включає розділи: земляні роботи; улаштування фундаменту (монолітна залізобетонна плита); зведення вертикальних та горизонтальних елементів каркасу (колони, перекриття); перегородки; покрівельні роботи; віконні

та дверні заповнення; внутрішнє опорядження (штукатурка, шпаклювання, фарбування, облицювання); благоустрій прилеглої території; тимчасові роботи (підготовка території, встановлення огорож, побутові приміщення тощо).

Економічна ефективність проекту. Оцінка економічної доцільності реалізації об'єкта включає аналіз загальної кошторисної вартості зведення комплексу та її обґрунтування порівняно з аналогічними об'єктами регіону. Враховано не лише вартість основного будівництва, але й витрати на благоустрій, тимчасові споруди, інженерні мережі, озеленення.

Рекреаційний комплекс, як частина соціальної інфраструктури міста, має підвищену соціальну значущість. Зокрема, він створює нові робочі місця в секторі обслуговування, підвищує туристичну привабливість території та стимулює розвиток прилеглої забудови.

У розрахунках враховано:

- тривалість будівництва – 113 календарних днів;
- середньоденне навантаження на робочих – 14 осіб;
- коефіцієнт використання трудових ресурсів – на рівні 0,90, що свідчить про ефективну організацію робіт;
- опосередкована вартість будівництва на 1 м² площі відповідає нормативним показникам по Хмельницькій області на дату проектування.

На основі структури робіт і переліку, було складено локальний кошторис на загальнобудівельні роботи для зведення рекреаційного комплексу у м. Кам'янець-Подільський, Хмельницької обл.

Загальна кошторисна вартість робіт склала 19687,268 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість становила 79,901 тис. люд.-год.

Кошторисна заробітна плата у сумі 2248,536 тис. грн.

4.2 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи

Розроблено локальний кошторис на загальнобудівельні роботи, наведено у додатку.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці при будівництві рекреаційного комплексу в м. Кам'янець-Подільський є обов'язковим і пріоритетним завданням, що забезпечує безпечні умови праці, запобігання травматизму та захист довкілля. Особливості запроектованого об'єкта – багатофункціональність, присутність відвідувачів, інтенсивність будівельно-монтажних робіт та робота із великогабаритними елементами конструкцій – потребують впровадження комплексу профілактичних заходів і технічних рішень.

Загальні принципи охорони праці. Усі роботи на будмайданчику повинні виконуватись відповідно до вимог чинного законодавства України в галузі охорони праці, зокрема: Закону України «Про охорону праці», [20], ДСТУ ISO 45001:2019, а також інших нормативно-правових актів.

Вибір технологічних рішень, будівельних процесів і механізмів здійснюється з урахуванням принципу мінімізації ризиків для здоров'я працівників та безпеки експлуатації об'єкта. Робочі місця мають бути організовані відповідно до санітарно-гігієнічних норм та забезпечені необхідним оснащенням.

Аналіз небезпек на будмайданчику. Основні небезпечні фактори, що супроводжують будівництво рекреаційного комплексу:

- земляні роботи: ризик обвалу ґрунту, ураження підземними комунікаціями, недостатня видимість в нічний час;
- монтажні роботи: можливе падіння з висоти, падіння конструкцій, порушення послідовності встановлення елементів;
- робота з електроінструментом і механізмами: ураження електрострумом, травмування рухомими частинами;
- покрівельні роботи: зсуви, опіки, ризики падіння при недостатньому страхуванні;
- оздоблювальні роботи: шкідливий вплив випарів, вапна, фарб, а також ризики при роботі на риштуваннях.

Вибір безпечних методів виконання робіт. Для зниження ризику травматизму при зведенні комплексу застосовано методи:

- переважно механізоване виконання земляних, монтажних, бетонних і вантажно-розвантажувальних робіт;
- збірно-монолітна технологія з використанням попередньо виготовлених елементів, що скорочує тривалість виконання робіт на висоті;
- оптимізація логістики будматеріалів, що запобігає перенавантаженню території;
- використання спеціальних пристроїв для безпечного підйому елементів конструкцій, уникнення ручної праці у важких умовах;
- виконання висотних робіт тільки з використанням індивідуального страхувального обладнання.

Заходи безпеки під час виконання робіт.

Земляні роботи. Профілювання котлованів виконують із дотриманням ухилів і відстаней до призми обвалу. Робочі допускаються лише після перевірки стійкості ґрунтів. Встановлюються огорожі, знаки та освітлення.

Монтажні роботи. Заборонено одночасне виконання робіт під місцем монтажу. Піднімання конструкцій здійснюється лише сертифікованим вантажозахоплювальним обладнанням. Сигналізація між монтажником і машиністом узгоджується заздалегідь.

Покрівельні роботи. Перед початком перевіряється стан покриття. Для переходу по даху встановлюються тимчасові трапи. Роботи припиняються при швидкості вітру понад 15 м/с.

Облицювання й малярні роботи. Застосовуються індивідуальні засоби захисту (респіратори, окуляри). Використовуються малярні склади з відомим складом і сертифікатом безпеки. Забезпечується провітрювання приміщень.

Зварювальні роботи. Організовується спеціальна зона із заземленням конструкцій. Роботи не виконуються поблизу легкозаймистих матеріалів. Передбачено наявність первинних засобів пожежогасіння.

Протипожежна безпека. На будівельному майданчику передбачається [22]:

- розміщення вогнегасників у зоні робіт;
- інструктаж працівників щодо дій у разі виникнення пожежі;

- організація евакуаційних шляхів та під'їздів для пожежної техніки;
- заборона зберігання горючих матеріалів поблизу джерел відкритого вогню.

Охорона навколишнього середовища. Будівництво ведеться із дотриманням екологічних норм. Передбачено:

- збирання та утилізація будівельного сміття та відходів;
- запобігання забрудненню ґрунтів паливно-мастильними матеріалами;
- шумова ізоляція машин у нічний період;
- оптимальне використання водних ресурсів для побутових і технічних потреб.

Запропоновані методи організації робіт і інженерні рішення дозволяють зменшити рівень професійних ризиків до нормативно допустимих, забезпечують стабільну і безпечну роботу на всіх етапах будівництва.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання випускної кваліфікаційної роботи досягнуто мети проектування рекреаційного комплексу, що відповідає сучасним вимогам до архітектурного, конструктивного, організаційного та економічного забезпечення будівництва.

1. На основі аналізу вихідних даних, містобудівної ситуації та функціонального призначення об'єкта розроблено архітектурно-планувальні рішення, що враховують специфіку місцевості, забезпечують комфортне перебування відвідувачів, раціональну організацію внутрішніх просторів і доступність для усіх категорій користувачів.

2. У розрахунково-конструктивній частині здійснено проектування основних несучих елементів будівлі з урахуванням сучасних вимог до надійності, довговічності та безпеки. Виконано розрахунки фундаментної плити та монолітних колон із використанням інженерного програмного забезпечення, що дозволило запроектувати раціональні несучі конструкції будівлі.

3. Визначено оптимальну організаційно-технологічну послідовність виконання будівельно-монтажних робіт. Розроблено календарний план тривалістю 113 робочих днів, що відповідає нормативним строкам зведення аналогічних об'єктів. Середня кількість працівників склала 14 осіб, максимальна – 25, що забезпечує ритмічність і рівномірність виконання робіт.

4. Складено будівельний генеральний план об'єкта з урахуванням розміщення інвентарних будівель, складів, під'їзних шляхів, зон складування і заходів з охорони праці та пожежної безпеки. Проведено відповідні розрахунки площ тимчасових споруд та складських приміщень, сформовано техніко-економічні показники будгенплану.

5. В економічній частині обґрунтовано кошторисну вартість будівництва на основі локального кошторису, сформованого із застосуванням програмного комплексу АВК-5. Проведено ресурсний аналіз, визначено витрати на матеріали, робочу силу, експлуатацію техніки та накладні витрати, що дозволяє об'єктивно оцінити економічну доцільність реалізації проекту.

6. Розглянуто комплекс заходів з охорони праці, включаючи безпечні методи виконання робіт, організацію робочих місць, санітарно-гігієнічні норми, інженерні засоби колективного та індивідуального захисту. Запропоновано рішення з пожежної безпеки, а також заходи з мінімізації впливу на довкілля під час зведення об'єкта.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Випускна кваліфікаційна робота бакалавра [текст]: методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (спеціалізація «Промислове та цивільне будівництво») денної та заочної форм навчання / уклад. О.А.Ужегова, С.В.Ротко. – Луцьк: Луцький НТУ, 2021. – 100 с.
2. ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 96 с.
3. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною № 1. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 43 с.
4. 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.
5. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 48 с.
6. Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. Багатоповерхові 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. – Чинний від 2022-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 108 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. Основи комп'ютерного моделювання: навчальний посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. 2-е вид. – К.: НАУ, 2019. – 492 с.
14. САПР у будівництві : метод. вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спец. 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заоч. форм навч. / уклад. С. В. Ротко. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 256 с.
15. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
16. 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.
17. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 36 с.
18. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 64 с.
19. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 30 с.
20. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 68 с.
21. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 48 с.
22. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 80 с.

