

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну  
(повне найменування факультету)

Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ЗВЕДЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ (ДВІ СЕКЦІЇ) В  
КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ  
CONSTRUCTION OF A MULTI- STOREY RESIDENTIAL BUILDING (TWO  
SECTIONS) IN KYIV REGION

Виконав: студент ІІ курсу, групи БАД-114м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

ОЛЕШКО О.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КУЛІК М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну  
Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами  
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В. о. завідувача кафедри БВУП**

**к.т.н., доцент Олексій НАЗАРЕНКО**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

ОЛЕШКО Олег Миколайович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Зведення багатоповерхової житлової будівлі (дві секції) в Київській області. Construction of a multi- storey residential building (two sections) in Kyiv region

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КУЛІК Михайло Валерійович,  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « \_\_\_\_\_ » жовтня 2025 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, інженерно-геологічні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Економіка будівництва. 5. Охорона праці та цивільна безпека. 6. Науково-дослідний розділ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Слайди презентації, графічний матеріал 9 аркушів А1 роздруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	КУЛІК М.В., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	КУЛІК М.В., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	КУЛІК М.В., доцент		
Економіка будівництва	КУЛІК М.В., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	ЯКІМЦОВ Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	КУЛІК М.В., доцент		
Нормоконтролер	БОБРАКОВ А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» жовтня 2025 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	2-3 тижні	Розділ 1
3	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	3-5 тижні	Розділ 2
4	Прийняття організаційно-технологічних рішень	5-6 тижні	Розділ 3
5	Розробка економічної частини роботи	7 тиждень	Розділ 4
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	8 тиждень	Розділ 5
7	Виконання науково-дослідної частини	9-10 тиждень	Розділ 6
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	11 тиждень	
9	Оформлення графічної частини	12-13 тиждень	Розділи 1-5
10	Нормоконтроль та рецензування	13-14 тиждень	
11	Перевірка на плагіат	15 тиждень	
12	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олег ОЛЕШКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Михайло КУЛІК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра: 110 с., 19 табл., 24 рис., 1 дод., 40 джерел.

**Структура та обсяг роботи.** Робота є науковим дослідженням на тему методології забезпечення організаційної надійності при зведенні житлових будівель на прикладі проєкту 17-поверхової житлової будівлі у Київському регіоні. Дослідження охоплює шість основних розділів – архітектурний, конструктивний, організаційно-технологічний, економічний, охорони праці та науково-дослідницький. В науковому розділі увага приділена підвищенню стійкості та керованості будівельного процесу за рахунок впровадження методів оцінювання організаційної надійності, аналізу взаємозв'язків між технологічними параметрами, а також математичного моделювання.

**Методи дослідження** – ґрунтуються на поєднанні аналітичних, системних і математичних методів, що використовуються для оцінювання організаційної надійності в будівельному виробництві. У дослідженні застосовано елементи теорії ймовірностей, математичної статистики та системного аналізу, а також моделі оптимізації для оцінювання надійності організаційно-технологічних процесів.

**Об'єкт дослідження** – проєкт будівництва 17-поверхової житлової будівлі у Київському регіоні.

**Предмет дослідження** – методи та моделі забезпечення організаційної надійності при зведенні житлових будівель, з оцінюванням показників надійності.

**Актуальність теми** зумовлена необхідністю підвищення стабільності та передбачуваності реалізації будівельних проєктів у сучасних умовах, коли на ефективність процесу впливають численні організаційні, економічні та ресурсні фактори. У контексті багатопверхового житлового будівництва особливо важливо забезпечити узгодженість між технологічними етапами, своєчасне виконання критичних процесів і зменшення ризику відхилень від календарного плану. і керованих систем будівельного виробництва.

ОРГАНІЗАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ, ЖИТЛОВЕ БУДІВНИЦТВО, КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА, УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, БАГАТОПОВЕРХОВІ БУДІВЛІ

## ABSTRACT

**Explanatory note to the master's thesis:** 114 pages, 19 tables, 24 figures, 1 appendix, 40 sources.

**Structure and Scope of Work.** This work is a scientific study on the topic of the methodology for ensuring organizational reliability during the construction of residential buildings, based on the project of a 17-story residential building in the Kyiv region. The research consists of six main sections – architectural, structural, organizational and technological, economic, occupational safety, and research. The scientific part focuses on improving the stability and controllability of the construction process by introducing methods for assessing organizational reliability, analyzing interdependencies between technological parameters, and applying mathematical modeling.

**Research Methods.** The research is based on a combination of analytical, systemic, and mathematical methods used to assess organizational reliability in construction production. The study employs elements of probability theory, mathematical statistics, and systems analysis, as well as optimization models for evaluating the reliability of organizational and technological processes.

**Object of research:** The construction project of a 17-story residential building in the Kyiv region.

**Subject of research:** Methods and models for ensuring organizational reliability in residential construction, including the evaluation of reliability indicators.

The relevance of this research lies in the need to enhance the stability and predictability of construction project implementation under modern conditions, where numerous organizational, economic, and resource factors affect overall efficiency. In the context of high-rise residential construction, it is particularly important to ensure consistency between technological stages, timely execution of critical operations, and reduction of the risks of deviation from the schedule. The proposed methodology contributes to the formation of reliable construction systems, improving overall project resilience and performance.

ORGANIZATIONAL RELIABILITY, RESIDENTIAL CONSTRUCTION, SCHEDULE PLANNING, OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION PRODUCTION, RISK MANAGEMENT, MATHEMATICAL MODELING, HIGH-RISE BUILDINGS

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....	9
1.1 Відомості щодо генерального плану .....	9
1.2 Загальна інформація щодо об'єкту будівництва .....	11
1.3 Огляд прийнятих архітектурних та об'ємно-планувальних рішень.....	12
1.4 Доступ для маломобільних груп населення.....	14
1.5 Конструктивні рішення.....	17
1.6 Теплотехнічний розрахунок стіни.....	18
1.7 Визначення класу наслідків (відповідальності) будівлі.....	23
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	26
2.1 Вихідні дані до розрахунку.....	26
2.1.1 Інженерно-геологічні умови будівництва.....	26
2.1.2 Загальна характеристика об'єкта.....	27
2.2 Розрахунок каркасу в ПК ЛІРА САПР.....	29
2.2.1 Створення розрахункової моделі.....	30
2.2.2 Задання характеристик матеріалів .....	32
2.2.3 Збір постійних навантажень .....	33
2.2.4 Збір тимчасових навантажень.....	36
2.2.5 Розрахункове сполучення зусиль .....	39
2.2.6 Аналіз результатів розрахунку в ПК ЛІРА .....	41
2.2.7 Конструювання плити перекриття .....	43
2.3 Розрахунок та конструювання фундаментної плити.....	47
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	52
3.1 Вибір способів та методів монтажу.....	52
3.2 Підбір монтажного крану.....	53
3.3 Календарне планування будівництва .....	57
3.4 Визначення обсягів БМР.....	57
3.5 Розрахунок будівельного генплану .....	58

	7
3.5.1 Визначення площі складського господарства .....	58
3.5.2 Визначення потреби у тимчасових будівлях .....	60
3.5.3 Розрахунок тимчасового водопостачання майданчику .....	63
3.5.4 Визначення потреби в електропостачанні .....	66
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА .....	69
4.1 Розробка локального кошторису .....	69
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ .....	71
5.1 Перелік заходів щодо техніки безпеки в будівництві .....	71
5.2 Загальні вказівки щодо контролю якості при виконанні БМР .....	74
5.3 Визначення кількості прожекторів для освітлення .....	77
5.4 Цивільний захист в будівництві .....	79
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ.....	83
6.1 Теоретичні засади організаційної надійності .....	83
6.2 Методика оцінювання організаційної надійності.....	85
6.3 Математичне моделювання алгоритму оцінки надійності .....	90
6.3.1 Етапи алгоритму оцінки.....	91
6.4 Облік взаємозалежності процесів.....	93
ВИСНОВКИ .....	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	99
Додаток А .....	103

## ВСТУП

Житлове будівництво є одним із головних чинників соціального та економічного розвитку кожного регіону. В умовах післявоєнного відновлення України питання забезпечення населення якісним, комфортним і доступним житлом набуває особливої ваги.

Відновлення житлового фонду сприяє не лише покращенню умов проживання громадян, а й стимулює розвиток суміжних галузей.

Актуальність дипломного проекту визначається потребою у швидкому відновленні житлового фонду та створенні сучасних будівель, які відповідатимуть вимогам енергоефективності, надійності, безпеки та екологічності. Забезпечення громадян житлом належної якості є важливою передумовою підвищення рівня життя, соціальної стабільності та економічного зростання регіону.

Метою дипломного проекту є розроблення 17-поверхового двосекційного житлового будинку у Київському регіоні, який має відповідати чинним будівельним нормам і сучасним уявленням про комфорт та зручність.

Проект передбачає створення гармонійного житлового середовища, яке задовольняє потреби різних категорій мешканців – молодих сімей, людей похилого віку та осіб з обмеженими можливостями.

Для цього об'єкта капітального будівництва було розроблено шість розділів, які охоплюють усі ключові аспекти реалізації проекту.

Розроблений проект є прикладом сучасного, енергоефективного та екологічно безпечного житла, яке відповідає вимогам комфорту й раціонального використання простору.

У цьому дослідженні розглянуто методологію підвищення організаційної надійності під час зведення житлових будівель, розроблено модель оцінювання її показників і визначено шляхи практичного застосування отриманих результатів.

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

### 1.1 Відомості щодо генерального плану

Проектована територія розташована в межах Київського регіону на ділянці, що має зручне містобудівне положення та забезпечений доступ до основних транспортних шляхів і розвиненої інженерної та соціальної інфраструктури. Розміщення об'єкта є доцільним з огляду на наявність поблизу комунікацій, мереж водопостачання, електропостачання та під'їзних шляхів.

На території земельної ділянки відсутні об'єкти природно-заповідного фонду, а також пам'ятки історії, архітектури та культури, що підлягають охороні. Ділянка не входить до складу водоохоронних зон, прибережних смуг чи інших спеціально охоронюваних територій.

Межі земельної ділянки не перетинаються з червоними лініями існуючої вулично-дорожньої мережі. За результатами інженерно-геодезичних і санітарних досліджень встановлено, що на території відсутні санітарно-захисні зони. Інформація щодо існування публічних сервітутів також відсутня.

Ділянка межує з такими територіями:

з півночі – земельні наділи, відведені під садівництво;

із заходу – території, призначені для гаражного будівництва;

зі сходу – земельні ділянки, на яких розміщені освітні заклади;

з півдня – зони житлової забудови та рекреаційні території природничого спрямування.

Під'їзд до ділянки запроєктовано з боку суміжної вулично-дорожньої мережі, що забезпечує зручне транспортне сполучення з іншими частинами населеного пункту та сприяє раціональній організації руху будівельної техніки під час зведення об'єкта.

Техніко-економічні показники ділянки наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники земельної ділянки

№ з/п	Найменування	Од. виміру	Кількість	Примітки
1	Площа ділянки за генеральним планом (ГПЗУ)	м <sup>2</sup>	39 450	–
2	Площа ділянки за дипломним проєктом	м <sup>2</sup>	11 800	–
3	Площа забудови	м <sup>2</sup>	1 122	–
4	Площа твердих покриттів	м <sup>2</sup>	6 018	–
5	Площа м'яких покриттів	м <sup>2</sup>	370	–
6	Площа озеленення	м <sup>2</sup>	4 290	–
7	Площа території подальшого розвитку	м <sup>2</sup>	27 650	–

Проектowana забудова складається з двох секцій будівлі, об'єднаних між собою в єдиний об'єм. Габаритні розміри споруди в плані становлять 59,7 м × 33,9 м, висота будівлі – 65,0 м. На першому поверсі запроєктовано нежитлові приміщення громадського призначення.

Під'їзд автотранспорту до будівлі організовано з боку прилеглої вулично-дорожньої мережі. Ширина проїжджої частини навколо будівлі становить 6 метрів, що забезпечує зручний рух та доступ спеціалізованого транспорту.

Входи до житлової частини будівлі виконані через тамбури, розташовані у внутрішній частині комплексу на перетині двох секцій. У цьому місці передбачено наскрізний пішохідний прохід, який забезпечує зручне сполучення між секціями.

Благоустрій території передбачає улаштування асфальтованих проїздів, тротуарів і пішохідних доріжок, а також облаштування дитячого майданчика та зони для активних ігор. Для відпочинку мешканців

запроектовано встановлення малих архітектурних форм – лав, урн, освітлювальних опор і декоративних елементів.

Озеленення території включає висадку дерев і кущів, створення газонів, які виконують декоративну, шумозахисну та санітарно-захисну функції.

На території забудови заплановано влаштування відкритих автостоянок для тимчасового зберігання транспорту. Відстань від фасадів житлових секцій та торців із вікнами до місць стоянки автомобілів становить не менше 15 метрів. Від внутрішнього краю проїзду до зовнішніх стін будівлі передбачено відстань не менше 10 метрів.

Під час будівництва передбачаються заходи з підтримання санітарного стану території, включаючи механізоване прибирання і вивезення сміття силами спеціалізованих підприємств та власними ресурсами будівельної організації.

Для збору твердих побутових відходів передбачено господарські майданчики з контейнерами. Розміщення контейнерних майданчиків запроєктовано на відстані не менше 20 м і не більше 100 м від житлових будинків, дитячих і спортивних майданчиків, а також будівель навчальних і оздоровчих закладів. Таке планувальне рішення забезпечує санітарно-гігієнічну безпеку та зручність користування для мешканців.

## **1.2 Загальна інформація щодо об'єкту будівництва**

Будівля є 17-поверховим двосекційним житловим будинком, розташованим у Київській області. У плані споруда має складну конфігурацію з габаритними розмірами в осях 59,7 м × 33,9 м. Висота будівлі до найвищої точки становить 65 метрів.

Конструктивно будинок складається з двох пожежних відсіків, які не мають функціонального зв'язку між собою. Перший відсік включає житлові приміщення з допоміжними та технічними кімнатами, другий – блок із

вестибюлем, фойє, адміністративними кабінетами та обслуговуючими приміщеннями медичного закладу, розташованого на першому поверсі.

На першому поверсі запроектовано та розміщено хол, кабінети медичних працівників, гардероб верхнього одягу, ліфти, дві сходові клітки та два сходові марші, санвузли для відвідувачів, технічні приміщення для зберігання прибирального інвентарю, а також житлові кімнати, кухні, санвузли та коридори.

На другому – сімнадцятому поверхах розташовані житлові приміщення, кухні, коридори та санвузли, спроектовані відповідно до вимог комфортного проживання. На вісімнадцятому та дев'ятнадцятому поверхах передбачено службові приміщення технічного та адміністративного призначення.

Параметри, функціональне зонування та розміщення приміщень медичного центру зі супутніми приміщеннями визначено відповідно до функціонально-технологічних вимог і завдання на проектування.

Будівля 17-поверхового двосекційного житлового будинку спроектована з урахуванням можливості використання її приміщень особами з особливими потребами. До таких зон належать вхідна група, санітарно-гігієнічні приміщення та приміщення медичного закладу, які забезпечені зручним доступом і відповідають нормам безбар'єрності.

### **1.3 Огляд прийнятих архітектурних та об'ємно-планувальних рішень**

Об'ємно-просторова схема будівлі виконана у вигляді двох взаємопов'язаних корпусів, які об'єднують усі основні планувальні елементи в єдину функціональну структуру, що рішення забезпечує зручність внутрішніх комунікацій, раціональне використання площі та архітектурну цілісність споруди.

Архітектурно-художнє вирішення 17-поверхового двосекційного житлового будинку сформоване відповідно до його функціонального призначення, вимог естетики та принципів ефективного використання сучасних матеріалів і технологій. Образ будівлі визначено концепцією, що поєднує простоту геометричних форм, гармонійні пропорції фасадів і використання сучасних систем огорожувальних конструкцій. Зовнішній вигляд споруди відображає сучасний архітектурний стиль, у якому поєднуються функціональність, виразність та енергоефективність.

Конструктивна схема будівлі – каркасно-стінова, з несучими стінами та колонами, виконаними з монолітного залізобетону. Така схема забезпечує високу просторову жорсткість, стійкість до вертикальних і горизонтальних навантажень, а також гнучкість планувальних рішень. За відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній позначці, визначеній схемою планувальної організації земельної ділянки.

Зовнішні стіни запроєктовано багатошаровими теплоефективними, виконаними у вигляді вентильованого навісного фасаду. Їх конструкція включає такі шари: зовнішню облицювальну панель фасаду, повітряний зазор, пароізоляційну плівку, шар газобетонних блоків або несучу монолітну залізобетонну стіну. Таке рішення забезпечує належний рівень теплозахисту, шумоізоляції та довговічності конструкції.

Внутрішні перегородки між приміщеннями різного функціонального призначення виконані з газобетонних блоків завтовшки 200 мм. Перегородки всередині квартир передбачено з пазогребневих плит товщиною 120 мм, що дає змогу забезпечити звукоізоляцію та простоту монтажу. Стіни сходових кліток і шахт ліфтів виконані з монолітного залізобетону, що підвищує рівень пожежної безпеки та жорсткість конструкції.

Перекрыття та покриття будівлі проєктуються з монолітного залізобетону, що гарантує високу несучу здатність, зменшення деформацій та можливість гнучкого планування приміщень.

Покрівля виконана за інверсійною схемою, багатошарова, з ухилом гідроізоляційного шару та без ухилу у зовнішньому фінішному покритті. До складу покрівельного пирога входять такі елементи: шар теплоізоляції та ухилоутворюючий шар із екструдованого пінополістиролу типу Піноплекс, рулонний покрівельний килим, зворотна розуклонка зі щебеню та фінішне покриття з бетонних плит. Таке рішення забезпечує ефективне водовідведення, термічну стабільність та довговічність покрівельної конструкції.

Теплотехнічні параметри зовнішніх огорожувальних конструкцій і покрівлі відповідають вимогам чи ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель щодо енергозбереження та теплозахисту будівель.

#### **1.4 Доступ для маломобільних груп населення**

Заходи для забезпечення доступності 17-поверхового двосекційного житлового будинку для маломобільних груп населення розроблено відповідно до вимог чинних державних будівельних норм України (ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення»). Основна мета цих заходів – створення безбар'єрного середовища, що гарантує безпечне, зручне та самостійне пересування осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення як у житловій частині будівлі, так і в приміщеннях медичного призначення.

Перепад відміток між рівнем землі та чистою підлогою першого поверху становить 50 мм, що забезпечує комфортний доступ для користувачів інвалідних візків. Біля головного входу передбачено пандус завдовжки 1,0 м з ухилом 1:20, обладнаний поручнями з обох боків, що відповідає вимогам ДБН щодо безпечного нахилу.

Ширина вхідних прорізів перевищує 1,2 м, а у дверних отворах відсутні пороги, що повністю усуває бар'єри для пересування. Ширина коридорів у

приміщеннях не менша ніж 1,4 м, що дозволяє безперешкодно рухатися візкам та забезпечує можливість розвороту на 90°.

Для вертикального сполучення між поверхами передбачені ліфти, обладнані системами виклику та управління на зручній висоті, із розмірами кабін, що відповідають потребам осіб з інвалідністю. Простори холів і місця очікування спроектовано з урахуванням вільного маневрування візків.

На прилеглий території та в зоні вхідних майданчиків заплановано спеціально облаштовані ділянки з твердим покриттям, які забезпечують універсальні маршрути пересування. Для осіб із порушеннями зору передбачено контрастне маркування сходинок, тактильні смуги біля входів і кнопкові панелі з рельєфним шрифтом.

Прийняті об'ємно-планувальні та конструктивні рішення гарантують:

- безперешкодний доступ до всіх основних приміщень житлового та громадського призначення;
- безпечність маршрутів руху, включно з евакуаційними шляхами;
- можливість самостійного орієнтування у просторі за допомогою візуальних і тактильних елементів;
- зручність та комфорт умов перебування для всіх категорій користувачів;
- рівні умови проживання, відвідування медичного закладу та користування спільними просторами будівлі.

Таким чином, проектом забезпечено комплексний підхід до формування безбар'єрного середовища, що відповідає вимогам українського законодавства та стандартів інклюзивного будівництва.

Комунікаційні шляхи, приміщення та простори будівлі забезпечують безперешкодне пересування маломобільних груп населення та можливість досягнення будь-яких зон цільового призначення. У будинок із рівня землі передбачені входи, повністю пристосовані для осіб з інвалідністю.

Як покриття вхідних майданчиків використовується матеріал із неслизькою поверхнею, що запобігає ковзанню під час намокання. Біля

головних входів до будівлі, у тому числі до медичного закладу, передбачено пандуси з ухилом 1:20, обладнані безперервними поручнями з обох боків. Уздовж бокових сторін сходів і пандусів, а також у місцях перепадів висот понад 0,45 м встановлюються захисні огорожі з поручнями. Поручні пандусів розташовані на висоті 0,7 і 0,9 м від поверхні покриття. По краях маршів пандусів передбачено бортики заввишки не менше 0,05 м, які запобігають зісковзуванню тростини чи опорної ноги за межі проходу.

Поручні сходів розміщені на висоті 0,9 м, безперервні по всій довжині маршу. Завершальні частини поручнів виступають за край маршу або пандуса на 0,3 м, що забезпечує зручність користування. Несучі конструкції пандусів виконані з негорючих матеріалів із межею вогнестійкості не менше R60, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

Вхідні майданчики біля входів, доступних для маломобільних осіб, обладнані навісом і системою водовідведення. Поверхні покриттів тамбурів і майданчиків мають тверде, рівне покриття, що не ковзає, з поперечним ухилом 1–2 % для відведення води.

Вхідні двері до будівлі запроектовані без порогів, зі світловим прорізом не менше 1,2 м, оснащені П-подібними ручками для зручного захоплення. Перепади рівнів між підлогою тамбура, майданчика та першого поверху не перевищують 25 мм. Двері виконані зі скла підвищеної ударостійкості, на односторонніх петлях, з протиударним захистом нижньої частини полотна на висоту не менше 0,3 м.

На шляхах руху осіб з інвалідністю не допускається використання обертових дверей, турнікетів та інших пристроїв, які можуть створювати перешкоди. З метою безпеки на скляних полотнах дверей передбачено яскраве контрастне маркування на висоті 1,2 м від рівня підлоги, що полегшує орієнтацію для осіб із вадами зору. Додатково передбачені покажчики напрямків входу та виходу, а також інформаційні таблички з тактильними елементами та дублюванням шрифтом Брайля.

## 1.5 Конструктивні рішення

Будівля має дві секції, розділені по всій висоті вертикальним деформаційно-осадним швом. Кожна секція конструктивно самостійна та забезпечує власну стійкість і просторову незмінність без залежності від іншої частини споруди.

Каркас кожної секції виконаний за каркасно-стіновою схемою з монолітними залізобетонними елементами, розташованими у двох взаємно перпендикулярних напрямках – поздовжньому та поперечному відносно головних осей будівлі. Просторова жорсткість і стійкість забезпечуються системою стін, колон та двох сходово-ліфтових вузлів, які об'єднані в єдину конструкцію за допомогою монолітних залізобетонних дисків перекриттів і покриття.

Кожна секція має власну систему жорсткості, що формується спільною роботою вертикальних і горизонтальних елементів каркаса. Основними елементами, які виконують функції ядер жорсткості, є сходові клітки та зв'язкові блоки. Усі колони, стіни, перекриття та покриття виконані з монолітного залізобетону, характеристики якого наведені в розділі «Конструктивні рішення».

Огороджувальні конструкції споруди запроєктовано з газобетонних блоків у складі навісної вентиляованої фасадної системи, що забезпечує необхідний рівень тепло- та звукоізоляції.

Фундамент під колони та несучі стіни є монолітною коробчастою залізобетонною конструкцією, яка об'єднує фундаментну плиту, стіни підвалу та плиту підлоги першого поверху в єдину просторову систему. Для влаштування фундаменту використовується бетон класу С25/30. Під фундаментною плитою передбачено бетонну підготовку завтовшки 100 мм із бетону класу С8/10, що виступає за межі конструкції на 100 мм з усіх боків.

Покрівля виконується за інверсійною схемою, до складу якої входить гідроізоляційний килим, шар зворотної розуклонки зі щебеню та верхнє

фінішне покриття з гранітної плитки. Таке рішення гарантує довговічність покрівельної системи, надійне водовідведення та термічну стабільність.

Загальна міцність і стійкість будівлі забезпечуються спільною роботою вертикальних і горизонтальних несучих залізобетонних елементів. Перегородки всередині будівлі виготовляються з газобетонних блоків завтовшки 200 мм та пазогребневих плит товщиною 120 мм. Їх кріплення здійснюється у верхній частині та до поперечних стін, що гарантує стабільність і відсутність деформацій.

Для забезпечення довговічності та надійності конструкцій під час виготовлення, транспортування, монтажу та експлуатації передбачено комплекс технічних рішень. Використані матеріали мають необхідну міцність, морозостійкість і відповідають вимогам ремонтпридатності. Конструкції зовнішніх огорожень розроблені з урахуванням кліматичних умов району будівництва.

Параметри конструкцій, їхні фізико-механічні, теплотехнічні, акустичні та інші характеристики визначено з урахуванням технології виготовлення, умов монтажу й експлуатації, а також можливих змін властивостей матеріалів у часі.

У проєкті визначено раціональну послідовність виконання робіт зі зведення, герметизації, утеплення та обробки стиків. Це дозволяє забезпечити належну спільну роботу всіх конструктивних елементів під час експлуатації будівлі та підвищує її довговічність.

## **1.6 Теплотехнічний розрахунок стіни**

Кліматична характеристика району будівництва відповідає умовам вологого режиму експлуатації огорожувальних конструкцій, визначених згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель». Умови експлуатації конструкцій належать до категорії Б відповідно до таблиці 2 зазначеного нормативного документа.

Опис конструкції, прийнятої для розрахунку:

Зовнішня стіна має тришарову будову, до складу якої входять:

– зовнішній оздоблювальний шар, що виконує декоративно-захисну функцію;

– теплоізоляційний шар, товщина якого визначається за результатами теплотехнічного розрахунку для забезпечення нормативного опору теплопередачі;

– несуча частина (монолітна або збірна залізобетонна стіна чи пілони);

– внутрішній оздоблювальний шар, призначений для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог та естетичного вигляду приміщень.

Конструкція стіни забезпечує необхідні показники теплозахисту, вологостійкості та міцності.

Характеристика стіни наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура огорожувальної конструкції

№ п/п	Матеріал шару	Товщина шару, мδ	Щільність, ρ кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, λВт/(м · °С)
1	2	3	4	5
1	Теплоізоляційний – плита мінераловатна з кам'яного волокна (режим Б)	δ <sub>ут</sub>	75	0,045
2	Залізобетонна стіна	0,2	2500	2,04

Використовуючи ДБН В.2.6-31:2021, Київський регіон відноситься до І температурної зони України, а значить мінімальний опір теплопередачі для зовнішньої стіни житлових будівель становить (1.1):

$$R_{qmin} = 4,00 \frac{\text{м}^2 \times \text{С}}{\text{Вт}} \quad (1.1)$$

Розраховуємо фактичний опір теплопередачі за формулою (1.2)

$$R_{q \text{ пр}} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{ext}}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (1.2)$$

де  $R_{q \text{ пр}}$  – фактичний (приведений) опір теплопередачі,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ ;

$\delta_i$  – товщина одного шару конструкції, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопередачі окремого шару конструкції визначає кількість тепла, що проходить через цей шар за певний час при різниці температур у 1 °C між його поверхнями,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ .

$h_{int}$  та  $h_{ext}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь стін характеризують інтенсивність теплового обміну між повітрям приміщення та поверхнею стіни, а також між зовнішнім повітрям і зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції відповідно.  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ ;

Розраховуємо невідому товщину утеплювача за формулою (1.3):

$$\delta_{ут} = \left[ R_0^{тр} - \left( \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}, \text{ м} \quad (1.3)$$

$$\delta_{ут} = \left[ 4,00 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,045 = 0,168 \text{ м}$$

Підбір матеріалів виконано таким чином, щоб забезпечити оптимальне співвідношення між енергоефективністю, довговічністю та економічністю огорожувальної конструкції. Розрахункова товщина утеплювача уточнюється відповідно до кліматичних умов регіону будівництва та вимог до опору теплопередачі зовнішніх стін житлових будинків, наведених у ДБН В.2.6-31:2021.

Питомі втрати теплоти:

Через примикання віконного блоку до стіни, на втрату теплоти через вузол впливають, термічний опір утеплювача, теплопровідність основи. Висота утеплювача над рамою 60 мм. За інтерполяцією питомі втрати теплоти:

$$R_{\text{ут}} = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} \quad \lambda_0 = 1,8$$

$$\psi_1 = 0,0149 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Панелі утеплення кріпляться за допомогою тарілчастих дюбелей:

$$\chi = 0,00298 \text{ Вт}/\text{°C}$$

Панелі облицювання кріпляться за допомогою кронштейнів:

$$\chi = 0,00587 \text{ Вт}/\text{°C}$$

Наведена інформація зведена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок приведенного опору теплопередачі

№ п/п	Елемент конструкції	Питомий геометричний показник	Питомі втрати теплоти	Питомий потік теплоти, обумовлений елементом, Вт/(м · °С)	Частка загального потоку теплоти через фрагмент, %
1	2	3	4	5	6
1	Плоский елемент	$a = 1$	$U = 0,25$	$Ua = 0,25$	55
2	Лінійний елемент 1	$l_1 = 0,58$	$\psi_1 = 0,02$	$\psi_1 l_1 = 0,012$	16
3	Точковий елемент 1	$n = 7$	$\chi = 0,003$	$\chi n = 0,02$	23
№ п/п	Елемент конструкції	Питомий геометричний показник	Питомі втрати теплоти	Питомий потік теплоти, обумовлений елементом, Вт/(м · °С)	Частка загального потоку теплоти через фрагмент, %
4	Точковий елемент 2	$n = 3$	$\chi = 0,006$	$\chi n = 0,024$	6
Разом				$1/R^{np} = 0,306$	100

Таким чином, згідно ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель (формула №4), визначаємо загальний приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, підставляючи дані з табл. 1.2 (1.4):

$$R_{\Sigma np, k} = \frac{\sum_i A_{i, k} + \sum_i A_{t, sl, k}}{\sum_i (A_{i, k} / R_{\Sigma i}) + \sum_m (l_{m, k} \cdot \Psi_m) + \sum_j (N_{j, k} \cdot \chi_j)}, \quad (1.4)$$

$$R_{\Sigma np, k} = 4,02 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Приймаємо товщину утеплювача з мінераловатних плит 170 мм.

## **1.7 Визначення класу наслідків (відповідальності) будівлі**

Розрахунок класу наслідків (відповідальності) для 17-поверхового двосекційного житлового будинку виконано із застосуванням програмного комплексу «Будівельні технології – Кошторис ПВР»:

### **Розрахунок № Розрахунок КН -12 класу наслідків (відповідальності) для об'єкта будівництва: «17-ти поверхова житлова будівля в Київському регіоні»**

При визначенні класу наслідків (відповідальності) об'єкта використовувались наступні документи:

1. Закон України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень).
2. ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)».
3. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд».
4. «Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», що затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. №175.

Відповідно до п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) визначається за кожною характеристикою таблиці 1, додатково враховується стаття 32 Закону України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також розділ 5 ДБН В.1.2-14:2018 та додаткові умови за п.4.15 ДСТУ 8855:2019.

### **Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта**

4. Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які постійно знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 450.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

5 Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які періодично знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 270.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

6 Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта (кількість людей) - 700.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

7 *Можливі матеріальні збитки оцінюються витратами, пов'язаними як з необхідністю відновлення об'єкта, що відмовив, так і з побічними збитками (збитки від зупинки виробництва, втрачена вигода).*

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування чи пошкодження об'єкту згідно з ДСТУ 8855:2019 п.4.12 розраховується за формулою:

$$\Phi = c \times P \left( 1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i} \right)$$

де:

$\Phi$  – прогнозовані збитки, грн.: ;

$c$  – коефіцієнт, що враховує відносну долю вартості об'єкта, повністю втраченої під час аварії. Значення  $c$  можна оцінювати при аналізі сценарію розвитку аварії: (0,45);

$P$  – вартість об'єкта, визначена на підставі КНУ «Настанова з визначення вартості будівництва» або за об'єктом-аналогом, грн.: 235 725 000, де: сум = 0;

$T_{ef}$  – середнє значення розрахункового строку експлуатації об'єкта, років: (100);

$K_{a,i}$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань: (0,01).

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування об'єкта дорівнює:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,45 * 235725000 * (1 - 1/2 * 100 * 0,01) \\ &= 53\ 038\ 125 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Можливі матеріальні збитки та/чи соціальні втрати від відмови об'єкта оцінюють, керуючись «Методикою оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» та розраховують за формулою (1) цієї Методики. Ці збитки складають:

$$\Phi = 0 \text{ грн}$$

Загальний обсяг збитків дорівнює:

$$\Phi = 53\,038\,125 + 0 = 53\,038\,125 \text{ грн.}$$

обсяг можливого економічного збитку у м.р.з.п. складає:

$$53\,038\,125 / 8000 = 6\,629,77 \text{ м.р.з.п.}$$

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

8 Спорудження об'єкта не загрожує призупиненням функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку, енергетики та інженерних мереж .

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС1.

9 Додаткові умови згідно з пунктом 4.15 ДСТУ 8855:2019:

- Житлові будинки понад чотири поверхи - СС2.

**Висновок.** Відповідно до п.6 статті 32 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) для даного об'єкту встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків, тобто «17-ти поверхова житлова будівля в Київському регіоні» відноситься до класу наслідків (відповідальності) - СС2.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 2.1 Вихідні дані до розрахунку

#### 2.1.1 Інженерно-геологічні умови будівництва

Рівень ґрунтових вод на території будівництва коливається в межах від 4,2 до 5,0 м від поверхні землі (рис. 2.1). Перед початком основних робіт передбачено зняття шару насипного ґрунту, з подальшим виконанням вертикального планування території із влаштуванням нового насипу.

За основу фундаментів прийнято шар твердого суглинку з умовним розрахунковим опором  $R_0 = 200$  кПа.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості ґрунтів

№ п/п	Найменування ІДЕ	$\gamma$ , кН/ м <sup>3</sup>	$\gamma_s$ , кН/ м <sup>3</sup>	$\gamma_{зв}$ , кН/ м <sup>3</sup>	W, %	IP, %	IL	e	Sr	$\phi$ , град	c, кПа	$R_0$ , кПа
1	Насип	17,0	-	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-
2	Супесь пластична	19,6	27,2	9.72	27,8	6,9	0,66	0,77	-	16	18	-
3	Пісок середньої густини, насичени й водою	19,6	26,6	9.65	27,0	-	-	0,72	0,99	27	-	200
4	Супесь тверда	19,6	27,2	-	22,0	6,9	-0,17	0,69	-	18	22	250
5	Суглинок твердий	21,7	26,7	-	15,8	14,8	-0,02	0,42	-	24	25	300

Будівельний майданчик розташований у зоні, яка не належить до сейсмоактивних територій, що дозволяє не враховувати вплив сейсмічних

навантажень під час проєктування. Схема геологічного розрізу наведена на рис. 2.1.

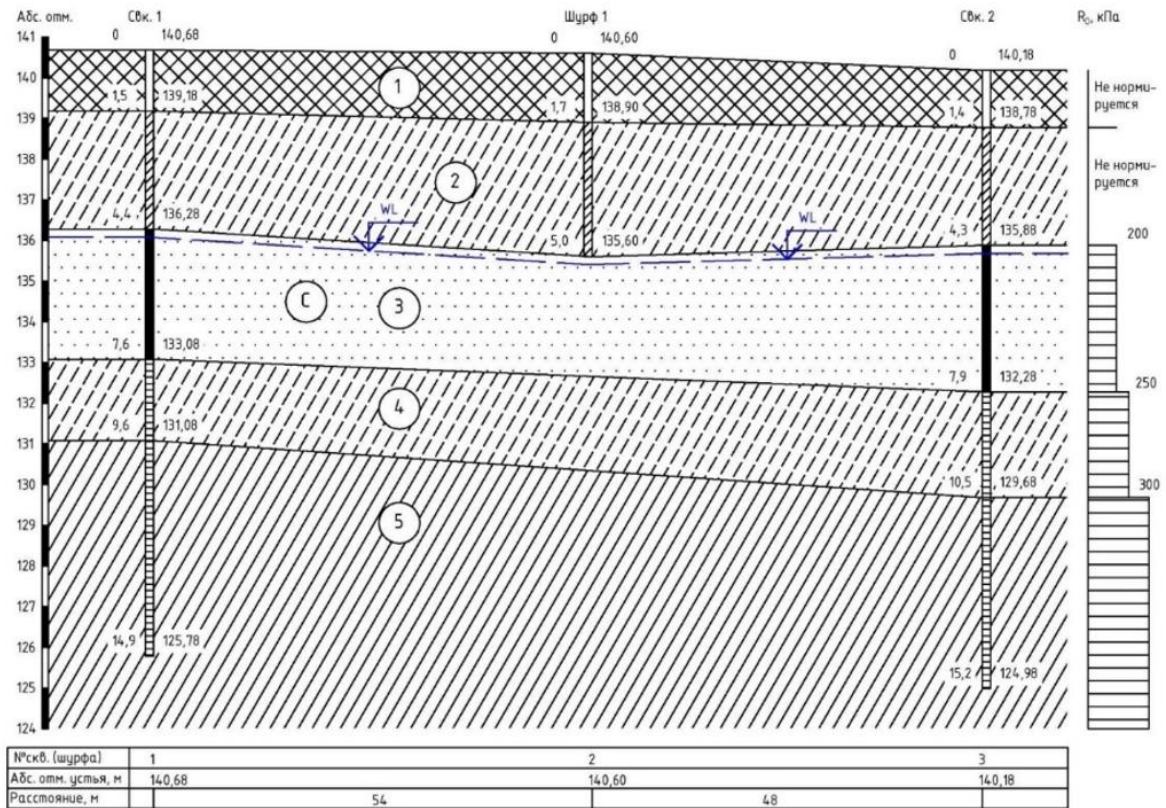


Рисунок 2.1 – Геологічний розділ ділянки будівництва

### 2.1.2 Загальна характеристика об'єкта

Проектована споруда складається з двох окремих секцій, між якими передбачено вертикальний деформаційно-осадовий шов по всій висоті будівлі. Кожна секція функціонує як самостійна конструктивна система, що забезпечує її просторову жорсткість і стійкість незалежно від іншої частини споруди.

Каркас кожної секції виконано за каркасно-стіновою схемою з монолітного залізобетону. Несучі елементи розташовані у двох взаємно перпендикулярних напрямках – поздовжньому та поперечному відносно головних осей будівлі. Просторова стабільність конструкції досягається завдяки роботі системи стін, колон та двох сходово-ліфтових вузлів, які

об'єднані в єдиний просторовий каркас за допомогою монолітних залізобетонних дисків перекриттів і покриття.

Схема посадки будівлі на геолог. розрізі наведена на рис. 2.2.

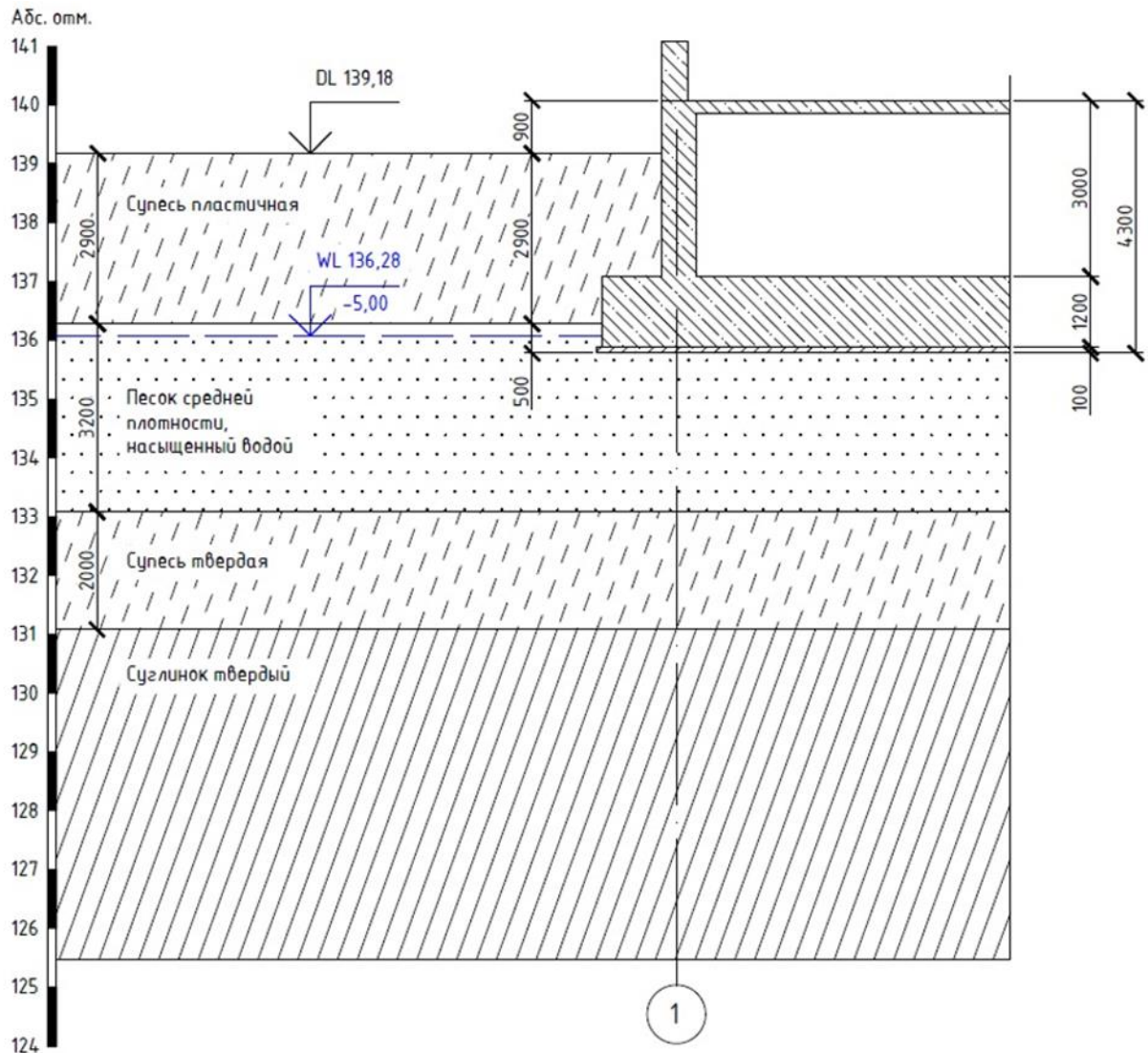


Рисунок 2.2 – Схема посадки будівлі на геологічному розрізі

Жорсткість кожної секції додатково забезпечується наявністю вертикальних елементів підвищеної жорсткості – сходових кліток і зв'язкових блоків, що працюють спільно з несучими конструкціями каркасу. Така схема гарантує стійкість будівлі при дії вертикальних і горизонтальних навантажень, у тому числі від вітру.

Конструктивне та технічне рішення підземної частини.

Фундаментна система кожної секції виконана у вигляді монолітної плитної основи, розділеної деформаційно-осадочним швом. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл навантажень від будівлі на ґрунт основи, підвищує загальну стійкість споруди та запобігає появі напружень у місцях осадочних деформацій.

## **2.2 Розрахунок каркасу в ПК ЛІРА САПР**

У процесі виконання проєктних робіт було використано програмні комплекси ЛІРА-САПР та САПФІР.

Програмний пакет ЛІРА-САПР застосовано для проведення інженерних розрахунків на міцність, стійкість і деформативність конструкцій різного типу. Цей комплекс є універсальною системою кінцево-елементного аналізу, яка дозволяє моделювати об'єкти будь-якої складності та геометричної форми, не накладаючи обмежень на розміри чи конфігурацію споруди.

Побудова розрахункової моделі, формування навантажень і задання параметрів елементів каркаса виконувалися у середовищі САПФІР, що інтегрується з ЛІРА-САПР. У програмі здійснювалося створення просторової моделі будівлі, призначення фізико-механічних властивостей матеріалів, визначення жорсткісних характеристик елементів, формування навантажень, а також виконання триангуляції кінцево-елементної сітки.

Після побудови моделі здійснювалося її передавання до ЛІРА-САПР для подальшого статичного розрахунку. У середовищі цієї програми виконувалися операції з моделювання взаємодії фундаментів із ґрунтовою основою, призначення граничних умов і опорних зв'язків, а також проведення розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій.

Отримані результати аналізу використано для перевірки несучої здатності та стійкості елементів каркаса, а також для оптимізації конструктивних рішень будівлі.

### 2.2.1 Створення розрахункової моделі

Просторовий розрахунок каркаса 17-поверхового двосекційного житлового будинку виконано за I та II групою граничних станів із використанням розрахункового програмного комплексу ЛІРА-САПР, який ґрунтується на методі скінченних елементів. Такий підхід дозволяє точно визначити напружено-деформований стан елементів конструкції, оцінити їхню несучу здатність, а також перевірити надійність і стійкість каркаса при впливі всіх нормативних навантажень.

Інформаційна модель будівлі була створена у середовищі САПФІР, після чого проведено її експорт до ЛІРА-САПР для подальшого аналітичного опрацювання. У розрахунковій моделі здійснювалося уточнення жорсткісних характеристик елементів, коригування прив'язок і призначення матеріалів відповідно до класів бетону та арматури, прийнятих у проєкті.

У моделі застосовано такі типи скінченних елементів:

– тип 11 – елемент плити, що сприймає згинальні та крутні моменти, а також поперечні зусилля (застосовується для перекриттів, ростверків, плит покриття);

– тип 23 – елемент стінки балки, який працює у площині плоского напружено-деформованого стану (використовується для розрахунку вертикальних несучих елементів);

– типи 42 і 44 – трикутні та чотирикутні елементи оболонкового типу, здатні сприймати згинальні, крутні, осьові та поперечні зусилля (застосовуються для плит перекриттів, стін підвалів і підпірних стін).

Попередні розміри поперечних перерізів колон, плит перекриття, стін і фундаментної плити прийнято за результатами проєктів аналогічних споруд і уточнено в процесі статичного розрахунку. Коригування здійснювалося за результатами аналізу отриманих напружень і прогинів, з урахуванням вимог ДБН В.1.2-14:2018 щодо надійності та безпеки конструкцій.

Моделювання з'єднань плит перекриття з колонами виконувалося з використанням жорстких вставок, що дозволяє відтворити реальну роботу вузлів і точніше оцінити перерозподіл моментів у зонах стику. Такий підхід необхідний, оскільки колони мають кінцеві геометричні розміри, і їхній вплив на згинальні моменти в плитах не можна нехтувати.

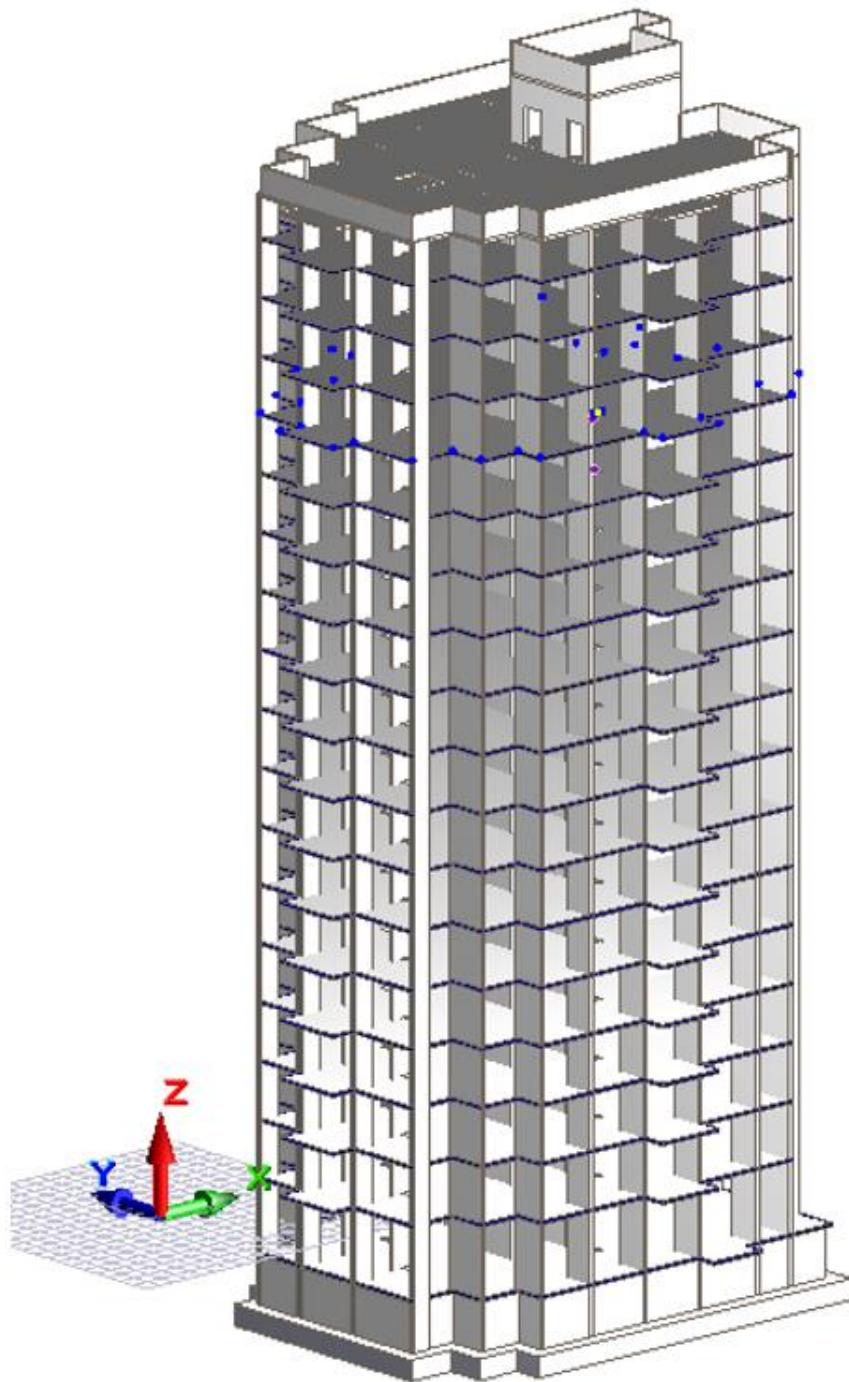


Рисунок 2.3 – Створення розрахункової моделі

В моделі (рис. 3.3) враховано дію постійних, тимчасових і вітрових навантажень, а також вплив нерівномірних осідань основи. Для перевірки стійкості всієї системи виконано аналіз на власні форми коливань і визначено критичні навантаження. Отримані результати дозволили оптимізувати жорсткісну схему будівлі, зменшити перевитрату матеріалів і забезпечити необхідний рівень надійності конструкції.

### **2.2.2 Задання характеристик матеріалів**

Матеріали, використані для зведення несучих монолітних залізобетонних конструкцій каркаса будівлі, прийнято відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» та ДСТУ Б В.2.7-176:2008 «Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги».

Для влаштування фундаментної плити прийнято бетон класу С25/30, що відповідає підвищеним вимогам до міцності, морозостійкості та водонепроникності. Його характеристики: морозостійкість F200, водонепроникність W12. Такий бетон забезпечує надійну роботу фундаментної конструкції в умовах змінного зволоження ґрунтів і можливого впливу ґрунтових вод.

Плити перекриття запроектовано з бетону класу С25/30, із показниками F150 за морозостійкістю та W8 за водонепроникністю. Вибір цього класу бетону обґрунтований необхідністю забезпечення достатньої несучої здатності при власній малій вазі та мінімізації деформацій.

Пілони та стіни каркаса виконуються з бетону класу С30/37, що має характеристики F150 та W8. Застосування бетону вищого класу обумовлено високими навантаженнями, які сприймають ці елементи, а також вимогами до їхньої жорсткості й тріщиностійкості.

Для армування залізобетонних конструкцій прийнято такі класи арматурної сталі відповідно до ДСТУ 3760:2019 «Сталь арматурна для залізобетонних конструкцій»:

- поздовжнє армування виконується зі сталі класу A500, що має високий показник межі текучості та забезпечує ефективну роботу під дією розтягувальних зусиль;
- поперечне армування – зі сталі класу A240, яка застосовується для формування хомутів і елементів, що сприймають зсувні та локальні зусилля.

### **2.2.3 Збір постійних навантажень**

Постійні навантаження, що діють на конструкції каркаса проектованої будівлі, включають власну вагу несучих елементів, покрівельних конструкцій та зовнішніх огорожувальних стін.

Власна вага несучих конструкцій визначається автоматично розрахунковою програмою за допомогою команди «власна вага» на основі заданої об'ємної ваги матеріалів. Для залізобетонних елементів коефіцієнт надійності за навантаженням від власної ваги прийнято відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» і становить  $\gamma_f = 1,2$ .

Власна вага конструкції покрівлі визначається з урахуванням багатошарової структури огорожувального елемента. Покрівля виконується за інверсійною схемою, що включає гідроізоляційний шар, теплоізоляцію, шар зворотного ухилу та фінішне покриття. Збір навантажень для 1 м<sup>2</sup> поверхні покриття здійснюється на підставі питомої ваги матеріалів, що входять до складу конструкції покрівлі, і наведений у відповідній таблиці розрахункової частини проекту.

Збір навантажень на покриття та перекриття виконано в табличному вигляді та наведено в табл. 2.2 та табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Збір навантажень на покриття

№ п/п	Найменування	Товщина, мм	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
1	Тротуарна керамічна плитка	30	0,72	1,1	0,792
2	Гравій фракції 5 – 8 мм	100	1,4	1,4	1,960
3	Дренажна мембрана	-	0,02	1,2	0,024
4	Геотекстиль	-	0,02	1,2	0,024
5	Полімерна мембрана	-	0,02	1,2	0,024
6	Склополотно	-	0,02	1,2	0,024
7	Теплоізоляційний шар екструдований пінополістирол	170	0,07	1,2	0,084
8	Пароізоляційний шар	-	0,02	1,2	0,024
Разом постійне навантаження:			2.29	1.29	2,96

Таблиця 2.3 – Збір навантажень на перекриття

№ п/п	Найменування	Товщина, мм	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
1	Ламінат, 8 кПа/м <sup>3</sup>	15	0,12	1,30	0,16
2	Шар звукоізоляції, 0,4 кПа/м <sup>3</sup>	10	0,00	1,30	0,01
3	Цементно-піщана стяжка, 18 кПа/м	75	1,35	1,30	1,76
Разом постійне навантаження:			1,47	1,30	1,92

Зовнішні стінові огорожувальні конструкції мають багатошарову будову, до складу якої входять несучий, теплоізоляційний та оздоблювальний шари.

Розрахунок навантаження від власної ваги такої конструкції виконано з урахуванням питомої маси кожного шару матеріалу. Підсумкове значення навантаження на 1 погонний метр довжини зовнішньої стіни наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Збір навантажень від стіни

№ п/п	Найменування	Товщина, мм	Нормативне навантаження, кН/м	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження, кН/м
1	2	3	4	5	6
1	Навісна панель НРЛ	10	0,15	1,1	0,165
2	Теплоізоляційний шар кам'яна вата	170	0,07	1,2	0,084
3	Пароізоляційний шар	-	0,02	1,2	0,024
4	Самонесуча частина огорожувальної конструкції газобетонні блоки	200	1,2	1,1	1,320
5	Штукатурка цементна	20	0,22	1,2	0,264
Разом постійне навантаження:			1,66	1,12	1,857

### 2.2.4 Збір тимчасових навантажень

Нормативне снігове навантаження розраховується за формулою (2.1):

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g, \quad (2.1)$$

де  $c_e$  – коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриття будівлі під дією вітру або інших факторів;;

$c_t$  – термічний коефіцієнт, який враховує вплив теплового режиму будівлі на інтенсивність накопичення снігу на покритті;

$\mu$  – коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігового покриву на поверхні землі до снігового навантаження на покриття;;

$S_g$  – нормативне значення ваги снігового покриву на горизонтальній поверхні землі, кН/м<sup>2</sup>.

$$S_g = 1.5 \text{ кН/м}^2$$

$$S = 1.5 \cdot 1.4 = 2.1 \text{ кН/м}^2$$

Для будівель і споруд під час проектування необхідно враховувати вплив вітрового навантаження, яке складається з двох основних компонентів: середньої та пульсаційної. Існують пікові значення вітрового тиску, що діють на окремі елементи огорожувальних конструкцій та вузли їхнього кріплення.

Розрахунок середньої складової вітрового навантаження проводиться за формулою (2.2):

$$w_p = w_m + w_g, \quad (2.2)$$

де  $w_m$  – середня складова навантаження, що розраховується за формулою (2.3):

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot C_p \cdot \gamma_f, \quad (2.3)$$

де  $w_0$  – нормативний тиск вітру для умов будівництва, кПа;

$z_e$  – еквівалентна висота;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності;

$C_p$  – коефіцієнт, що враховує аеродинамічний повний тиск, визначається за формулою (2.4):

$$C_p = C_e - C_i, \quad (2.4)$$

де  $C_e$  – коефіцієнт зовнішнього тиску;

$C_i$  – коефіцієнт внутрішнього тиску.

Для навітряної сторони будівлі прийнято  $c_+ = 0,8$ , для підвітряної –  $c_- = 0,5$ .

Вітрове навантаження прикладається на рівні перекриття кожного поверху будівлі. Для розрахунку прийнято, що тип місцевості відповідає відкритій території.

Розрахунок коефіцієнта зміни тиску з висотою:

$$k_{10} = 1,0\alpha = 0,15$$

Використовуємо наступні коефіцієнти:

Для фасаду: А-А1.  $d_1 = 33,9$  м

$$d_1 = 33,9 \text{ м} < H = 60,9 \text{ м} \leq 2d_1 = 68 \text{ м}$$

Для ділянки по висоті;  $0 < z < H - d_1 = 27z_e = d_1 = 27$  м

Для ділянки по висоті  $z > H - d_1 = 27z_e = H = 60,9$  м

Коефіцієнт зміна вітрового тиску за висотою:  $k(z_e)$

$$k(d_1) = 1,0 \cdot (27/10)^{2 \cdot 0,15} = 1,35$$

$$k(H) = 1,0 \cdot (60,9/10)^{2 \cdot 0,15} = 1,72$$

Визначаємо вантажні смуги графічним способом (рис. 2.4):

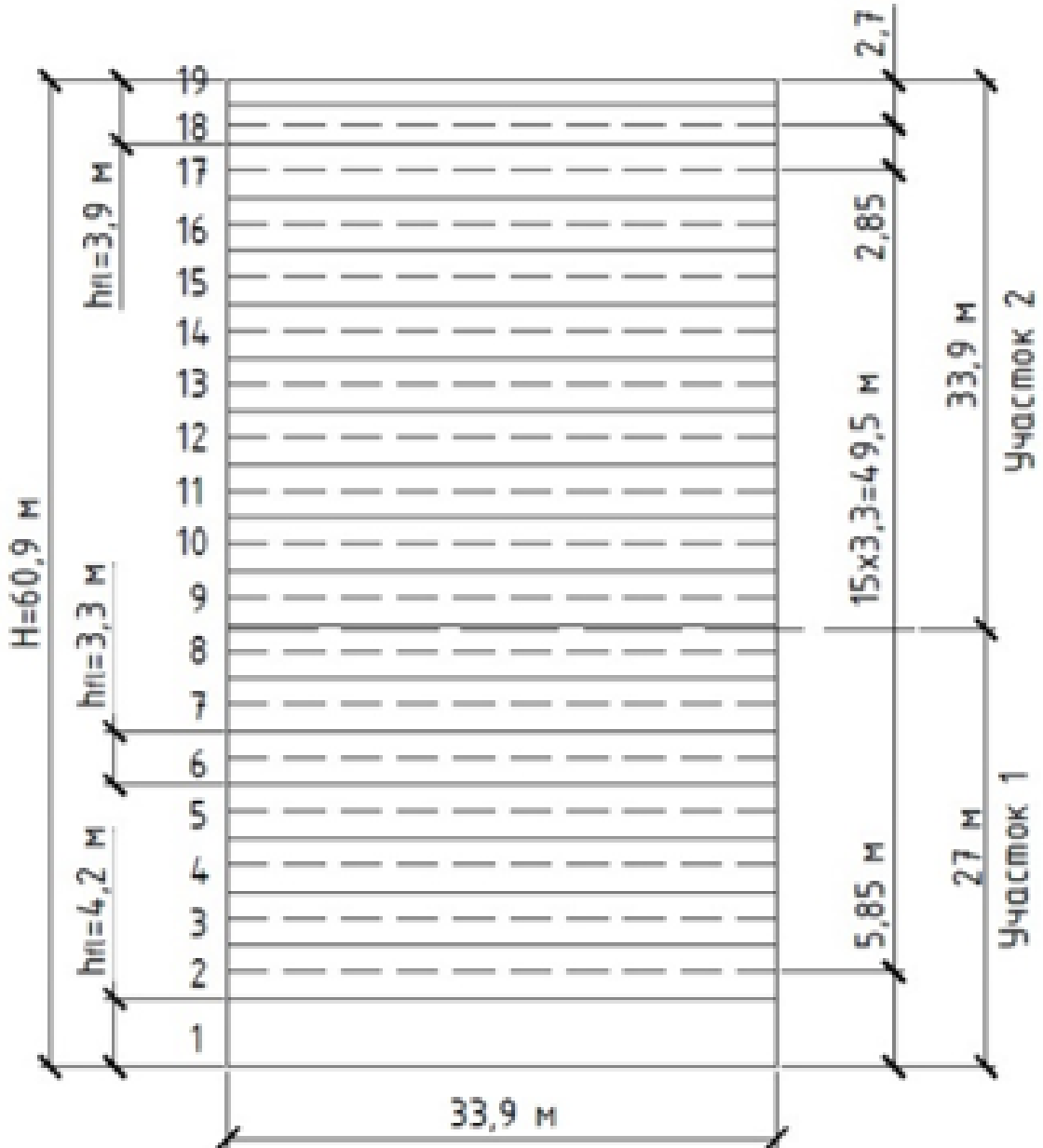


Рисунок 2.4 – Визначення вантажних смуг для розрахунку вітрового навантаження

Визначення розрахункових навантажень наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункові значення вітрового навантаження

№ П/П	Висота вантажної смуги z, м	k(ze)	w <sub>m</sub> <sup>+</sup> , кН/м (Для навітряної сторони)		w <sub>m</sub> <sup>-</sup> , кН/м (Для підвітряної сторони)	
			Розрах.	норм.	Розрах.	норм.
1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	-	-	-
2	5.85	1.35	2.03	1.45	-1.53	-1.09
3	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
4	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
5	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
6	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
7	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
8	3.3	1.35	1.15	0.82	-0.86	-0.61
9	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
10	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
11	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
12	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
13	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
14	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
15	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
16	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
17	3.3	1.72	1.46	1.04	-1.10	-0.78
18	2.85	1.72	1.26	0.90	-0.95	-0.68
19	2.7	1.72	1.20	0.85	-0.90	-0.64

### 2.2.5 Розрахункове сполучення зусиль

Розрахункові сполучення зусиль (РСЗ) використовуються для визначення внутрішніх зусиль у елементах каркаса під дією різних комбінацій навантажень. На основі отриманих результатів виконується перевірка та підбір оптимальних перерізів конструктивних елементів із урахуванням коефіцієнтів сполучень, що характеризують ймовірність одночасної дії різних навантажень.

№	Ім'я завантаження	Вид	Параметри РСУ	Коефіцієнти РСУ
1	Власна вага	Постійне (0)	0 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Корисне навантаження.	Короткочасне (2)	2 0 0 0 0 0 1.30 0.35	1.00 1.00 0.50 0.80
3	Вага зовнішніх перегородок	(1)	1 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.80 1.00
4	Вага перемістечко внутрішніх	(1)	1 0 0 0 0 0 1.30 1.00	1.00 1.00 0.80 1.00
5	Вескровлі	—	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 1.00 0.80 1.00
6	сніг	Короткочасне (2)	2 0 0 0 0 0 1.40 0.35	1.00 1.00 0.50 0.80
7	Тиск ґрунту	Тривале (1)	1 0 0 0 0 0 1.40 1.00	1.00 1.00 0.80 1.00
8.	Вітер по X	Неактивне (9)	9 0 0 0 0 0 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
9	У вітер	Неактивне (9)	9 0 0 0 0 0 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00
10	Завантаження 10	Миттєве (7)	7 0 1 1 0 0 1.40 0.00	1.00 1.00 0.50 0.80
11	Завантаження 11	Миттєве (7)	7 0 1 1 0 0 1.40 0.00	1.00 1.00 0.50 0.80

Рисунок 2.5 – Таблиця РСЗ

№ завантаж.	Позначення	Вид	Знак оперем.	Важко виключен.	Коеф. надійний	Частка тривалих	РСН1	РСН2	РСН3
1	Власна вага	Постійне (P)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.
2	Корисне навантаження	Короткий домін. 1 (P11)	+		1.3	.5	1.	1.	1.
3	Вага перегородок зовні	Розширений домін. 1 (P11)	+		1.3	1.0	1.	1.	1.
4	Вага перемістечко всередині	Розширений домін. 1 (P11)	+		1.1	1.0	1.	1.	1.
5	Вага покрівлі	Домінантна дилатація 1 (P11)	+		1.2	1.0	1.	1.	1.
6	сніг	Короткий, домінуючий 1 (P11)	+		1.4	.35	1.	1.	1.
7	Тиск ґрунту	Домінант 1 (P1)	+		1.4	1.0	1.	1.	1.
8	Вітер по X	Неактивне (N/a)	+/-	1	.0	.0	0.	0.	0.
9	Вітер по У	Неактивне (N/a)	+/-	1	.0	.0	0.	0.	0.
10	+10 Завантаження 10	Миттєве (M)	+/-	1	1.4	.0	0.7	0.	-0.7
15	+11 Завантаження 11	Миттєве (M)	+/-	1	1.4	.0	0.	0.7	0.

Рисунок 2.6 – Таблиця РСН

Завдання характеристик для розрахунку динамічних впливів

№ строки характеристик: 1

№ завантаження: 10

Найменування впливу: Пульсаційне (21)

Кількість форм коливань, що враховуються: 5

№ відповідного статичного завантаження: 8

Матриця мас:  Діагональна  Узгоджена

Зведена таблиця для розрахунку динамічних впливів

#	№	Ім'я завантажено...	Тип	Параметри ...	Параметри динамічного впливу
1	1..	Завантаження 10	ПУЛЬС	21 5 8 0 0	1.00 3 60.00 0.00 1 60.00 30.00 1 0 0.30 1 1
2	1..	Завантаження 11	ПУЛЬС	21 5 9 1 0	1.00 3 60.00 0.00 1 60.00 30.00 1 0 0.30 2 1

Рисунок 2.7 – Таблиця динамічних завантажень

Розрахункові сполучення навантажень застосовуються для визначення деформацій елементів каркаса, оцінки просторової роботи споруди та перевірки її загальної жорсткості. Під час формування комбінацій навантажень передбачалося, що снігові та вітрові навантаження не діють одночасно, що відповідає найбільш імовірним експлуатаційним умовам.

### 2.2.6 Аналіз результатів розрахунку в ПК ЛРА

На підставі виконаного просторового розрахунку конструктивної схеми будівлі у програмному комплексі ЛРА-САПР було визначено переміщення несучих елементів каркаса під дією вертикальних та горизонтальних навантажень.

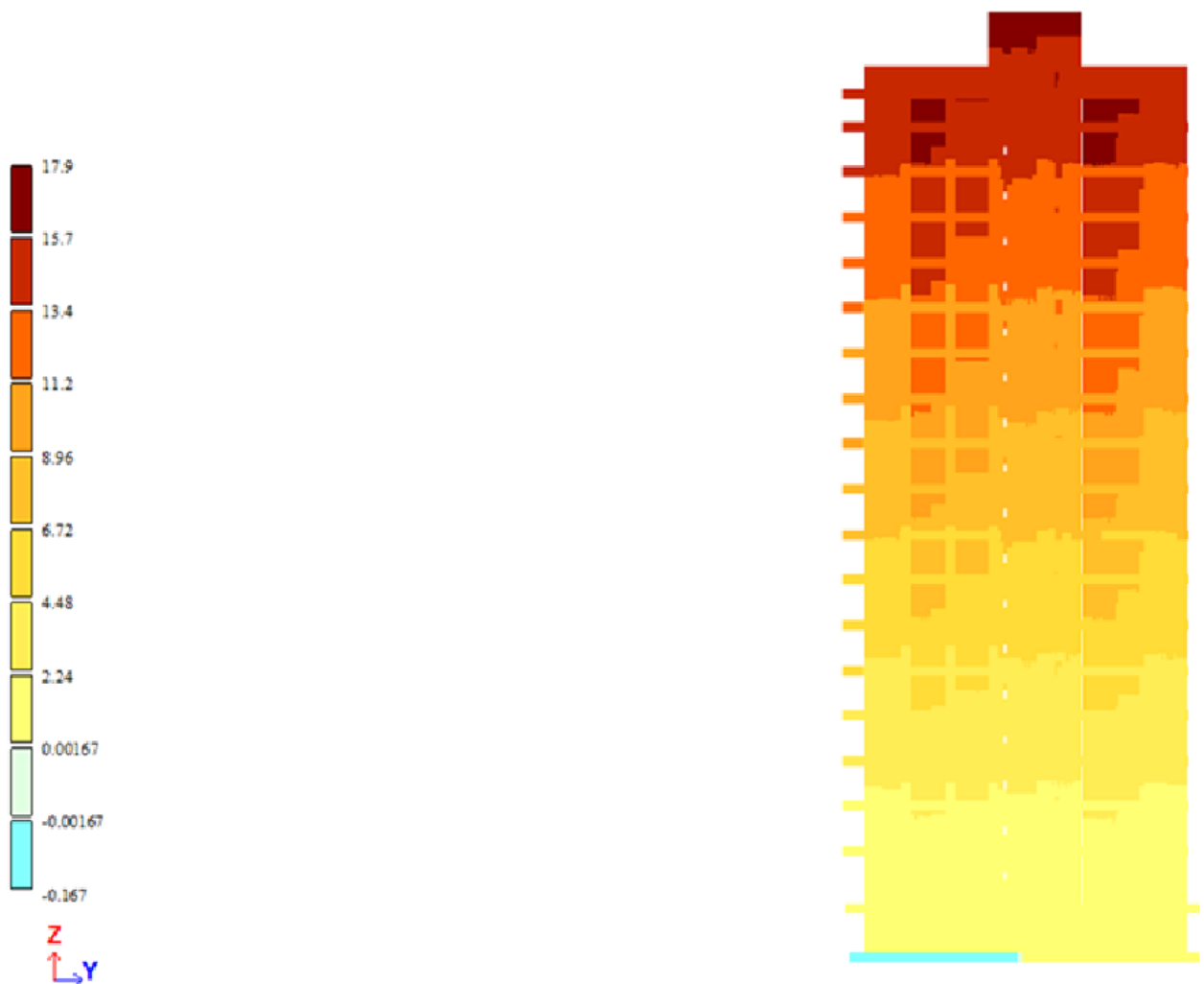


Рисунок 2.8 – Мозаїка переміщень по осі Y (мм)

Для оцінки просторової жорсткості будівлі виконано аналіз горизонтальних переміщень у напрямках осей X та Y. На рисунках 2.8 та 2.9 наведено мозаїки переміщень по осях Y та X відповідно. За результатами розрахунку максимальні горизонтальні переміщення спостерігаються у верхній частині будівлі, що відповідає характеру роботи каркасно-стінової системи при впливі вітрового навантаження.

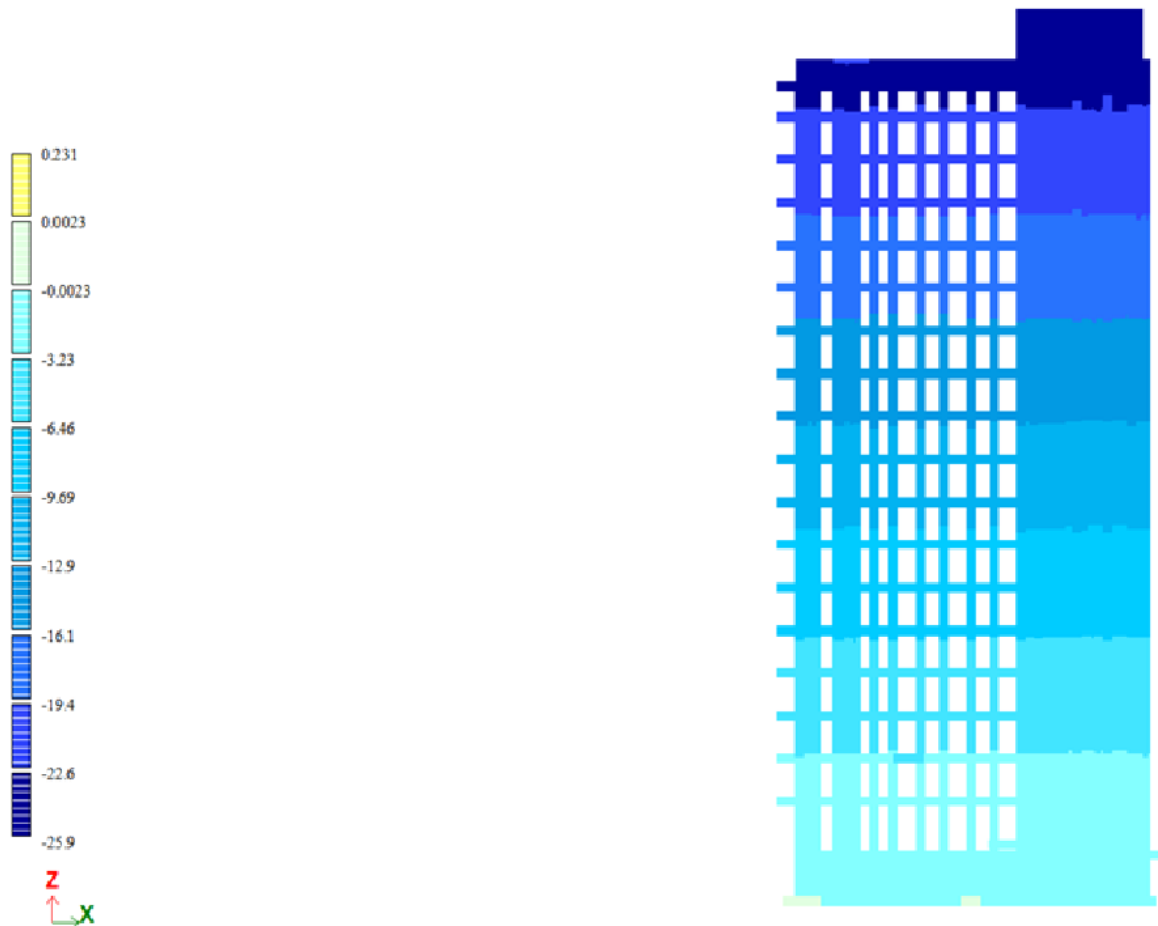


Рисунок 2.9 – Мозаїка переміщень по осі X (мм)

Граничне горизонтальне переміщення верхньої точки будівлі визначається з умови просторової стійкості споруди. Допустиме значення переміщення обчислюється за формулою (2.5):

$$F_{ult} = H/500 > F, \quad (2.5)$$

де  $H$  – висота будівлі, мм;

F – фактичне значення горизонтального переміщення, отримане за результатами розрахунку.

$$F_{ult} = 64000/500 = 128 > 18 \text{ мм}$$

Фактичне горизонтальне переміщення верхньої позначки будівлі за результатами розрахунку становить  $F = 18$  мм, що є меншим за гранично допустиме значення.

### **2.2.7 Конструювання плити перекриття**

Матеріали плит перекриття та покриття прийнято відповідно до даних наведених на початку Розрахунково-конструкторського розділу. Товщина захисного шару бетону становить 25 мм, що забезпечує необхідну довговічність та захист арматури від корозії.

Мінімальний відсоток армування для згинальних елементів приймається на рівні 0,1% від площі поперечного перерізу, що відповідає вимогам до забезпечення міцності та тріщиностійкості залізобетонних конструкцій.

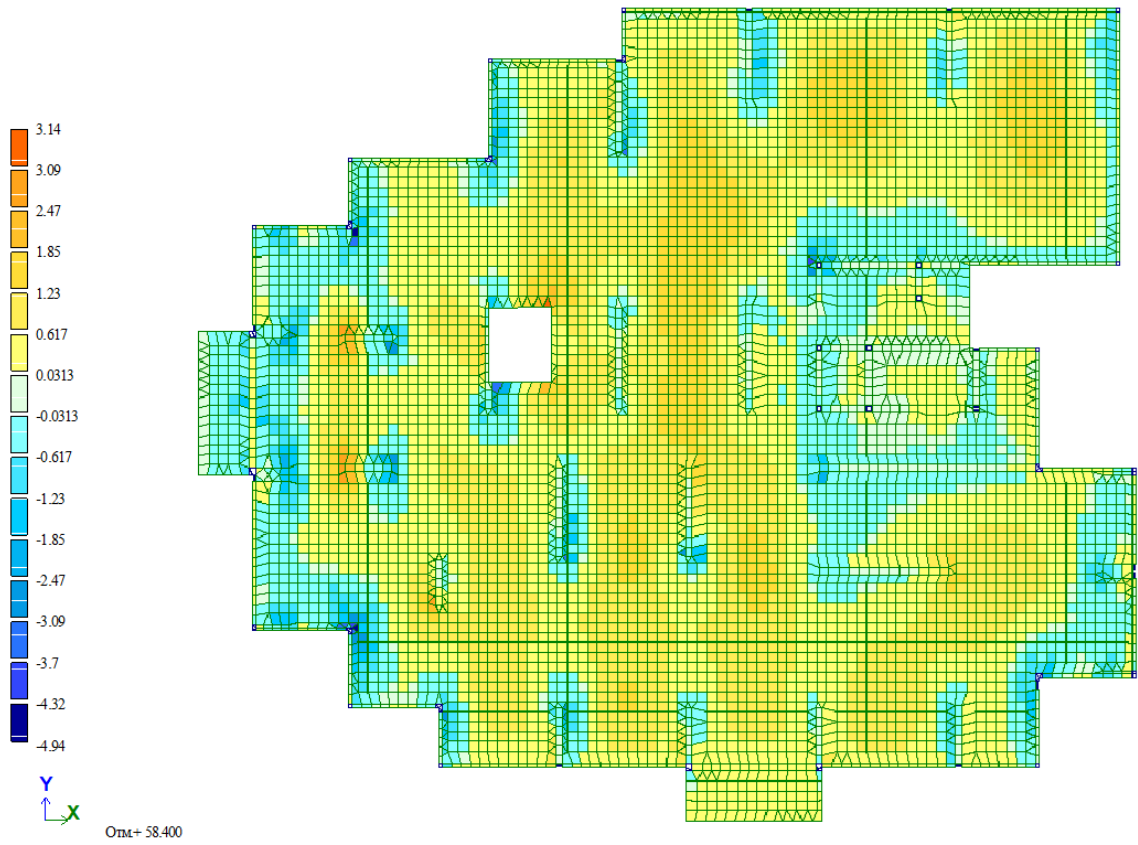
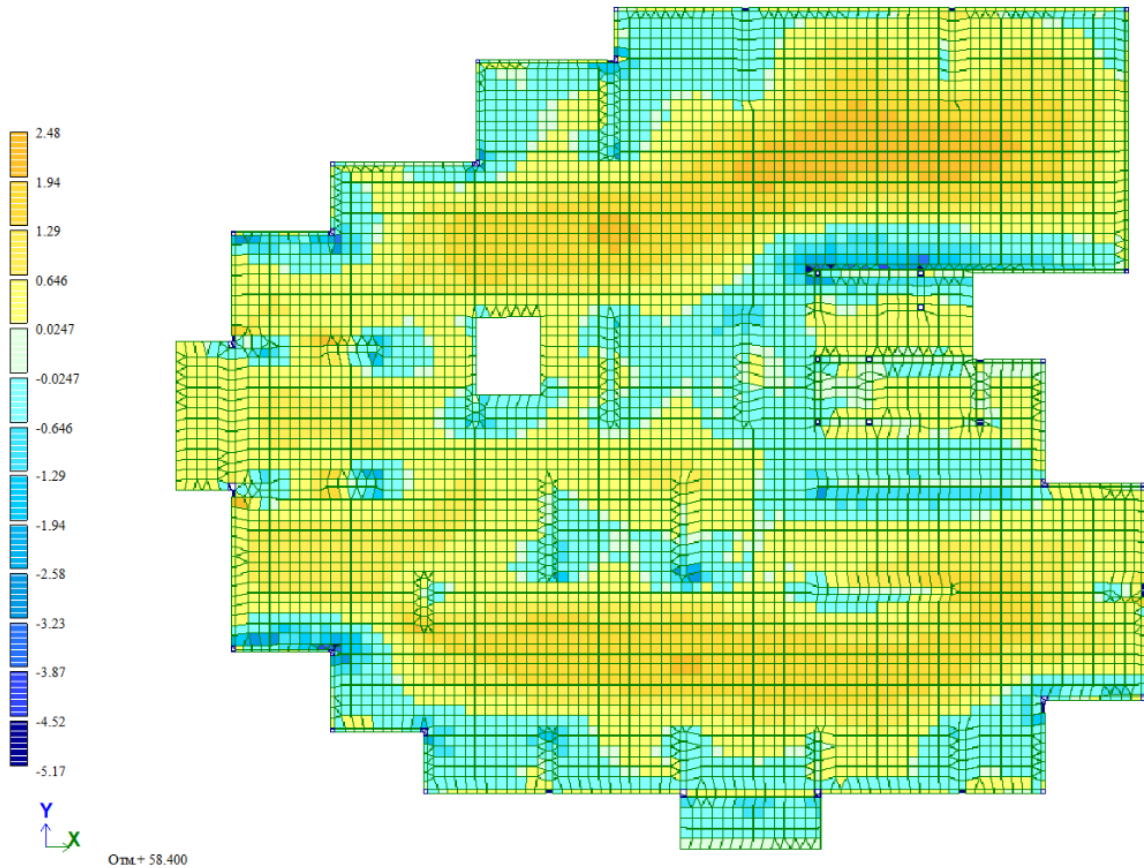
Рисунок 2.10 – Мозаїка згинальних моментів  $M_x$ Рисунок 2.11 – Мозаїка згинальних моментів  $M_y$



Рисунок 2.12 – Мозаїка підбраного армування по осі X (верхнє)

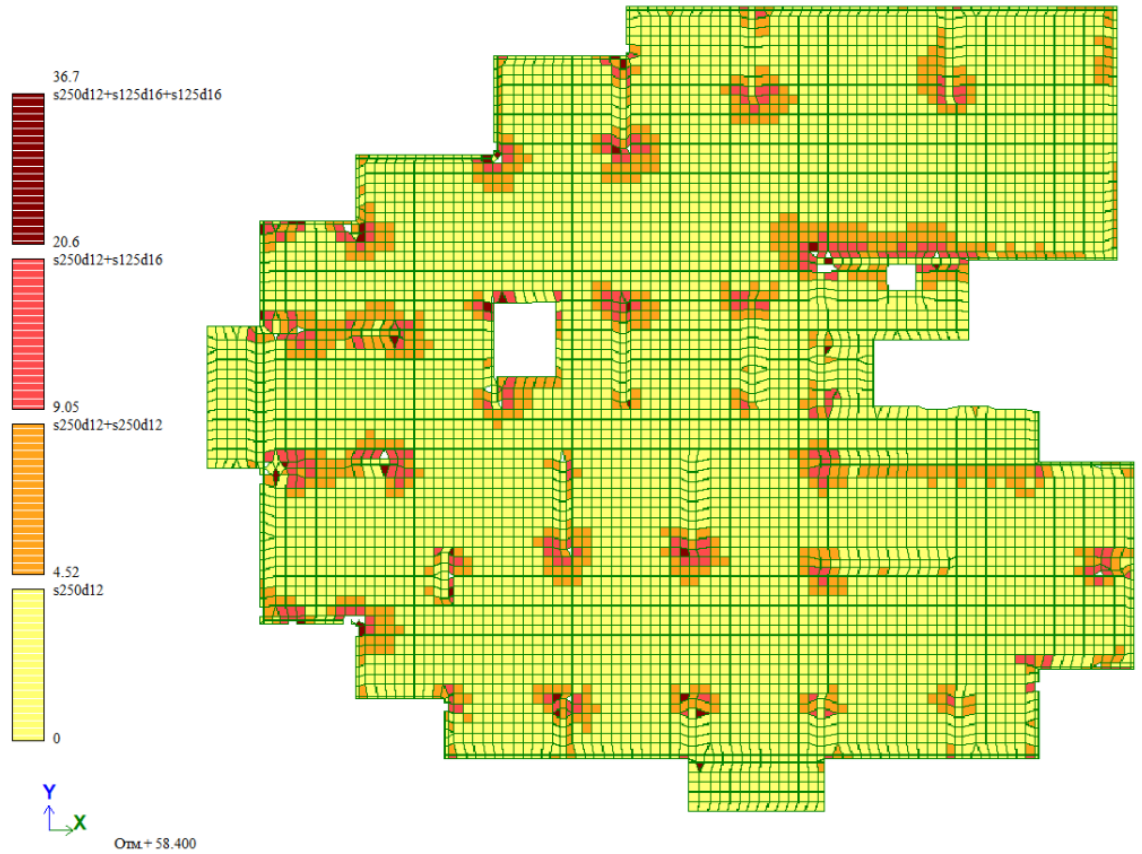


Рисунок 2.13 – Мозаїка підбраного армування по осі Y (верхнє)

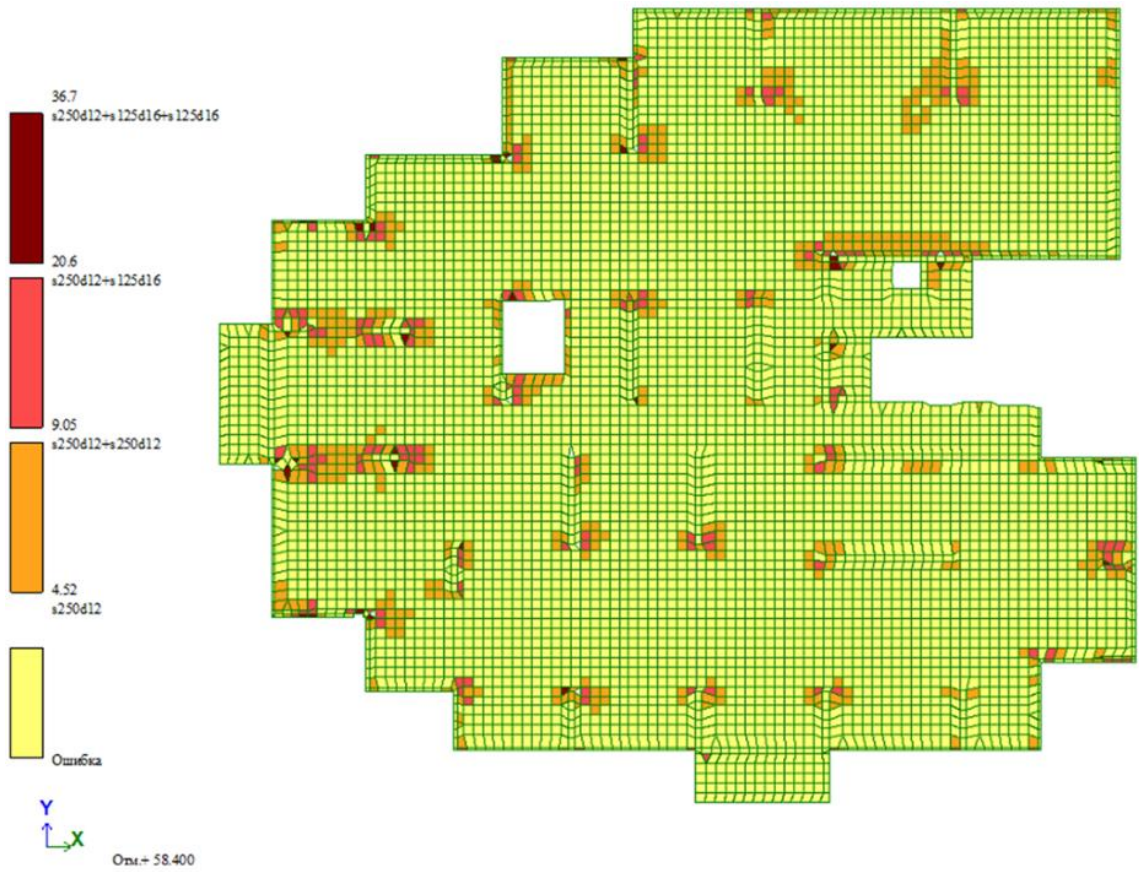


Рисунок 2.14 – Мозаїка підбраного армування по осі X (нижнє)

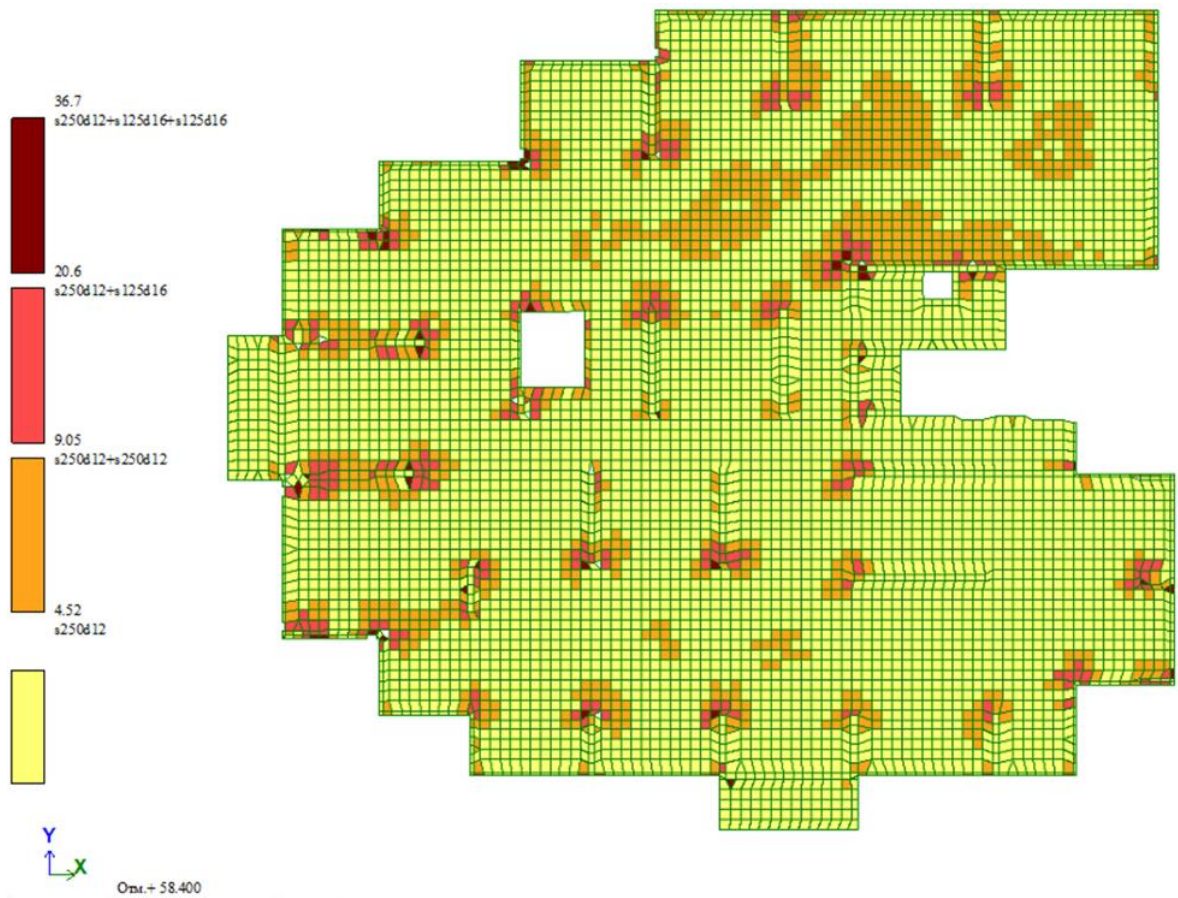


Рисунок 2.15 – Мозаїка підбраного армування по осі Y (нижнє)

Прийнято горизонтальне верхнє та нижнє армування стержнями діаметром 12 мм із кроком 250 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Локальне посилення виконано у трьох варіантах залежно від рівня зусиль у плиті:

перший варіант – армування стержнями  $\varnothing 12$  мм із кроком 250 мм;

другий варіант – армування стержнями  $\varnothing 16$  мм із кроком 125 мм;

третій варіант – комбіноване армування стержнями  $\varnothing 16$  мм із кроком 125+125 мм у місцях максимальних згинальних моментів.

### **2.3 Розрахунок та конструювання фундаментної плити**

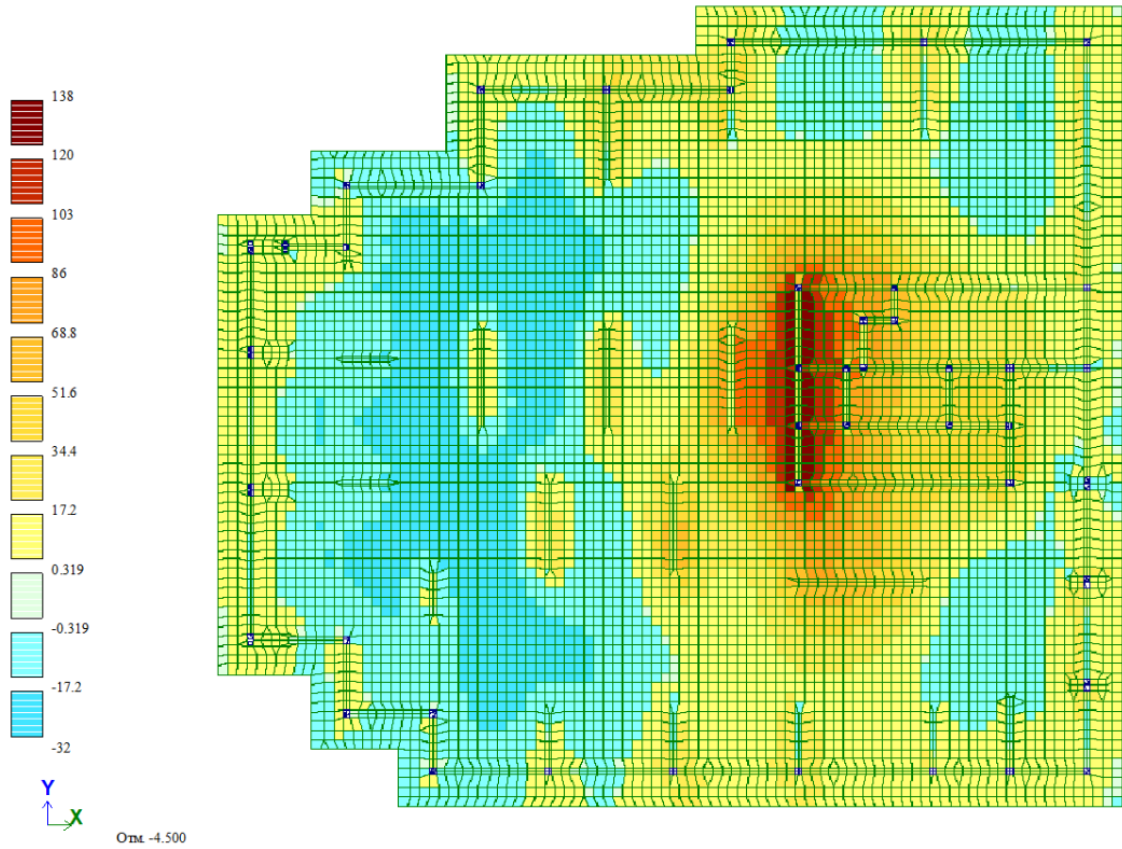
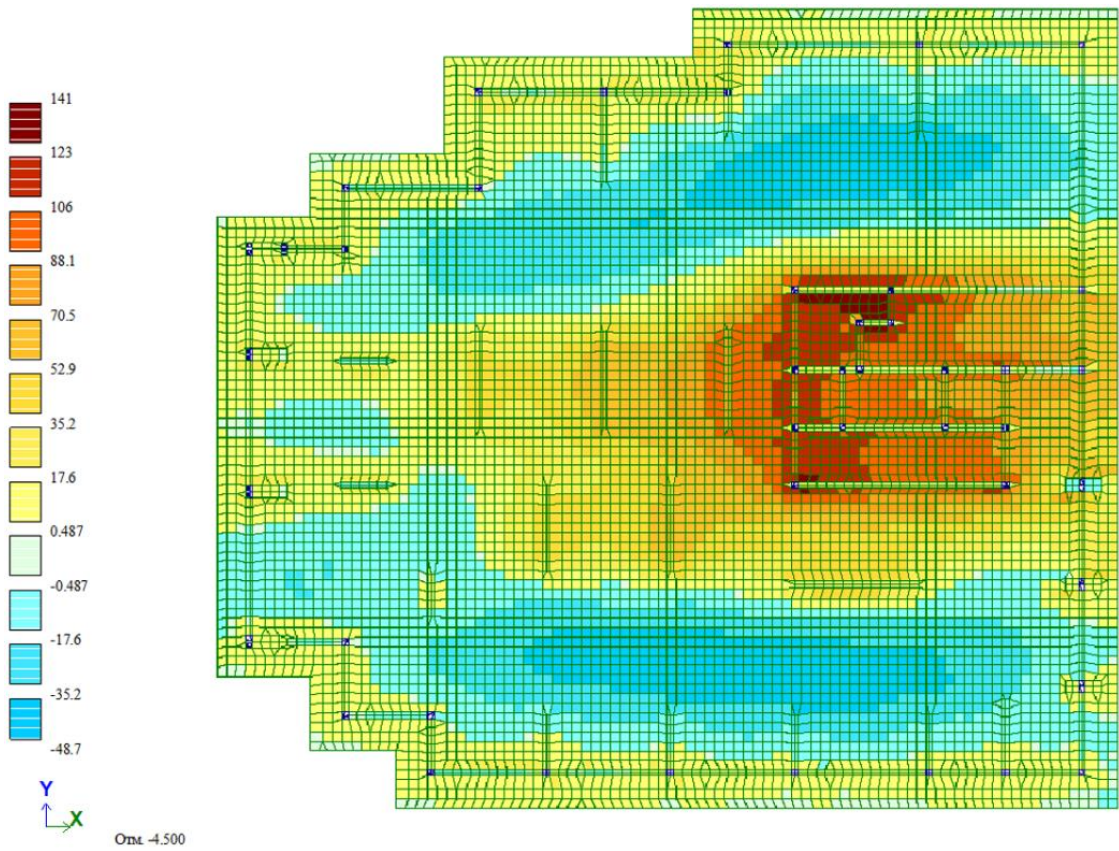
Плитний монолітний залізобетонний фундамент розраховується відповідно до отриманих значень згинальних моментів, визначених у результаті просторового розрахунку конструкції.

Матеріали фундаментної плити прийнято згідно з даними таблиці 3.4 – бетон класу C30/37, арматура робоча класу A500, поперечна – класу A240.

Під фундаментом передбачено улаштування бетонної підготовки з бетону класу C8/10 товщиною 100 мм, з випуском за контур фундаментної плити на 100 мм у кожний бік.

Товщина захисного шару бетону до робочої арматури прийнята 50 мм, що відповідає вимогам до конструкцій, розташованих у безпосередньому контакті з ґрунтом.

Мінімальний відсоток армування для елементів, що працюють на згин, прийнято 0,1 % від площі поперечного перерізу фундаментної плити.

Рисунок 2.16 – Мозаїка згинальних моментів  $M_{x \max}$ Рисунок 2.17 – Мозаїка згинальних моментів  $M_{y \max}$

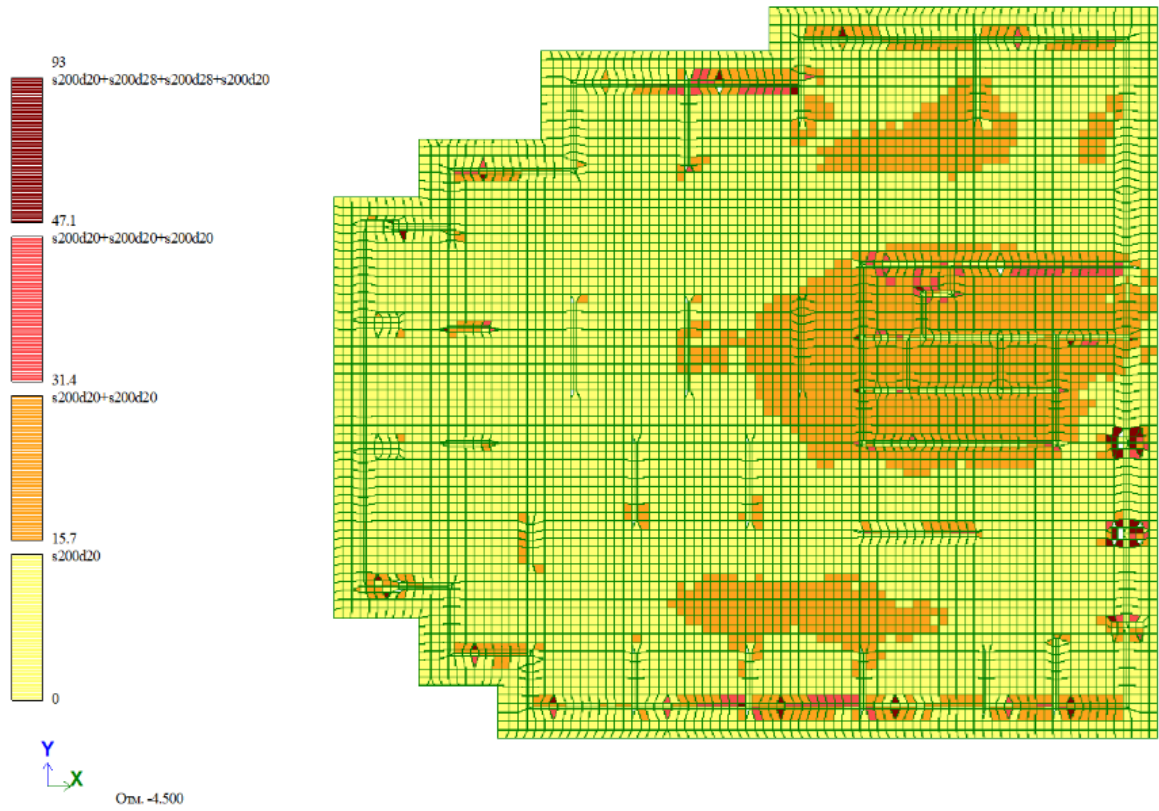


Рисунок 2.18 – Мозаїка підбраного армування X (верхнє)

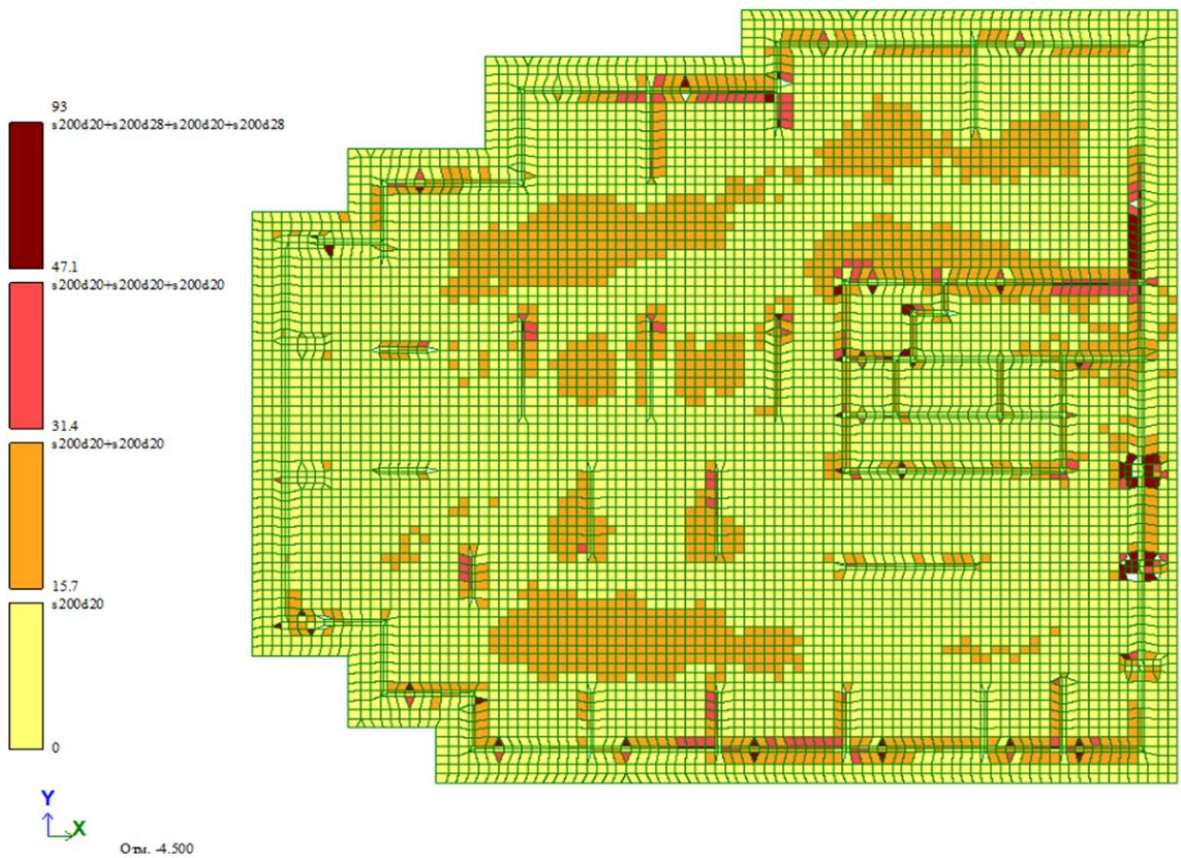


Рисунок 2.19 – Мозаїка підбраного армування Y (верхнє)

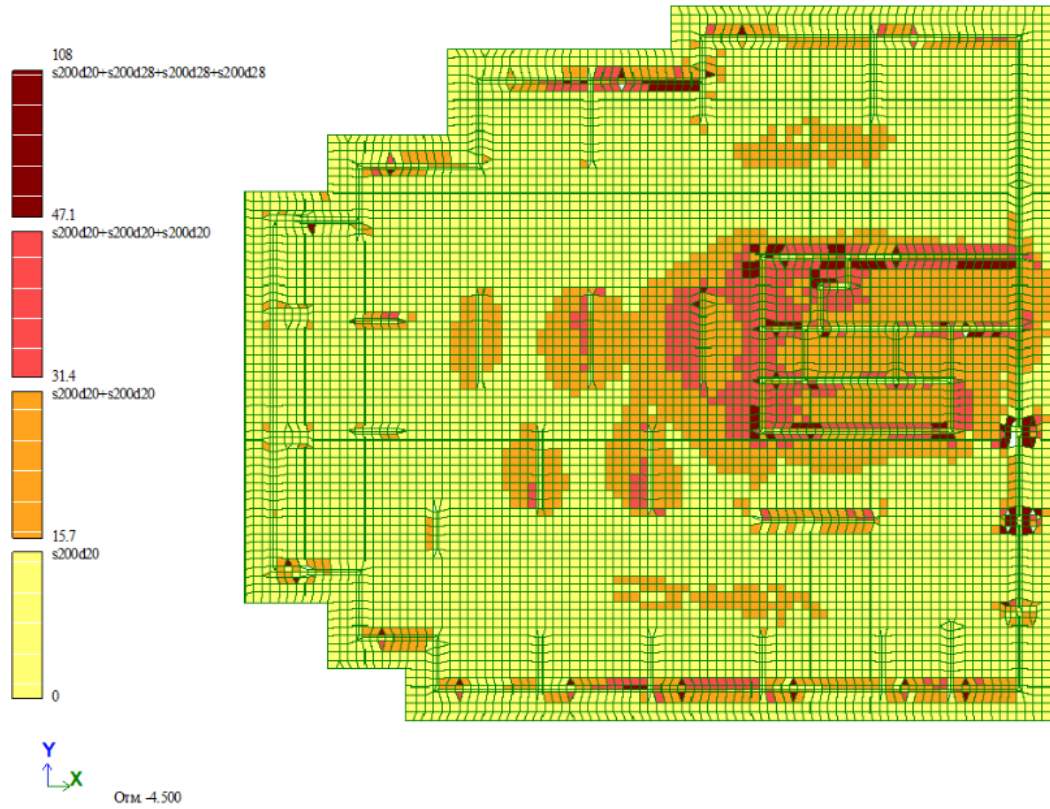


Рисунок 2.20 – Мозаїка підбраного армування (верхнє)

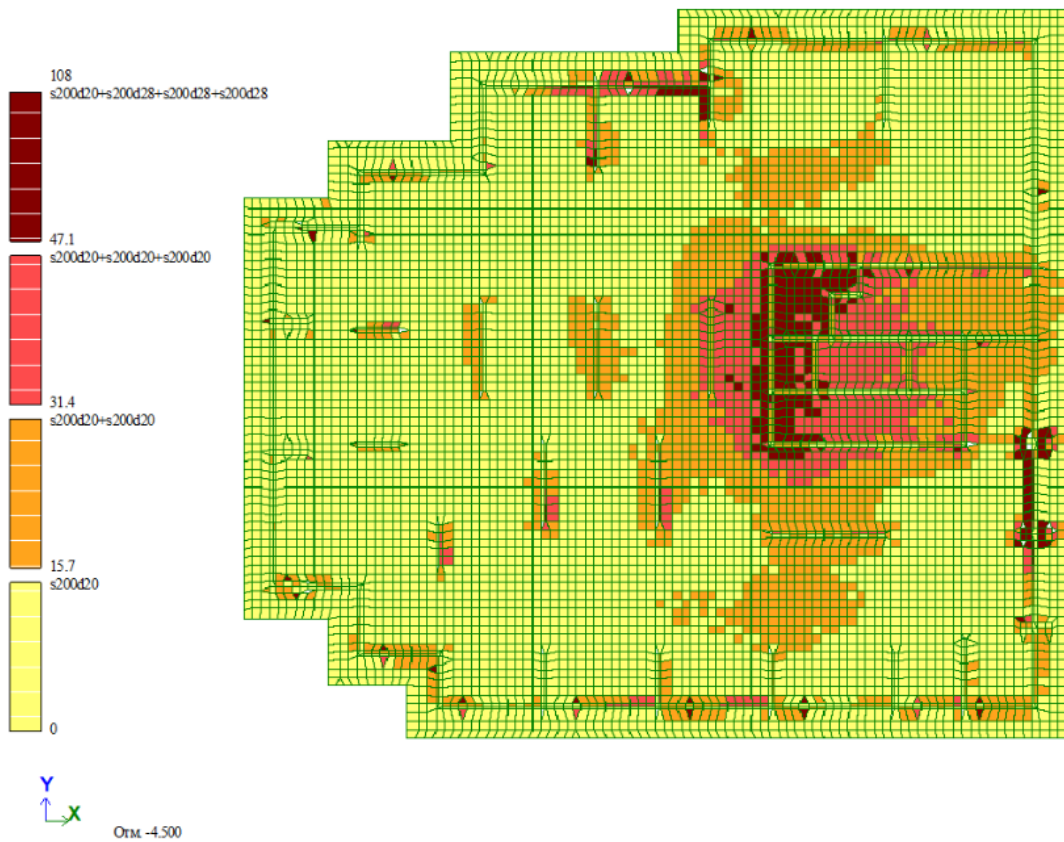


Рисунок 2.21 – Мозаїка підбраного армування Y (нижнє)

Прийнято горизонтальне фонове армування фундаментної плити у верхній та нижній зонах стержнями діаметром 20 мм з кроком 200 мм у двох напрямках.

Локальне посилення передбачено залежно від величини згинальних моментів у трьох варіантах:

- однорядне армування стержнями  $\varnothing 20$  мм з кроком 200 мм;
- дворядне армування: нижнє –  $\varnothing 20$  мм з кроком 200 мм, верхнє –  $\varnothing 20$  мм з кроком 200 мм;
- підсилене дворядне армування: нижнє –  $\varnothing 28$  мм з кроком 100 мм, верхнє –  $\varnothing 28$  мм з кроком 200 мм.

Для ділянок, де товщина фундаментної плити перевищує 1000 мм, додатково передбачено середній шар фонового армування стержнями  $\varnothing 20$  мм з кроком 200 мм, що забезпечує рівномірний розподіл зусиль по висоті конструкції.

## **РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 Вибір способів та методів монтажу**

Перед початком виконання робіт зі зведення каркаса монолітної будівлі передбачається облаштування приоб'єктних складів для зберігання арматурних виробів, елементів опалубки та допоміжних матеріалів. Також організуються спеціально обладнані місця для приймання бетонної суміші.

Для виконання робіт використовується універсальна інвентарна розбірно-переставна опалубка, що забезпечує багаторазове застосування та зручність під час монтажу. Подача елементів опалубки і всіх арматурних виробів на робочі місця здійснюється баштовим краном.

Бетонна суміш транспортується автобетонозмішувачами від найближчого бетонного вузла, що гарантує збереження однорідності та необхідної рухливості матеріалу до моменту укладання.



Подавання бетонної суміші до місця укладання може виконуватися за двома схемами – краном у цебрах або за допомогою автобетононасоса. У даному проєкті застосовано схему «кран–цебро», за якою бетонна суміш з автотранспорту вивантажується у поворотні цебра, місткість яких підбирається залежно від інтенсивності бетонування та об'єму кузова автомобіля.

Розбирання опалубки проводиться вручну після досягнення бетоном необхідної міцності. Демонтовані елементи опалубки подаються краном на землю, де виконуються очищення, змашування та перевірка стану поверхонь перед повторним використанням у наступному циклі робіт.

Інтенсивність бетонування визначається відповідно до норм часу на укладання бетонної суміші. Для забезпечення безперебійної роботи під час бетонування використовується приставний баштовий кран, який також застосовується для розвантаження арматури, подачі опалубки та транспортування допоміжних матеріалів.

Перелік основних пристроїв, машин і механізмів, що застосовуються під час виконання робіт зі зведення монолітних конструкцій, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Вибір монтажних пристроїв

№ п/п	Найменування пристрою	Ескіз	Вантаж-сть, т	Маса, т	Висота стро-пування, м	Призна-чення
1	2	3	4	5	6	7
1	Строп вантажний канатний двогілковий		5	0,05	1,6	Подача цегли, арматурних стрижнів, опалубки
2	Баддя 1,5 м <sup>3</sup>		3,75	0,26	3	Подача бетонної суміші до місця бетонування

### 3.2 Підбір монтажного крану

Під час монтажу конструкцій основною вантажопідіймальною машиною є баштовий кран, який забезпечує подавання, установлення та фіксацію збірних і опалубних елементів на проектні відмітки.

До основних монтажних параметрів крана належать:

$H_{кр}^{TP}$  – необхідна висота підйому гака, м;

$l_{TP}^{KP}$  – необхідний виліт гака, м;

$Q$  – вантажопідіймальність, т.

Висота підйому гака крана ( $H_{кр}^{тр}$ ) визначається як відстань від рівня стоянки крана до найвищої точки монтажу елемента конструкції. При цьому враховується сума таких складових:

- висота встановлення елемента до рівня перекриття або покриття;
- габарит елемента, що монтується;
- довжина стропів або монтажних захватів;
- необхідний монтажний запас для безпечного виконання операцій.

Отримане значення висоти підйому гака є вихідним параметром для вибору типу крана, що забезпечує можливість підйому елементів на задану висоту з урахуванням умов будівельного майданчика.

Визначаємо необхідну висоту підйому гака за формулою (3.1):

$$H_{кр}^{ТР} = h_0 + h_3 + h_e + h_c, \text{ м} \quad (3.1)$$

де  $h_0$  – перевищення над опору елемента, м;

$h_3$  – відстань від опори до елемента, що монтується, м;

$h_{ел}$  – висота елемента, що монтується, м;

$h_c$  – висота стропування, м.

Висоту стропування визначають із умови, що кут між гілками стропів становить  $90^\circ$ , відповідно до (3.2):

$$h_c = \frac{l - 1}{2}, \text{ м} \quad (3.2)$$

де  $l$  – довжина елемента, м;

$$H_{кр}^{ТР} = 68 + 0,5 + 1,5 + 2 = 72 \text{ м}$$

$$h_c = \frac{5 - 1}{2} = 2 \text{ м}$$

Виліт стріли баштового крана визначається як відстань від осі встановлення крана до найбільш віддаленої точки монтажу конструктивного елемента.

Розташування осі крана відносно частини будівлі, що виступає, визначається графічним способом на плані будівельного майданчика з урахуванням габаритів споруди та зони безпечної роботи крана.

Відстань від осі баштового крана до крайньої точки будівлі обчислюється за формулою:

$$l = \frac{d}{2} + 1, \text{ м} \quad (3.3)$$

де  $d$  – основний розмір крану, м;

$$l = \frac{7.5}{2} + 1 = 4.75 \text{ м}$$

Найбільша відстань, на яку кран може подати баддю з бетонною сумішшю, визначається як максимальний робочий виліт стріли, що забезпечує транспортування вантажу від місця стоянки крана до точки укладання бетону.

$$l_{\text{КР}}^{\text{ТР}} = 36,0 \text{ м}$$

Необхідну вантажопідйомність крана визначають за масою найбільшого вантажу, який підлягає підйому під час виконання робіт.

$$Q = P + P_1, \text{ т} \quad (3.4)$$

де  $P$  – найбільша маса монтуємого елемента, т;

$P_1$  – додаткова маса захватувальних пристроїв, т.

$$Q = 2,4 + 0,17 = 2,57 \text{ т}$$

Перед монтажем стаціонарного баштового крана на місці його встановлення улаштовують залізобетонну фундаментну основу. Під час нарощування башти між сьомою та восьмою секціями встановлюють заставну раму, до якої під'єднують зв'язки кріплення башти до будівлі.

Приставний кран монтують із застосуванням автомобільного крана вантажопідйомністю 10 т (складання ходової рами, секцій башти з оголовком і стріли), після чого роботи продовжують з використанням монтажної стійки. Остаточного прийнято баштовий кран КБ 676-2; його технічні характеристики наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика обраного крану

№ п/п	Характеристика	Величина	Од. змін.
1	2	3	
1	Марка крана	КБ 676-2	
2	Максимальна вантажопідйомність	12.5	т
3	Вантажопідйомність при максимальному вильоті	5.6	т
4	Максимальна висота підйому гака	120	м
5	Максимальний виліт	50.5	м
6	Мінімальний виліт	3.5	м
7	База крана	7.5	м
8	Потужність	157.0	кВт

### 3.3 Календарне планування будівництва

Нормативна тривалість будівництва об'єкта визначається на підставі укрупнених показників, установлених для житлових та громадських будівель залежно від їх розрахункової площі.

Розрахункова площа житлової частини будівлі становить

$$F_{\text{житлова}} = 920 \cdot 17 = 15600 \text{ м}$$

Площа підвального приміщення, що враховується із коефіцієнтом 0,5, становить:

$$F_{\text{підв}} = 0,5 \cdot 920 = 460 \text{ м}^2$$

Таким чином, загальна нормативна тривалість будівництва згідно аналогічного об'єкта-аналога становить :

$$F_{\text{заг}} = 17 + 4,5 = 21,5 \text{ міс}$$

Календарний план-графік будівництва наведено в графічній частини дипломного проєкту. Наступним кроком є визначення обсягів будівельно-монтажних робіт.

### 3.4 Визначення обсягів БМР

Обсяги будівельно-монтажних робіт визначаються на підставі креслень архітектурного розділу проєкту, у яких зазначено розміри, площі, об'єми та конструктивні характеристики елементів будівлі. Для кожного виду робіт виконується підрахунок у відповідних одиницях виміру (м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, м, шт.) за

фактичними геометричними параметрами будівельних конструкцій та приміщень.

Розраховані обсяги робіт слугують основою для визначення трудомісткості, складу бригад, потреби в матеріалах, машинах і механізмах. Отримані результати оформлюються у вигляді **відомості витрат праці** (табл. 3.3), де для кожного виду робіт зазначаються обсяг, нормативна трудомісткість, кількість виконавців та тривалість виконання.

### Таблиця 3.3 – Визначення обсягів БМР

## 3.5 Розрахунок будівельного генплану

### 3.5.1 Визначення площі складського господарства

Для подальших розрахунків отримані значення площі складів для зберігання різних видів матеріалів заносяться до відповідної таблиці.

Розрахунок **корисної площі складських приміщень** для кожного виду матеріалу виконується за формулою (3.5), м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{скл}} = P_{\text{скл}} f \quad (3.5)$$

де  $P_{\text{скл}}$  – запас матеріалів на складі (у добових витратах);

$f$  – нормативна площа, необхідна для розміщення одиниці матеріалу певного виду.

Запас матеріалів, конструкцій та виробів, що підлягають зберіганню на будівельному майданчику, розраховується за виразом (3.6):

$$P_{\text{скл}} = \frac{P_{\text{заг}}}{T} T_{\text{н}} K_1 K_2 \quad (3.6)$$

де  $P_{\text{заг}}$  – загальна потреба в матеріалах, конструкціях або виробих певного виду для виконання запроектованих робіт, у відповідних одиницях виміру;

$T$  – тривалість робіт, упродовж яких споживаються ці матеріали, діб;

$T_{\text{н}}$  – норма запасу даного виду матеріалів, що зберігається на складі будівельного майданчика, діб;

$K_1 = 1,1$  – коефіцієнт, який враховує нерівномірність надходження матеріалів на склад;

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, який враховує нерівномірність витрати матеріалів у процесі виробництва робіт.

Отримане значення показує необхідну кількість матеріалів, яка одночасно перебуває на складі з урахуванням коливань постачання та споживання.

Розрахункова загальна площа складу, яка включає проходи, проїзди та технологічні зони, визначається за формулою (3.7), м<sup>2</sup>:

$$S = F_{\text{скл}} K_{\text{вик}} \quad (3.7)$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання площ складських приміщень, що характеризує частку корисної (зайнятої матеріалами) площі у загальній площі складу.

Його значення приймають залежно від типу складу та способу розміщення матеріалів: для відкритих складів – 0,6...0,7; для закритих або навісних – 0,5...0,6.

Розрахунок проведено в табличному вигляді та наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок площі складських приміщень

№ п/п	Найменування матеріалу	Од. вим.	Загальна потреба	Тривалість, добу.	Норма зберігання на 1 м <sup>2</sup>	Витрата на добу	Запас на добу	Кількість на складі	Корисна площа складу, м <sup>2</sup>	Коефіцієнт використання площі складу	Розрахункова площа складу, м <sup>2</sup>	Прийнята площа складу, м <sup>2</sup>	Тип складу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Пісок	м <sup>3</sup>	570.18	13	1.5	43.86	6	263.16	175.44	0.6	292.40	300	Відкритий
2	Опалубка	м <sup>2</sup>	3240.00	99	35	32.73	10	327.27	9.35	0.6	15.58	20	Штабель відкритий
3	Арматура	т	1397.99	99	3.2	14.12	12	169.45	52.95	0.6	88.26	90	Відкрито
4	Гідроізол. Рулонна	м <sup>2</sup>	10689.84	25	22	427.59	6	2565.56	116.62	0.6	194.36	200	Вертикальне положення закрито
5	Утеплювач	м <sup>3</sup>	2919.92	94	4	31.06	8	248.50	62.13	0.6	103.54	110	Штабель відкритий
6	Вікна. вітражі та двері	м <sup>2</sup>	4924.00	93	25	52.95	10	529.46	21.18	0.6	35.30	40	У вертикальному положенні закрито
7	Цегла	шт.	515.24	69	0.75	7.47	7	52.27	69.69	1.6	43.56	50	Штабель відкритий
8	Цемент у мішках	т	42.89	226	1.3	0.19	10	1.90	1.46	2.6	0.56	10	Штабель закритий
Разом:												820	

Наведене складське господарство представлене у графічній частині дипломного проєкту.

### 3.5.2 Визначення потреби у тимчасових будівлях

Під час визначення потреби в тимчасових будівлях та спорудах враховано кількість працівників, задіяних у загальнобудівельних роботах на

об'єкті. Найбільша кількість робітників у зміну становить 167 осіб, а поділ їх по категоріям наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Поділ працівників на категорію

№ п/п	Категорія працівників	Кількість, %	Кількість, чол
1	2	3	4
1	Працівники на БМР	100%	167
2	ІТП, службовці, МОП:	15%	25
3	Число робітників за зміну	115%	192
4	Число жінок за зміну	30%	57
5	Число чоловіків за зміну	70%	135

Кількість інженерно-технічних працівників, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу приймається як 15 % від числа робітників:

$$167 \times 0,15 = 25 \text{ осіб}$$

Загальна кількість працівників, що одночасно перебувають на об'єкті, становить:

$$167 + 25 = 192 \text{ особи}$$

Із цього числа кількість жінок приймається як 30 %:

$$192 \times 0,3 = 57 \text{ осіб}$$

Відповідно, кількість чоловіків складає 70 %:

$$192 \times 0,7 = 135 \text{ осіб}$$

Площа тимчасових будівель, м<sup>2</sup>, визначається за формулою (3.8):

$$S = S_n \times N, \quad (3.8)$$

де  $S_n$  – нормативне значення площі на одного працівника, м<sup>2</sup>/чол.;

$N$  – кількість осіб, що користуються певним приміщенням.

Розраховані показники наведені у таблиці 3.5, де відображено площі тимчасових споруд різного функціонального призначення, зокрема адміністративно-побутових, санітарно-побутових, складських та допоміжних приміщень, необхідних для забезпечення нормальних умов праці під час будівництва.

Таблиця 3.5 – Визначення площ тимчасових будівель та споруд

№ п/п	Назва приміщення (призначення)	Кількість роб.	Од. вим.	Норма площі на 1 особу, м <sup>2</sup>	Розрахункова площа, м <sup>2</sup>	Прийнята	Розміри	К-сть будівель	Тип тимчасового приміщення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Прорабська (розміщення адміністративно-технічного персоналу)	25	м <sup>2</sup>	3,0 на 1 чол.	25 * 3 = 75	1 8	6x3	5	Контейнерне, металеве
2	Чоловіча вбиральня	135	м <sup>2</sup> , подвій на шафа	0,6 на 1 чол.; 1 на 1 чол.	135 * 0,6 = 82; 135 шт.	1 8	6x3	6	Контейнерне, металеве
3	Жіноча вбиральня	57	м <sup>2</sup> , подвій на шафа	0,6 на 1 чол.; 1 на 1 чол.	57 * 0,6 = 35; 57 шт.	1 8	6x3	2	Контейнерне, металеве
4	Чоловіча душова	135	м <sup>2</sup> , сітка	3 на 1 душ.; 1 на 10 чол.	135/ 10 = 14 шт.	1 8	6x3	2	Контейнерне, металеве
5	Жіноча душова	57	м <sup>2</sup> , сітка	3 на 1 душ.; 1 на 10 чол.	57/1 0 = 6 шт.	1 8	6x3	1	Контейнерне, металеве

6	Умивальна чоловіча	135	м <sup>2</sup> , кран	1 на 15 чол.	19 шт.	Розташовані в душовій		
7	Умивальна жіноча	57	м <sup>2</sup> , кран	1 на 15 чол.	4	Розташовані в душовій		
8	Туалет чоловічий	135	туалет	6 на 100 чол.	12	Розташовані в кімнаті з умивальниками		
9	Туалет жіночий	57	туалет	6 на 130 чол.	6	Розташовані в кімнаті з умивальниками		
10	Сушильний (одяг та взуття) чоловічий	135	м <sup>2</sup>	0,2 на 1 чол.	18	6х3	2	Контейнерне, металеве
11	Сушильний (одяг та взуття) жіночий	57	м <sup>2</sup>	0,2 на 1 чол.	18	6х3	1	Контейнерне, металеве
12	Приміщення для обігріву відпочинку та їди	192/ 2 = 96	м <sup>2</sup>	0,9 на 1 чол.	35	7х5	3	Каркасно- панельна УСРП (збірно-розбірне металеве)
13	Їдальня	192/ 2 = 96	м <sup>2</sup> ; посадк ові місця	1 на 1 чол.; 1 на 4 чол.	36	7х5	3	
14	Медпункт	-	-	-	36	6х3	2	Контейнерне, металеве
15	Кладова (дрібні вироби та інвентар)	-	-	-	36	6х3	2	Контейнерне, металеве
16	Тимчасові ремонтні майстерні	-	-	-	36	6х3	2	Контейнерне, металеве

### 3.5.3 Розрахунок тимчасового водопостачання майданчику

Розрахунок витрати води для будівельного майданчика виконується з урахуванням трьох основних складових: виробничих потреб, господарсько-побутового водоспоживання та витрат на пожежогасіння. Загальна розрахункова витрата визначається за формулою (3.9):

$$Q_{\text{розр}} = Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{пож}}, \text{ л/с} \quad (3.9)$$

де  $Q_{\text{вир}}$  – витрата води на виробничі потреби, л/с;

$Q_{\text{госп}}$  – витрата води на господарсько-побутові потреби, л/с;

$Q_{\text{пож}}$  – витрата води, необхідна для пожежогасіння.

Для ділянок площею до 10 га приймається витрата води на пожежогасіння 10 л/с, для площ від 10 до 50 га – 20 л/с, а при збільшенні площі понад 50 га на кожні додаткові 25 га додається ще 5 л/с.

Витрата на одному пожежному гідранті складає 5 л/с. Оскільки площа забудови становить 2 га, приймаємо  $Q_{\text{пож}} = 10$  л/с.

Витрата води на виробничі потреби визначається за формулою (3.10):

$$Q_{\text{вир}} = 1,2 \frac{q_{\text{вир}} n_{\text{вир}} K_{\text{год}}}{t_{\text{зм}} \cdot 3600}, \text{ л/с} \quad (3.10)$$

де  $q_{\text{вир}}$  – питома витрата води на виробничі потреби, л, наведена в табл. 3.6;

$n_{\text{вир}}$  – кількість машин або обсяг виконуваних робіт;

$K_{\text{год}} = 1,5$  – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання;

$t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни, год (8 годин);

1,2 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати води;

Таблиця 3.6 – Витрата води на виробничі потреби

№ п/п	Вид БМР	Од. змін.	Орієнтовна норма, л	Об'єм робіт, м <sup>3</sup>	Витрата води, л
1	2	3	4	5	6
1	Приготування сумішей та розчинів	м <sup>3</sup>	250	42	46.46
2	Полив бетону	м <sup>2</sup>	1000	12200	123232.32
3	Для обслуговування автомашин	шт. / Добу.	550	20	11000.00
Разом:					134278.78

Підставивши вихідні дані, отримаємо:

$$Q_{\text{вир}} = 1,2 \frac{134278.78 \cdot 1,5}{8 \cdot 3600} = 8,4 \text{ л/сек}$$

Витрата води на господарсько-побутові потреби визначається за формулою (3.11):

$$Q_{\text{госп}} = \frac{(q_x + q_d)n_p K_{\text{год}}}{t_{\text{зм}} \cdot 3600}, \text{ л/с} \quad (3.11)$$

де  $q_x$  – витрата води на одного працівника в зміну (15 л для неканалізованих і 25 л для каналізованих ділянок);

$q_d$  – витрата води на одну особу, що користується душем, л;

$n_p$  – кількість працівників у найбільш чисельну зміну;

$K_{\text{год}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності (1,5–3,0).

Підставляючи розрахункові дані:

$$Q_{\text{хоз}} = \frac{(25 + 36) \cdot 196 \cdot 3.0}{8 \cdot 3600} = 1,25 \text{ л/сек}$$

Тоді загальна розрахункова витрата води становить:

$$Q_{\text{розрах}} = 8,4 + 1,25 + 10 = 19,65 \text{ л/сек}$$

Для забезпечення необхідного пожежного резерву приймаємо встановлення **чотирьох пожежних гідрантів**.

Діаметр труб тимчасового водопроводу визначається за формулою (3.12):

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\text{расч}}}{\pi v \cdot 1000}}, \text{ мм} \quad (3.12)$$

де  $v$  – швидкість руху води в трубопроводі, м/с.

Підставляючи значення,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,65}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 1000}} = 130 \text{ мм}$$

Розрахункове значення округлюємо до найближчого стандартного діаметра, тому приймається  $D = 150 \text{ мм}$ .

### 3.5.4 Визначення потреби в електропостачанні

Електрична потужність, необхідна для забезпечення роботи всього будівельного майданчика, визначається за формулою (3.13):

$$P = K \left( \sum \frac{P_c k_1}{\cos \varphi_1} + \sum \frac{P_{\text{вир}} k_2}{\cos \varphi_2} + \sum \frac{P_{\text{зо}} k_3}{\cos \varphi_3} + \sum \frac{P_{\text{н.о.}} k_4}{\cos \varphi_4} \right), \text{кВт} \quad (3.13)$$

де  $K = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в електричній мережі;

$P_c$  – потужність окремих машин і механізмів, кВт;

$P_{\text{вир}}$  – потужність, необхідна для виконання будівельно-монтажних робіт, кВт;

$P_{\text{во}}$  – потужність, витрачена на внутрішнє освітлення тимчасових споруд, робочих приміщень і будівлі, що споруджується, кВт;

$P_{\text{зо}}$  – потужність для зовнішнього освітлення території будівельного майданчика, кВт;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності, що залежить від характеру електричного навантаження;

$k_i$  – коефіцієнти попиту, які визначаються за кількістю споживачів та ступенем їх використання.

Дані щодо електроспоживачів і розрахованих потужностей наведені в таблиці 3.7, інша інформація до розрахунку береться на основі об'єktiv-аналогів при зведенні житлових будівель.

Таблиця 3.7 – Потреба потужності в електропостачанні

№ п/п	Найменування видів робіт (споживача)	Кількість, шт	Встановлена потужність, кВт	Kc	cosφ	Загальна потужність, кВт
1	2	3	4			5
Виробничі потреби (машини та інструменти)						
1	Розчинонасоси	2	2,2	0,7	0,8	3.85
2	Кран стріловий стаціонарний	1	157	0,3	0,5	94.2
3	Електровібратори	4	0,6	0,7	0,8	2.10
4	Компресори	2	7	0,7	0,8	12.25
5	Ручний електроінструмент	8	0,6	0,1	0,4	1.20
6	Зварювальні апарати змінного струму	8	12	0,35	0,4	84.00

З урахуванням послідовності виконання основних будівельних процесів максимальна розрахункова споживана потужність становить близько 300 кВА. Для забезпечення електропостачання будівельного майданчика приймається трансформаторна підстанція типу ТМ-560.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

### 4.1 Розробка локального кошторису

Система ціноутворення у будівництві формується на основі нормативно-розрахункових показників, а також поточних ринкових цін на трудові ресурси, будівельні матеріали, конструкції, вироби та обладнання. Вона включає сукупність кошторисних нормативів, що забезпечують єдиний підхід до визначення вартості будівництва.

В Україні діє однорівнева система ціноутворення, за якої вартість будівельно-монтажних робіт визначається в поточних цінах на момент складання кошторисної документації. Це означає, що всі розрахунки ведуться без переведення в базисний рівень цін, а використовуються реальні ціни на ресурси, що діють у відповідному періоді.

До основних видів кошторисних нормативів, які застосовуються в Україні, належать:

- Державні кошторисні нормативи – затверджуються центральними органами виконавчої влади у сфері будівництва та застосовуються усіма підприємствами незалежно від форми власності, якщо фінансування здійснюється за рахунок державного або місцевого бюджету.

- Галузеві (відомчі) нормативи – розробляються для окремих видів робіт або спеціалізованих галузей у випадках, коли відсутні відповідні показники у державних збірниках.

- Стандарти організацій України (СОУ) – визначають порядок і методику розрахунку вартості робіт, характерних для певного виду діяльності або підприємства.

- Індивідуальні ресурсні кошторисні норми – створюються для унікальних технологічних процесів і будівельних рішень, не передбачених чинними нормативами. Такі норми погоджуються, затверджуються та підлягають експертизі у складі проектної документації, після чого можуть бути використані лише для конкретного об'єкта, для якого вони розроблені.

У межах виконання даного дипломного проєкту розрахунок деталізованого локального кошторису на загальнобудівельні роботи було здійснено із застосуванням програмного комплексу «Будівельні технології – Кошторис 8» (версія 8.5). Програмне забезпечення забезпечило автоматизований підрахунок трудових і матеріальних ресурсів, обчислення вартості робіт у поточних цінах та формування локального кошторису відповідно до діючих методичних вимог.

Розрахунок проведено на основі діючих Кошторисних норм України (збірники цін) та наведено в Додатку А.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

### 5.1 Перелік заходів щодо техніки безпеки в будівництві

Під час виконання робіт із будівництва типового поверху монолітного залізобетонного каркасу необхідно забезпечити умови, які виключають або мінімізують вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівників. До таких факторів належать роботи поблизу відкритих перепадів висот, дія механізмів і вантажопідіймальних машин, можливість падіння або обвалення конструктивних елементів, вплив шуму, вібрацій і підвищеної напруги електричного струму.

Організація будівельного процесу повинна здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів України, зокрема Закону України Про охорону праці, ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві, та ДБН В.2.6-162:2010, ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. Усі технічні рішення, методи виконання робіт, а також використання механізмів і пристосувань повинні бути обґрунтовані у проєктній та організаційно-технологічній документації, зокрема у плані організації будівництва і проєкті виконання робіт.

Перелік можливих небезпек наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Аналіз можливих небезпек при зведенні монолітних будівель

Небезпека	Етап/зона робіт	Наслідки	Основні запобіжні	ЗІЗ працівників
Падіння з висоти – край плит, отвори, риштування	Опалубка, армування, бетонування перекриттів	Травми, летальні випадки	Суцільні огороження периметра, закриття отворів щитами, перехідні містки, роботи за ПВР з картами ризиків, допуск на висоту	Каска, запобіжний пояс/прив'язь, взуття з протиковзною підошвою
Обвалення/зсув елементів опалубки	Монтаж/демонтаж опалубки, бетонування	Травмування, розлив суміші	Розрахунок опалубки на тиск суміші, послідовність монтажу і розбирання, контроль стійок і замків,	Каска, рукавиці, окуляри, захисний одяг

## Продовження таблиці 5.1

Падіння предметів – інструмент, елементи опалубки	Роботи на ярусах, підвісні помости	Ушкодження голови, травми	Захисні козирки по периметру, сіткові екрани, організація зон, заборона складування на краях настилів	Каска з підборідним ременем, рукавиці
Дія вантажопідіймальних кранів – гакова зона, переміщення бадей	Подача арматури, опалубки, бетону	Удар вантажем, заземлення	План підйомів, справні стропи й тара, сигнальник, заборона перебування під вантажем, робота в межах вантажної характеристики по вильоту	Жилет високої видимості, каска, рукавиці
Електронезбезпека – пошкоджені кабелі, тимчасові мережі	Весь майданчик	Електротравма, опіки	Розділення силових і освітлювальних ліній, ПЗВ, цілісність ізоляції, заземлення, вологозахист розеток, заборона «перемичок»	Діелектричні рукавиці при роботах, інструмент з двошаровою ізоляцією
Шум і вібрація – від механізмів, вібраторів	Укладання бетону, різання, свердління	Погіршення слуху, перевтомлення	Обмеження часу впливу, чергування робіт, екрани/капоты на механізмах, техобслуговування	Вкладиші/наушники протишумні, антивібраційні рукавиці
Хімічні фактори – цементний пил, добавки	Приготування/укладання сумішей	Дерматити, подразнення очей і дихальних шляхів	Закриті силоси/бункери для цементу, локальна вентиляція, герметичне завантаження, інструктаж щодо добавок	Окуляри, респіратор Р2/Р3, рукавиці, спецодяг
Роботи поблизу перепадів – неогорожені краї, шахти	Каркаси, перекриття	Падіння	Тимчасові бар'єри 1,1 м, борти 0,15 м, суцільна настилка, маркування проходів	Прив'язь до анкерних ліній, каска

Безпека праці під час бетонування забезпечується раціональним вибором механізмів для приготування, подачі та укладання бетонної суміші, правильною організацією робочих місць, а також передбаченням заходів для догляду за бетоном у теплу та холодну пору року.

Арматурні та опалубні роботи повинні виконуватися із дотриманням технологічної послідовності, що гарантує стійкість елементів і безпечні умови для робітників. Конструкції опалубки необхідно розраховувати на фактичні навантаження, передбачати порядок встановлення і демонтажу, а також перевіряти їхню справність перед початком робіт.

Цемент та інші сипучі матеріали слід зберігати в закритих ємностях – силосах, бункерах або контейнерах, що унеможливають утворення пилу під час завантаження та розвантаження. Отвори для подачі матеріалів повинні бути обладнані захисними ґратами, а люки – надійними замками. При використанні пари для прогрівання інертних матеріалів необхідно вживати заходів, які запобігають потраплянню пари до робочих приміщень. Спуск робітників у ємності, що піддавалися обігріву, допускається лише після припинення подачі пари та охолодження поверхонь до температури не вище 40 °С.

Робочі місця мають бути організовані так, щоб працівники мали зручний і безпечний доступ до зон виконання робіт. Переміщення між робочими рівнями здійснюється по спеціально встановлених сходах або трапах з поручнями. На опалубці забороняється розміщення матеріалів, інструментів і техніки, не передбачених технологічним процесом, а також перебування сторонніх осіб. Робочі настили для виконання опалубних робіт повинні мати мінімальну ширину 0,8 м і бути обладнані огороженнями. Усі отвори в настилах і перекриттях необхідно закривати міцними щитами або огорожувати.

Зовнішній периметр опалубки перекриття повинен мати суцільне огороження. Після демонтажу частин опалубки або пересування її елементів торці необхідно закривати тимчасовими бар'єрами. Для захисту працівників, які працюють нижче, по зовнішньому контуру підвісних лісів і пересувних платформ встановлюються захисні козирки.

Пересування по арматурному каркасу дозволяється лише по спеціальних настилах шириною не менше 0,6 м, що забезпечують стійкість і рівновагу працівника. Під час натягування арматури робоча зона має бути огорожена сітчастими бар'єрами висотою не менше 1,8 м. Натяжні пристрої повинні бути обладнані світловою або звуковою сигналізацією, яка автоматично вмикається під час натягу. Заборонено перебування людей

ближче ніж за 1 метр від нагрітих арматурних елементів, що перебувають під електричним струмом.

Використання знімних вантажозахоплювальних пристроїв, стропів і тари повинно здійснюватися лише після перевірки їхнього технічного стану відповідно до вимог **НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів»**. Усі механізми, які беруть участь у подачі бетонної суміші, повинні бути обладнані справними запірними та сигнальними пристроями.

У разі використання бетонних сумішей із хімічними добавками працівники зобов'язані користуватися засобами індивідуального захисту – рукавицями, захисними окулярами, спецодягом і респіраторами. Місця приготування таких сумішей необхідно обладнувати вентиляцією, а роботу виконувати під наглядом відповідальної особи.

Всі працівники, залучені до бетонних, арматурних і опалубних робіт, повинні пройти інструктаж з охорони праці, навчання безпечним прийомам виконання робіт і мати відповідні допуски. Контроль за дотриманням вимог безпеки покладається на майстра або виконроба, який відповідає за ведення робіт на ділянці.

Дотримання зазначених заходів дозволяє забезпечити безпечне середовище праці, запобігти виробничим травмам, підвищити рівень організації робочих процесів і гарантувати належну якість виконання будівельно-монтажних робіт.

## **5.2 Загальні вказівки щодо контролю якості при виконанні БМР**

Контроль якості виконання монолітних робіт здійснюється на всіх етапах будівництва відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд», ДСТУ Б В.2.6-2:2009, ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного

виробництва», а також стандартів системи управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015.

Основною метою операційного контролю є перевірка відповідності технологічних процесів і параметрів будівельно-монтажних робіт вимогам проєктної та нормативної документації, а також забезпечення стабільної якості матеріалів, конструкцій і виконаних робіт.

Операційний контроль проводиться інженерно-технічним персоналом під керівництвом виконроба і включає перевірку кожної технологічної операції – від приймання матеріалів до завершення монтажу конструкцій. Контроль розпочинається з моменту надходження арматури, цементу, заповнювачів і опалубних систем на об'єкт і завершується після здачі будівлі в експлуатацію.

У процесі контролю визначаються параметри, що характеризують точність, міцність і геометричну стабільність конструкцій, а також правильність дотримання технологічних режимів.

Під час складання опалубки контролюють правильність розміщення щитів, їхню фіксацію, наявність заставних елементів, щільність стиків і відповідність геометричних розмірів проєктним параметрам. Також перевіряється стійкість і надійність опор, які забезпечують незмінність положення опалубки під час укладання бетонної суміші. Для перевірки використовують рулетки, нівеліри, теодоліти та будівельні рівні.

Під час встановлення арматурних елементів перевіряють порядок складання каркасів, якість в'язки або зварювання вузлів, точність розташування арматури в плані та за висотою, а також величину захисного шару бетону. Арматурні вироби повинні бути зафіксовані так, щоб під час бетонування не змінювалося їх положення. Всі контрольні вимірювання виконуються за допомогою металевих лінійок, рулеток і висок.

При укладанні бетонної суміші контролюється її консистенція, температура, рівномірність заповнення форми, товщина шарів, висота скидання, крок перестановки глибинних вібраторів, глибина занурення та

тривалість вібрування. Обов'язково перевіряється стан опалубки перед початком бетонування, справність вібраторів та засобів ущільнення. Після укладання суміші здійснюється спостереження за процесом твердіння бетону, дотриманням температурно-вологісного режиму, а також перевіряється фактична міцність бетону шляхом відбору контрольних зразків.

Після досягнення бетоном розрахункової міцності виконується контроль розпалублення конструкцій. Перевіряється якість поверхні після зняття опалубки – відсутність тріщин, раковин, відшарувань і деформацій. Фактичні показники порівнюються з вимогами проєкту і нормативів. У разі виявлення дефектів складається акт, у якому визначаються причини і порядок їх усунення.

Особливу увагу приділяють геодезичному контролю – перевірці просторового положення елементів каркасу. Вертикальність колон, рівність плит перекриттів, точність розташування осей та позначок визначаються за допомогою нівеліра або теодоліта. Відхилення, що перевищують допустимі межі, підлягають коригуванню до завершення бетонування наступних конструкцій.

Усі результати операційного контролю фіксуються в журналі виконання робіт, актах перевірки прихованих робіт, лабораторних протоколах і виконавчих схемах. Документація зберігається у виробничо-технічному відділі і передається технічному нагляду для узгодження.

Система контролю якості передбачає три рівні перевірки:

- Вхідний контроль – перевірка сертифікатів, паспортів якості та маркування матеріалів, що надходять на об'єкт.
- Операційний контроль – перевірка технологічних процесів у ході виконання робіт.
- Приймальний контроль – оцінка готових конструкцій і складання актів приймання.

Відповідальні особи (майстри, інженери, геодезисти, представники лабораторії) ведуть контроль відповідно до графіка, затвердженого головним інженером проєкту.

Система операційного контролю якості дозволяє своєчасно виявляти технологічні відхилення, запобігати дефектам бетонних і арматурних конструкцій та забезпечувати відповідність усіх параметрів вимогам державних стандартів і проєктних рішень.

### **5.3 Визначення кількості прожекторів для освітлення**

Для забезпечення безпечних умов роботи у темний час доби та в період недостатньої природної освітленості на будівельному майданчику передбачається улаштування системи штучного зовнішнього освітлення. Освітлення організовується прожекторними установками, які розміщуються по периметру майданчика та в зонах активного виконання будівельно-монтажних робіт.

Проектування системи освітлення здійснюється з урахуванням вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» та ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Основна мета розрахунку – визначення необхідної кількості прожекторів і оптимальної висоти їх розташування для забезпечення нормативного рівня освітленості на робочій поверхні.

Освітлення майданчика передбачається рівномірним, із середнім рівнем освітленості не менше 3 лк, що відповідає вимогам до тимчасових будівельних територій. Світильники встановлюються на металевих опорах або конструкціях баштового крана, що забезпечують рівномірне покриття світловим потоком усієї робочої зони.

Кількість прожекторів в шт визначається за формулою (5.1):

$$n = \frac{mE_p S}{P_l}, \quad (5.1)$$

де  $m$  – коефіцієнт, що враховує світлову віддачу джерел світла, ККД прожекторів та коефіцієнт використання світлового потоку;

$E_p$  – необхідна освітленість, лк ( $E_p = 3$ );

$S$  – площа освітлюваної ділянки, м<sup>2</sup>;

$P_l$  – потужність лампи застосовуваних типів прожекторів, Вт.

Перелік попереднього використання зовнішнього та внутрішнього освітлення наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Перелік зовнішнього та внутрішнього освітлення

№ п/п	Найменування видів робіт (споживача)	Кількість, шт	Встановлена потужність, кВт	Загальна потужність, кВт
1	2	3	4	5
1. Внутрішнє електроосвітлення				
1	Тимчасові будівлі та склади	250/100м <sup>2</sup>	1,5	3.44
2. Зовнішнє електроосвітлення				
2	Висвітлення місць зварювання	2880/1000 м <sup>2</sup>	2,4	6.91
3	Висвітлення складів	1533/1000 м <sup>2</sup>	0,8	1.22
4	Освітлення доріг	580/1000 мп	2,5	1.45
5	Охоронне освітлення	600/1000 мп	2,5	1.50
6	Прожектори	13 шт	0,5	6.50

Проводимо розрахунок:

$$n = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 20100}{1500} = 12,1$$

Приймаємо 13 прожекторів для забезпечення нормативного рівня освітлення будівельного майданчика.

Висота встановлення прожекторів визначається з умови рівномірного розподілу світлового потоку на поверхні майданчика за формулою (5.2):

$$h_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}}, \quad (5.2)$$

де  $I_{\text{max}}$  – максимальна сила світла, кд.

Виконуємо розрахунок:

$$h_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{5000}{300}} = 13 \text{ м}$$

Отже, мінімальна висота встановлення прожекторів становить 13 метрів. Розташування прожекторів передбачається по периметру майданчика та поблизу зон основних робіт, з урахуванням відсутності засліплення працівників і перехресного освітлення для усунення тіней.

Живлення системи освітлення здійснюється від тимчасової електромережі будівельного майданчика через понижувальні трансформаторні підстанції

#### **5.4 Цивільний захист в будівництві**

Система цивільного захисту на сучасному етапі розвитку будівництва є невід’ємною складовою проектування, зведення та експлуатації житлових і громадських споруд. Вона спрямована на забезпечення безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій природного, техногенного або воєнного характеру. Вимоги щодо цивільного захисту встановлено ДБН В.2.2-5:2023

«Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту», який набрав чинності 10 серпня 2023 року, що визначає порядок розміщення, проектування, будівництва та експлуатації захисних споруд, зокрема бомбосховищ і протирадіаційних укриття.

Згідно із законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій», кожен новий об'єкт житлової забудови повинен мати вбудоване або прибудоване укриття для населення.

Метою впровадження таких вимог є створення системи гарантованої безпеки мешканців безпосередньо у межах житлового комплексу, що дозволяє мінімізувати ризики у випадку надзвичайних подій.

Нормативні вимоги до проектування захисних споруд

ДБН В.2.2-5:2023 регламентує, що:

Захисні споруди повинні розміщуватись у межах або безпосередній близькості до житлових будівель;

Укриття мають бути заглибленими не менше ніж на 2,0–2,5 м від рівня планувальної позначки землі та мати залізобетонне перекриття, здатне витримувати навантаження від можливих обвалів і вибухів;

Конструкції захисних споруд мають забезпечувати герметичність, стійкість до дії ударної хвилі та захист від проникаючої радіації;

Обов'язковим є облаштування систем вентиляції, водопостачання, каналізації, електропостачання та засобів зв'язку;

Укриття повинні бути забезпечені запасами питної води, медикаментів, первинних засобів пожежогасіння та аварійного освітлення.

При розробленні проекту житлової будівлі передбачаються рішення, що дозволяють поєднати технічні приміщення (підвали, паркінги) з функцією тимчасового укриття населення. Такі приміщення повинні бути адаптовані до швидкого переобладнання у разі надзвичайної ситуації – із забезпеченням вентиляції, аварійного виходу, освітлення та герметизації.

Організація робіт із забезпечення вимог цивільного захисту

Під час розроблення проєктної документації на зведення житлової будівлі інженерно-технічний персонал повинен:

- визначити тип і категорію захисної споруди, виходячи з розрахункової чисельності населення та рівня потенційної небезпеки території;
- передбачити схему евакуації мешканців до укриття, включаючи маршрути руху та вказівники;
- забезпечити автономне енергопостачання укриття – резервні джерела живлення;
- розробити інструкцію з експлуатації укриття та порядок перевірки його готовності.

Під час будівництва виконроб і технічний нагляд контролюють якість бетонних робіт, гідроізоляцію, вентиляційні канали, а також герметичність вводів комунікацій. Всі ці елементи мають бути виконані відповідно до затвердженого проєкту і перевірені під час приймання об'єкта.

Вплив вимог цивільного захисту на вартість та терміни будівництва

Впровадження норм ДБН В.2.2-5:2023 впливає на економічні та технічні параметри будівництва. Зокрема, збільшується обсяг бетонних та гідроізоляційних робіт, потреба у спеціальному вентиляційному обладнанні, а також витрати на облаштування систем життєзабезпечення укриття.

Як наслідок, вартість 1 м<sup>2</sup> житла може зрости, проте це підвищення є обґрунтованим, оскільки безпосередньо пов'язане із забезпеченням безпеки мешканців.

Точна величина додаткових витрат залежить від типу будівлі, поверховості, рівня заглиблення укриття та інженерних рішень. Після введення об'єкта в експлуатацію витрати на утримання бомбосховища включаються у структуру комунальних платежів і визначаються балансоутримувачем будинку.

Органи державного архітектурно-будівельного контролю (ДАБК) мають право відмовити у видачі сертифіката готовності, якщо проєкт не відповідає вимогам цивільного захисту.

Хоча законодавство не встановлює прямої персональної відповідальності проєктувальників або архітекторів за відсутність укриття, забудовник несе юридичну відповідальність за відповідність проєкту державним будівельним нормам.

Таким чином, об'єкт, що не відповідає вимогам цивільного захисту, не підлягає реалізації або заселенню.

Взаємозв'язок підвальних приміщень і захисних споруд.

Підвали не замінюють бомбосховища. Вони можуть використовуватись для технічних потреб або як допоміжні приміщення, проте не забезпечують рівень захисту, передбачений для укриттів цивільного захисту.

Водночас ДБН допускає поєднання функцій – коли підземний паркінг або підвал може бути пристосованим для тимчасового укриття, якщо він відповідає мінімальним вимогам до міцності, герметичності, вентиляції та має аварійні виходи.

Висновки

Організація системи цивільного захисту при зведенні житлової будівлі є обов'язковою вимогою сучасного будівельного проєктування.

Дотримання положень ДБН В.2.2-5:2023 забезпечує не лише відповідність законодавству, а й підвищення рівня безпеки мешканців.

Вбудовані або прибудовані захисні споруди стають невід'ємною частиною архітектурно-планувального рішення сучасних житлових комплексів.

Таким чином, інтеграція укриття у структуру новобудов формує новий стандарт безпеки в житловому будівництві України, де головним пріоритетом стає захист життя і здоров'я громадян навіть у надзвичайних умовах.

## РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

### 6.1 Теоретичні засади організаційної надійності

Надійність будівель традиційно визначається як здатність об'єкта виконувати задані функції протягом визначеного строку експлуатації без відмови чи небезпечних дефектів. Згідно з державними будівельними нормами, надійність є комплексною властивістю, що включає такі компоненти, як безвідмовність, довговічність, безпечність, живучість, ремонтпридатність і збережуваність.

Іншими словами, технічна надійність житлової будівлі означає, що її конструкції та системи здатні безперервно виконувати свої функції (забезпечувати безпеку, комфорт тощо) протягом усього життєвого циклу без критичних збоїв. Організаційна надійність, на відміну від суто технічної, стосується надійності процесів управління та виконання робіт на всіх етапах життєвого циклу будівництва і експлуатації будівлі. Вона характеризує спроможність організації (або сукупності учасників проєкту) досягати запланованих результатів у визначені терміни і з потрібною якістю, незважаючи на можливі ризики та невизначеності.

Фактично, організаційна надійність відображає ймовірність того, що комплекс управлінських та виробничих процесів, пов'язаних із житловою будівлею, функціонуватиме без збоїв та перевищення допустимих відхилень. Ключовим аспектом є здатність управлінських рішень інтегрувати будівельні процеси таким чином, щоб у разі непередбачених відхилень роботи могли продовжуватися без втрати ефективності.

Тобто організаційно надійна система має внутрішню стійкість: готовність до виникнення проблем і здатність ефективно реагувати на них, зберігаючи контроль над перебігом проєкту. Організаційна надійність в будівництві розглядається як один із ключових показників успішності проєкту.

Від її рівня залежить своєчасне завершення будівництва житлового об'єкта, дотримання бюджету, якість виконання робіт та безпечність експлуатації будинку (рис. 6.1).

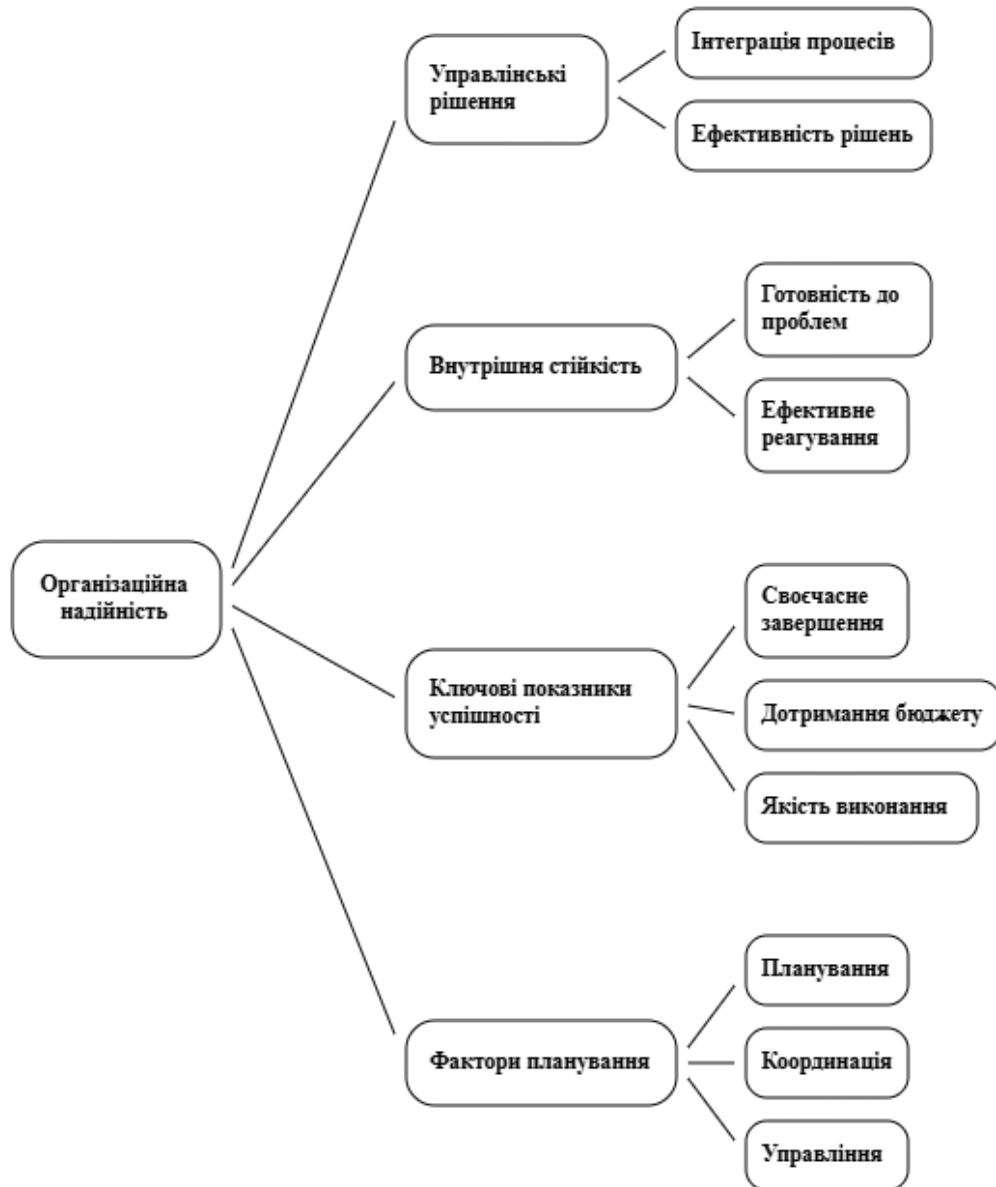


Рисунок 6.1 – Принципи забезпечення організаційної надійності будівельних проєктів

На відміну від суто технічних аспектів (наприклад, міцності конструкцій), організаційна складова охоплює фактори планування, координації та управління. Дослідники відзначають, що організаційно-технологічна надійність є багатогранним поняттям, яке включає будівельні

технології, ефективне управління проектом, дотримання норм і стандартів, кваліфікацію персоналу, якість матеріалів, доступність ресурсів тощо.

Таким чином, забезпечення високої організаційної надійності потребує комплексного підходу, який враховує всі ці аспекти. Якщо технічна надійність відповідає на запитання «чи надійно побудована будівля?», то організаційна надійність відповідає на запитання «чи надійно організований процес створення і експлуатації цієї будівлі?».

У подальших розділах розглянуто методику оцінювання цього показника на різних стадіях життєвого циклу житлових будинків, а також математичні моделі для кількісної оцінки та шляхи підвищення організаційної надійності.

## **6.2 Методика оцінювання організаційної надійності на стадіях життєвого циклу**

Життєвий цикл (ЖЦ) житлової будівлі охоплює послідовність стадій від задуму і проектування до будівництва, експлуатації та можливого виведення з експлуатації (реконструкції або демонтажу). На кожній зі стадій виникають специфічні організаційні ризики, тому методика оцінювання організаційної надійності повинна враховувати особливості кожного етапу ЖЦ.

Загальний підхід полягає у визначенні критичних факторів та показників ефективності для кожної стадії, оцінці ймовірності відмов (невиконання планових показників) і розрахунку інтегрального показника надійності для проекту в цілому.

На передінвестиційній та проектній стадії (стадії планування і проектування) закладаються основи майбутньої надійності. Важливо, щоб ще на етапі техніко-економічного обґрунтування були враховані потенційні ризики (фінансові, правові, технічні) і визначені реалістичні строки та ресурси. Організаційна надійність на цій стадії означає, що рішення щодо концепції

будівництва, вибору технологій, підрядників та графіку робіт ухвалені обґрунтовано і дозволяють запобігти зривам на наступних етапах (рис. 6.2).

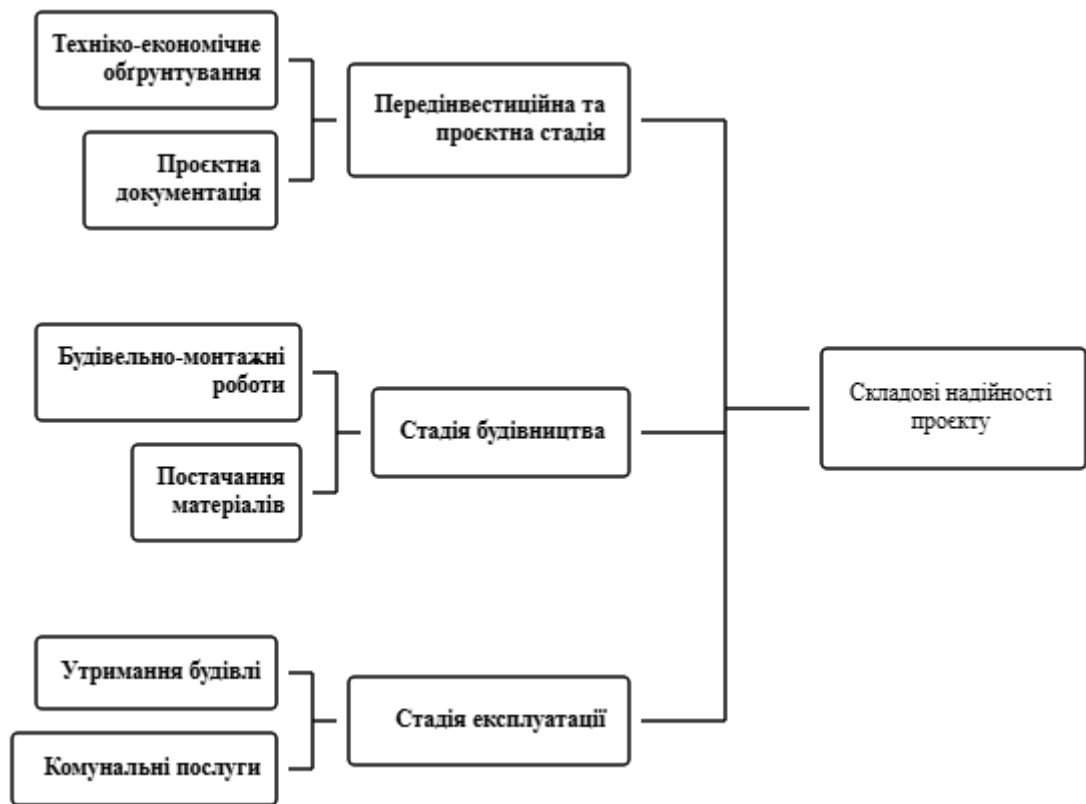


Рисунок 6.2 – Чинники, що входять до організаційної надійності проєктів в будівельній галузі

На стадії проєктування слід забезпечити високу якість проєктної документації та її відповідність будівельним нормам і стандартам.

Дотримання нормативних вимог з самого початку сприяє підвищенню надійності, оскільки проєкт, розроблений згідно з чинними стандартами, мінімізує ризик помилок і переробок під час будівництва.

До того ж, надійність організації проєктування включає погодження проєкту з усіма стейкхолдерами (інвесторами, майбутніми експлуатуючими організаціями тощо) з метою уникнення невизначеностей.

На цьому етапі доцільно оцінювати ймовірність безвідмовного проходження проєктних рішень експертиз та ефективність розробки проєкту (дотримання графіку проєктування, бюджетних лімітів на проєктні роботи).

Таким чином, критерії організаційної надійності на ранніх стадіях – це дотримання календарного плану розробки проєкту, відсутність критичних помилок у документації, узгодженість дій між учасниками планування.

На стадії будівництва основна увага приділяється надійності виконання будівельно-монтажних робіт відповідно до запланованих параметрів часу, вартості та якості. Організаційна надійність будівництва означає, що будівельний процес протікає ритмічно, без простоїв і авралів, а всі учасники (генпідрядник, субпідрядники, постачальники матеріалів) діють узгоджено. Для оцінювання цього аспекту визначають показники надійності функціонування будівельних бригад і техніки.

Надійна реалізація будівельної програми вимагає безвідмовного співфункціонування будівельних бригад і транспортно-технологічних потоків. Тому при оцінці організаційної надійності будівництва аналізують такі фактори, як: дотримання календарного графіка робіт, відсутність значних відставань; наявність резервів потужностей (техніки, робочої сили) на випадок поломок чи непередбачених ситуацій; ефективність системи постачання матеріалів (щоб уникнути простою через відсутність ресурсів); рівень забезпечення техніки технічним обслуговуванням.

Кількісно надійність процесу будівництва може оцінюватися через ймовірність того, що об'єкт буде введений в експлуатацію в запланований термін і з заданими показниками якості при наявних ресурсах.

Для цього на практиці застосовують, зокрема, імітаційне моделювання будівельного процесу, яке дозволяє врахувати стохастичний характер виконання робіт.

Наприклад, можна змоделювати роботу комплексу машин і бригад з урахуванням випадкових відмов техніки чи коливань продуктивності та оцінити ймовірність виконання всіх етапів в строк. Окрім дотримання графіка, критерієм організаційної надійності будівельно-монтажних робіт виступає рівень ризику учасників: це включає фінансові ризики підрядників

(ймовірність перевищення кошторису) та ризику замовника (ймовірність недотримання вимог до якості).

Методика оцінювання (рис. 6.3) на цій стадії повинна враховувати інтегральний показник ризику і надійності, що дає змогу кількісно порівнювати альтернативні організаційно-технологічні рішення. На стадії експлуатації житлового будинку організаційна надійність проявляється у спроможності експлуатуючої організації (ЖЕК, ОСББ чи керуюча компанія) забезпечувати належне утримання будівлі та безперебійну роботу її інженерних систем протягом усього строку служби.



Рисунок 6.3 – Обрана методологія оцінювання організаційної надійності

Тут (рис. 6.3) критеріями є: мінімізація непланових перерв у наданні комунальних послуг (електро-, тепло-, водопостачання тощо); оперативність усунення аварійних ситуацій; ефективність системи планово-попереджувального ремонту; рівень задоволеності мешканців обслуговуванням.

Оцінювання надійності на етапі експлуатації може здійснюватися шляхом аналізу статистики відмов обладнання будинку і якості сервісу: наприклад, через показник готовності систем (відношення часу працездатного стану інженерної системи до загального часу) або ймовірність безаварійної роботи протягом року.

Організаційна надійність управління будинком також включає узгодженість інтересів усіх сторін – власників квартир, обслуговуючих компаній, місцевих комунальних служб – щоб рішення щодо утримання будинку приймалися своєчасно і виконувалися належним чином.

Таким чином, методика оцінки на стадії експлуатації фокусується на моніторингу показників безвідмовності експлуатації та ефективності менеджменту (кількість і тривалість збоїв у роботі систем, час реакції на звернення мешканців, витрати на утримання тощо).

Об'єднавши результати оцінювання на всіх ключових стадіях ЖЦ, можна отримати інтегральну характеристику організаційної надійності житлової будівлі. Наприклад, якщо визначити надійність як ймовірність успішного проходження проекту через усі стадії без критичних відмов, то за умови незалежності ризиків наближено можна оцінити її як добуток показників надійності окремих стадій.

Втім, у реальних умовах стадії пов'язані (помилки на етапі проектування можуть спричинити проблеми під час будівництва, а недоліки будівництва – аварії в експлуатації). Тому методика повинна враховувати такі причинно-наслідкові зв'язки, наприклад, через введення коефіцієнтів впливу однієї стадії на іншу або через сценарний аналіз.

В результаті оцінювання розробляються підсумкові показники та висновки про рівень організаційної надійності конкретного проекту житлової будівлі, що слугують основою для ухвалення управлінських рішень щодо підвищення цього рівня (якщо він недостатній) чи щодо прийнятності поточного рівня ризиків.

### 6.3 Математичне моделювання алгоритму оцінки надійності

Математичне моделювання організаційної надійності житлової будівлі дозволяє перейти від якісних оцінок до кількісного аналізу ефективності управлінських та технологічних процесів.

З огляду на багатофакторність і стохастичний характер процесів проєктування та будівництва, доцільним є використання системного підходу, у межах якого надійність розглядається як властивість складної системи з багатьма взаємопов'язаними підсистемами.

Нехай життєвий цикл об'єкта містить  $n$  етапів (підсистем), для кожного з яких визначається:

$P_i$  – імовірність безвідмовного виконання робіт на  $i$ -му етапі;

$A_i$  – коефіцієнт ефективності (виконання завдання з потрібною якістю  $i$  в межах плану);

$w_i$  – ваговий коефіцієнт важливості етапу;

$\rho_{ij}$  – коефіцієнт взаємного впливу (кореляції ризиків) між етапами  $i$  та  $j$ ;

$t_i$  – плановий час виконання робіт на етапі  $i$ ;

$k_i$  – коефіцієнт часової стійкості процесу.

Інтегральний показник організаційної надійності життєвого циклу об'єкта пропонується розраховувати за формулою (6.1):

$$R_{\text{орг}} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i P_i A_i k_{t_i}}{\sum_{i=1}^n w_i} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \rho_{ij} (1 - P_i P_j) \right] \quad (6.1)$$

де перша частина формули – середньозважений рівень безвідмовності та ефективності по етапах;

друга частина (у квадратних дужках) – поправка на взаємозалежність ризиків, що зменшує результат при корельованих відмовах (наприклад, помилка у проєкті  $\rightarrow$  затримка будівництва).

Часовий фактор враховується за допомогою коефіцієнта  $k_{ti}$  (6.2):

$$k_{ti} = 1 - \alpha \left( \frac{\Delta t_i}{t_i} \right), \quad (6.2)$$

де  $\Delta t_i$  – перевищення фактичної тривалості етапу над плановою;

$\alpha \in [0,1]$  – чутливість моделі до відхилень у часі (залежить від пріоритетів управління).

Наприклад, при  $\alpha = 0,5$  перевищення строків на 20% знижує часову надійність етапу на 10%.

### 6.3.1 Етапи алгоритму оцінки

Крок 1. Ідентифікація етапів життєвого циклу та ключових процесів. Визначаються підсистеми (наприклад: проектування, погодження, будівництво, введення в експлуатацію), складові роботи та відповідальні сторони.

Крок 2. Збір вихідних даних. Формуються статистичні або експертні значення  $P_i$ ,  $A_i$ ,  $t_i$ ,  $\Delta t_i$ ,  $p_{ij}$ ,  $w_i$ .

Крок 3. Розрахунок часткових показників. Для кожного етапу обчислюються (6.3):

$$R_i = P_i \times A_i \times k_{ti} \quad (6.2)$$

Крок 4. Облік взаємозалежності процесів. Визначаються кореляції ризиків між етапами  $p_{ij}$  (наприклад, із матриці впливів). Коригується інтегральна надійність за формулою з поправкою на взаємозв'язки.

Крок 5. Аналіз результатів. Отримане значення  $R_{орг}$  порівнюється з нормативними або цільовими показниками. Якщо  $R_{орг} < R_{кр}$  (критичного рівня), проводиться структурний аналіз відмов.

Крок 6. Оптимізація. Коригуються параметри управління (збільшення резервів часу, зміна постачальників, розподіл ресурсів), далі виконується повторний розрахунок до досягнення прийнятного рівня  $R_{орг}$ .

Для складних об'єктів (багатоетапне будівництво, кілька підрядників) доцільно застосовувати метод *Monte Carlo Simulation*. Сценарії будівельного процесу програються багаторазово (тисячі ітерацій) із випадковими варіаціями параметрів  $P_i$ ,  $t_i$ , щоб визначити розподіл результатів і ймовірність успішного завершення проєкту. Наведена методологія дозволяє не лише обчислити середнє значення  $R_{орг}$ , але й оцінити дисперсію – тобто стабільність організаційної системи.

Візуалізація наведеної методології наведена в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Схематична інтерпретація розробленої методології

Етап життєвого циклу	$P_i$	$A_i$	$k_t$	$w_i$	$R_i$	Вплив на суміжні процеси
Проектування	0.95	0.9	0.98	0.4	0.84	сильний (до будівництва)
Будівництво	0.9	0.85	0.95	0.5	0.73	середній (до експлуатації)
Експлуатація	0.98	0.9	1.0	0.1	0.88	низький

У цьому прикладі після урахування взаємних впливів  $r_{ij} = 0,3-0,5$ , інтегральна надійність  $R_{орг} \approx 0.79$ , що є прийнятним для складних проєктів (вимога  $\geq 0.75$ ).

Алгоритм може бути реалізований у вигляді підпрограми в системах управління будівництвом або в BIM-середовищі (наприклад, Autodesk Revit + Dynamo, Navisworks, Primavera P6). Інтеграція моделі дозволяє автоматично оновлювати параметри надійності при зміні графіка чи складу виконавців. Таким чином, модель стає адаптивною системою управління надійністю – частиною цифрового двійника житлового об'єкта.

## 6.4 Облік взаємозалежності процесів

У складних проектах різні процеси рідко бувають абсолютно незалежними. Існують причинно-наслідкові зв'язки та спільні чинники, через які ризики окремих етапів корелюють між собою. Дослідження в галузі управління проектами відзначають, що кореляція між елементами проекту є одним з найменш врахованих факторів ризику; ігнорування взаємозв'язків між завданнями може призвести до недооцінки сукупного ризику строків та витрат.

Тому для точнішого моделювання вводяться коефіцієнти кореляції ризиків  $i_j$  які кількісно характеризують ступінь взаємозв'язку між процесами  $i$  та  $j$ . Значення  $i_j$  визначається в інтервалі  $[-1; +1]$ :

позитивне значення вказує на пряму залежність ризиків (при  $i_j > 0$  відмова або затримка процесу  $i$  підвищує ймовірність проблем у процесі  $j$ );

при  $i_j = 0$  відповідає незалежності (відсутності статистичного зв'язку);

а негативне  $i_j < 0$  означає обернену залежність (при збоях  $i$  інший процес  $j$  навіть менш імовірно зазнає відмови, що на практиці трапляється рідко).

Таким чином, кореляційні коефіцієнти ризику відображають спільний вплив факторів та взаємодію між подіями: наприклад, загальні ресурси або спільні причини збоїв призводять до  $i_j > 0$  тоді як повна автономність процесів дає  $i_j = 0$ .

Оцінити кореляцію між процесами можна декількома підходами.

Перший – метод експертної оцінки, коли фахівці напряму призначають очікуваний рівень залежності між парою процесів (наприклад, «висока» кореляція  $\sim 0,7-0,8$ ; «середня»  $\sim 0,3-0,5$ ; низька  $\sim 0-0,2$ ).

Фахівці будівельної галузі враховують наявні логічні зв'язки: послідовність робіт (процес-«наступник» залежить від процесу-попередника), спільні ресурси чи персонал, взаємний вплив через технологічні вимоги тощо.

Другий підхід – через побудову матриці впливів: складається таблиця для  $n$  процесів, в якій на перетині  $i, j$  експерт (або аналітик) оцінює силу впливу відмови процесу  $i$  на виконання процесу  $j$ .

Оцінки можуть задаватися в балах (наприклад, 0 – відсутній вплив; 1 – слабкий; 2 – помірний; 3 – сильний) чи у відсотках. На основі цієї матриці впливів далі обчислюються коефіцієнти  $i_j$  – наприклад, шляхом нормалізації бальних оцінок або використання статистичних коефіцієнтів, якщо є дані про фактичну спільну варіацію параметрів.

Третій можливий підхід – розрахунок індексів взаємозалежності. В цьому разі для кожної пари процесів намагаються формально вивести показник взаємозв'язку, враховуючи об'єктивні перетини: спільні ресурси (частка спільних ресурсів у кожного процесу), спільні події (наприклад, один і той самий ризиковий фактор впливає на обидва процеси), належність до одного ланцюжка робіт тощо.

Отримані індекси масштабуються в діапазон від 0 до 1 і інтерпретуються як коефіцієнти кореляції. У випадку наявності достатнього обсягу статистичних даних по проектах,  $i_j$  можуть бути оцінені і класичним статистичним шляхом – через вибіркового коефіцієнт кореляції між, наприклад, тривалостями виконання процесів  $i$  та  $j$  чи між фактом виникнення відмов (бінарні події) в цих процесах.

Проте в практиці організаційного моделювання будівництва статистичних даних часто недостатньо, тому найчастіше використовують експертні та аналітичні (матричні) методи.

Вплив взаємозв'язків на інтегральну надійність. Урахування кореляцій між процесами приводить до зміни розрахунку сукупної ймовірності безвідмовної роботи системи. Якщо раніше (за припущення незалежності) інтегральна надійність могла оцінюватися, наприклад, як зважена сума чи добуток окремих  $P_i$ , то тепер необхідно врахувати спільні ймовірності відмов.

Якісно ефект проявляється в тому, що позитивна кореляція ризиків зменшує загальну надійність: коли процеси «схильні» відмовляти разом,

ймовірність одночасного успішного виконання всіх з них стає нижчою, ніж у випадку незалежності. Навіть при високих індивідуальних  $P_i$ , сильна залежність між етапами може означати, що збій одного спричинить зрив іншого, і таким чином система в цілому відмовить.

З математичної точки зору, для двох процесів виконується:

$$P_{\text{обидва безвідмовні}} = P_i \times P_j \text{ лише при } r_{ij} = 0.$$

Якщо  $r_{ij} > 0$ , тоді  $P_{\text{обидва безвідмовні}} = P_i \times P_j$ , а різниця залежить від величини  $r_{ij}$  (та відповідних дисперсій). У загальному випадку для  $n$  залежних процесів формула інтегральної надійності включає члени коваріації між усіма парними комбінаціями процесів.

Таким чином, у присутності додатної кореляції розрахункова крива розподілу надійності «розширюється» – зростає невизначеність результату, що еквівалентно потребі більших резервів часу чи ресурсів для досягнення заданого рівня успіху проекту

І навпаки, у випадку гіпотетичної від'ємної кореляції деяке взаємне компенсування ризиків могло б підвищити інтегральну надійність порівняно з незалежним випадком. У реальних умовах будівництва негативна залежність зустрічається вкрай рідко, тому основний вплив мають саме позитивні  $r_{ij}$ , які знижують підсумкову надійність системи. Врахування цих факторів у моделі дозволяє уникнути надто оптимістичної оцінки надійності проекту.

Умовна блок-схема оцінки залежностей: нижче наведено послідовність етапів урахування взаємозв'язків у моделі (описово).

Виявлення взаємозалежностей. На основі аналізу технологічної послідовності робіт і організаційної структури проекту визначаються пари процесів, між якими можливий вплив (ресурсний, інформаційний, технологічний або часовий). Будується початкова діаграма або перелік зв'язків між процесами (наприклад, мережевий графік проекту).

Оцінка впливів (матриця впливів). Для кожної пари взаємопов'язаних процесів  $i, j$  експерти оцінюють силу та характер впливу одного процесу на інший. Ці оцінки заносяться в матрицю впливів. Можливе використання

шкали балів або категорій (низький, середній, високий вплив). На цьому кроці якісні взаємозв'язки переводяться в кількісні оцінки.

Розрахунок коефіцієнтів кореляції  $i_j$ . На основі матриці впливів та/або додаткових даних виконується обчислення кореляційних коефіцієнтів для кожної пари процесів. Якщо використовувалась бальна шкала, її значення нормалізуються до діапазону 0–1. Може використовуватися припущення симетричності впливів  $i_j = j_i$  оскільки кореляція є взаємною.

Результатом є матриця коефіцієнтів  $i_j \times n$ , що характеризує структуру залежностей у системі.

В алгоритми розрахунку інтегральної надійності впроваджуються отримані значення  $i_j$ . Це може бути здійснено аналітично – шляхом додавання в формули членів, що враховують коваріації між процесами, – або імітаційно, шляхом моделювання (наприклад, методом Монте-Карло) з урахуванням заданої кореляційної матриці. На цьому етапі переглядається загальна ймовірність успішного завершення проекту з урахуванням взаємозв'язків.

Отримані значення інтегральної надійності інтерпретуються: оцінюється, які взаємозалежності найбільше впливають на надійність, які процеси є «критичними зв'язками» через високу кореляцію ризиків. За необхідності може бути проведене коригування плану проекту (наприклад, введення резервів на найбільш залежні етапи) або уточнення вагових коефіцієнтів  $w_i$  з урахуванням ефекту залежностей. Модель організаційної надійності таким чином доводиться до більш адекватного відображення реальної системи, де процеси взаємопов'язані.

Урахування кореляції ризиків доповнює базову модель і забезпечує більш надійну оцінку загальної надійності житлового будівництва, що дозволяє краще прогнозувати поведінку проекту за несприятливих умов та обґрунтовано приймати рішення щодо резервів часу, ресурсів і заходів підвищення надійності.

## ВИСНОВКИ

1. У межах дипломного проєкту будівництва 17-поверхової житлової будівлі в Київському регіоні розроблено всі основні розділи – архітектурний, конструктивний, організаційно-технологічний, економічний, охорони праці та науково-дослідницький. Проєкт має інтегрований характер і передбачає реалізацію системного підходу до проєктування, зведення та управління будівництвом багатопверхових житлових об'єктів. Науково-дослідницький розділ спрямовано на підвищення організаційної надійності будівельного виробництва на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

2. Розроблено методологічний підхід до забезпечення організаційної надійності під час зведення житлових будівель, що базується на оцінюванні ключових показників надійності будівельних процесів, визначенні вагових коефіцієнтів за критичністю етапів, урахуванні часових відхилень і кореляцій ризиків між процесами. Запропонована методика дозволяє комплексно аналізувати взаємозв'язки між технологічними, ресурсними та організаційними параметрами, забезпечуючи стабільність виконання календарного плану й підвищення передбачуваності результатів проєкту.

3. Виконано математичне моделювання процесів організаційної надійності для етапів проєктування та будівництва житлової будівлі. Модель базується на розрахунку інтегрального показника організаційної надійності, який враховує ймовірність безвідмовного виконання кожного процесу, ефективність його реалізації, вагу в загальній структурі робіт і ступінь взаємозалежності між етапами. Розрахунок проводився шляхом визначення часткових коефіцієнтів надійності та їх подальшої агрегації з урахуванням впливу кореляцій ризиків.

Результати моделювання показали, що застосування такої методики дозволяє ідентифікувати критичні процеси, визначити оптимальні резерви часу й ресурсів, а також підвищити стійкість календарного плану до зовнішніх відхилень. Практична реалізація моделі сприяє покращенню управління

ризиками та ефективнішому використанню трудових і технічних ресурсів у процесі будівництва.

4. Отримані результати підтвердили доцільність впровадження математично обґрунтованої методології оцінювання організаційної надійності у практику проєктування та управління будівництвом житлових об'єктів. Використання цього підходу дозволяє підвищити ефективність планування, забезпечити стабільність темпів виконання робіт, мінімізувати невикористані прості та перевитрати ресурсів. Запропонована система оцінки організаційної надійності може бути основою для подальших досліджень у сфері адаптивного управління будівельними процесами та розробки цифрових моделей прогнозування ризиків. Її застосування створює умови для формування більш стійких, керованих і економічно збалансованих будівельних проєктів у сучасній практиці житлового будівництва.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ Б А.2.4-6:2009 Правила виконання робочої документації генеральних планів, – 30с.
2. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», К.: Мінрегіон України, 2017, – 47с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Чинний від 01.11.2011], 80с. (Інформація та документація).
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 01.09.2022]. Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП «ДНДІБК»), 23с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Чинний від 01.03.2023]. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 60с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT)
7. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності) [Чинний від 01.12.2019]. Технічний комітет стандартизації «Експертиза містобудівної та проектної документації на будівництво» (ТК 319), 19с. (Інформація та документація).
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» (для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 – «Промислове та цивільне будівництво») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова; уклад.: Є. С. Сєдишев. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2013. – 50 с.
9. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011, 71с.

10. Методичні вказівки до виконання з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції». Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 35 с.

11. Конспект лекцій з курсу «Проектування залізобетонних конструкцій» (для студентів 4 і 5 курсів всіх форм навчання напряму підготовки 6.060101 / Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева; Харків. НУ міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 105с.

12. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови, 28с.

13. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

14. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник / А. М. Дорош. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 255 с.

15. Система проектної документації для будівництва. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 1 січня 2007]. – К. : Держстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національні стандарти України).

16. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва, 62с.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.

18. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарних будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови (ГОСТ 23407-78, MOD), К.: Мінрегіон України, 2012. – 12с.

19. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва, 57с.

20. Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.

21. Залізобетонні конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів напряму підготовки 6.060101 Будівництво/ В.Є. Волкова. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2013. – 25 с
22. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, 131 с.
23. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги, К.: Держбуд України, 2012. – 14с.
24. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», К.: Мінрегіон України, 2018. – 137с.
25. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)», К.: Мінрегіон України, 2012. – 31с.
26. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», К.: Держбуд України, 2012. – 202с.
27. Конспект лекцій з курсу «Безпека праці в будівництві». Заїченко В. І. 2014 – 97с.
28. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Термини и визначення основних понять», Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та
29. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи: ДБН В.1.2-2:2006.
30. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків», ДП «УкрНДНЦ», 2016, 110 с.
31. Гребінчук О. М. Оптимізація ключових параметрів потокового виробництва при оперативному-календарному плануванні на машинобудівному підприємстві //Економіка та держава. – 2010. – №. 5. – С. 50-53.
32. Безугла Г. Є., Чоломбитько Д. В. Застосування методів математичного моделювання для оптимізації навантаження на робітників підприємства //Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – 2021. – С. 25-28.

33. Чечель М.В., Герасименко І.О., Познанський Д.В., Кушнір Д.Р. / Оптимізація розробки проєктної документації за допомогою технології BIM // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, вип. №45 (2024), С. 448-458.

34. Тюріна, Н. ., Назарчук, Т. ., & Бакай, А. . (2023). Управління конкурентоспроможністю будівельних організацій. *Innovation and Sustainability*, (1), 213–221. <https://doi.org/10.31649/ins.2023.1.213.221>

35. Kravchunovska, T.S. & Dihtiar, K.V.. (2025). Organisation of residential construction based on the principles of sustainable development. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*. 119-126. [10.30838/UJCEA.2312.270425.119.1182](https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.119.1182).

36. Малихін, М. (2024). Переналаштування змісту підготовки проєктів девелопменту на успішну реалізацію в умовах цифрового суспільства та цифрової економіки. *Будівельне виробництво*, (77), 74-84. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.74-84>

37. Арутюнян І.А., Васецький В.В., Журавель М.В., Шевчук Л.І. Інноваційні інструменти для удосконалення організації будівельних процесів в умовах російської агресії // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2025. № 27. С. 12–19. DOI: 10.15802/bttrp2025/331433.

38. Редкін О.В., Пальцун О.В. Організація та управління процесами завершення будівельних проєктів і переходом до періоду їх експлуатації // *Збірник наукових праць Галузеве машинобудування будівництво*. 2017. Вип. 1(46). С. 302–308.

39. Pavlov I.D., Poltavets M.O., Pavlov F.I. Системне управління організаційно-технологічною надійністю виробничих процесів в будівництві // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2020. № 17. С. 53–61. <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/205011> .

40. Лялюк О.Г., Осипенко Р.С., Мельник Д.О. Системи підтримки прийняття рішень в будівельних проєктах на основі мереж Байеса // *СучТехнБудів*. 2024. Вип. 36, Вип. 1. С. 96–102.