

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 ПРОЄКТУВАННЯ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ ЖИТЛОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З  
БУДОВАНИМИ ОФІСНИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ В М. КИЇВ.  
DESIGN OF A HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDING WITH BUILT-IN OFFICE  
SPACE IN KYIV

Виконав: студент ІІ курсу, групи БАД-114м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

МЕНДАК А. Г.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник БОБРАКОВ А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ЖВАН В.Д.

(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**

МЕНДАК Артем Геннадійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проектування висотної будівлі житлового призначення з вбудованими офісними приміщеннями в м. Київ. Design of a high-rise residential building with built-in office space in Kyiv

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент БОБРАКОВ Анатолій Анатолійович  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « \_\_\_\_\_ » квітня 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. Охорона праці та цивільна безпека. 5. 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	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	ЯКІМЦОВ Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	БОБРАКОВ А.А., 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 технологічної частини роботи	7 тиждень	Розділ 3
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	8 тиждень	Розділ 4
7	Виконання науково-дослідної частини	9-10 тиждень	Розділ 5
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 )

Артем МЕНДАК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_

( підпис )

Анатолій БОБРАКОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра: 103 с., 13 табл., 26 рис., 39 джерел.

**ВІМ-МОДЕЛЮВАННЯ, REVIT, ТРУДОВИТРАТИ, САД-ПРОЄКТУВАННЯ, ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА, ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА**

**Структура та обсяг роботи.** Робота є науковим дослідженням, присвяченим аналізу впровадження ВІМ-технологій у процес проектування та розроблення архітектурно-конструктивної документації багатоповерхової житлової будівлі. У дослідницькому розділі розглянуто теоретичні засади ВІМ-підходу, його відмінність від традиційних методів проектування та функціональні можливості програмного комплексу Autodesk Revit при моделюванні будівельних об'єктів. Робота структурована у шість розділів: архітектурно-будівельний, розрахунково-конструкторський, організаційно-технологічний, економічний, охорони праці та науково-дослідницький.

**Методи дослідження** – порівняльний аналіз, аналітичні та графо-комп'ютерні методи, часові вимірювання трудовитрат, системне дослідження функцій ВІМ-інструментарію та експериментальне моделювання архітектурних і конструктивних рішень у середовищі Revit.

**Об'єкт дослідження** – багатоповерхова житлова будівля в місті Київ з вбудованими офісними приміщеннями.

**Предмет дослідження** – Методи та інструменти ВІМ-моделювання, що впливають на формування архітектурно-конструктивної документації та трудовитрати при проектуванні в Autodesk Revit.

**Актуальність теми** зумовлена зростаючою потребою будівельної галузі у впровадженні цифрових технологій, що забезпечують підвищення точності проєктних рішень, скорочення трудовитрат і підвищення ефективності формування архітектурно-конструктивної документації.

## ABSTRACT

**Explanatory note to the master's thesis:** 103 pages, 13 tables, 26 figures, 39 sources.

BIM MODELING, REVIT, LABOR INTENSITY, CAD DESIGN,  
CONSTRUCTION DIGITALIZATION, CONSTRUCTION MANAGEMENT

**Structure and Scope of Work.** The work is a scientific study devoted to the analysis of BIM technology implementation in the design process and in the development of architectural and structural documentation for a multi-storey residential building. The research section examines the theoretical foundations of the BIM approach, its differences from traditional design methods, and the functional capabilities of the Autodesk Revit software for building modeling. The work is structured into six chapters: architectural and building solutions, structural calculations, organizational and technological solutions, economic assessment, occupational safety, and the research chapter.

**Research Methods.** Comparative analysis, analytical and graphical-computational methods, time measurements of labor intensity, systematic examination of BIM-tool functionality, and experimental modeling of architectural and structural solutions in the Revit environment.

**Object of research:** a multi-storey residential building in Kyiv with integrated office premises.

**Subject of research:** Methods and tools of BIM modeling that influence the development of architectural and structural documentation and the labor intensity of design work in Autodesk Revit.

Relevance of the topic is determined by the growing need of the construction industry for digital technologies that ensure higher accuracy of design solutions, reduce labor intensity, and increase the efficiency of producing architectural and structural documentation.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....	9
1.1 Інформація щодо території будівництва.....	9
1.2 Озеленення та протипожежні заходи.....	10
1.3 Об'ємно-планувальні рішення.....	12
1.4 Конструктивні рішення.....	14
1.5 Інженерне обладнання.....	14
1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.....	16
1.7 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі.....	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	23
2.1 Розрахунок монолітного каркасу будівлі.....	23
2.1.1 Загальна інформація.....	23
2.1.2 Збір навантажень.....	23
2.1.3 Створення розрахункової моделі у системі SCAD.....	28
2.1.4 Оцінка прогину плити перекриття.....	34
2.1.5 Визначаємо зусилля в елементах схеми.....	35
2.1.6 Армування перекриття.....	37
2.1.7 Перевірку шляхом ручного розрахунку по нормальному перерізу..	41
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	46
3.1 Розробка технологічної карти на зведення типового поверху.....	46
3.2 Методологія виконання робіт.....	48
3.3 Вибір крану для виконання БМР.....	49
3.4 Календарне планування будівництва.....	52
3.5 Розробка будівельного генерального плану.....	53
3.5.1 Визначення площі складів.....	54
3.5.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд.....	55
3.5.3 Розрахунок водопостачання буд. майданчику.....	57
3.5.4 Визначення потреби в електропостачанні.....	60

	7
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ .....	63
4.1 Охорона праці під час виконання опалубних і бетонних робіт .....	63
4.2 Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та порядок їх видачі	65
4.3 Захист навколишнього середовища при виконання будівництва в контексті урбанізації.....	67
4.4 Порядок юридичних дій при нещасному випадку .....	70
РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	72
5.1 Теоретичні основи BIM-моделювання та технологій Autodesk Revit .....	72
5.1.1 Сутність BIM-підходу та його відмінності від традиційного проектування .....	72
5.1.2 Функціональні можливості Autodesk Revit для архітектурно-конструктивного моделювання .....	74
5.2 Методика оцінювання впливу BIM-моделювання на трудовитрати .....	79
5.2.1 Вибір об'єкта та обсягу архітектурно-конструктивної документації для порівняння .....	79
5.2.2 Порівняння трудовитрат при традиційному CAD-проектванні та роботі в Revit.....	81
5.2.3 Інструменти Revit, які безпосередньо впливають на скорочення трудомісткості .....	84
5.3 Реалізація фрагмента архітектурно-конструктивної документації в Autodesk Revit.....	88
5.3.1 Вимірювання трудовитрат та аналіз отриманого ефекту.....	93
5.3.2 Узагальнення результатів, висновки щодо доцільності впровадження BIM-моделювання.....	96
ВИСНОВКИ .....	99
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	100

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується активною цифровізацією, що зумовлює впровадження нових технологій у процеси проєктування, моделювання та організації будівництва.

На відміну від традиційного САД-проєктування, BIM-технології дозволяють інтегрувати геометричні, технічні й експлуатаційні характеристики будівлі в єдиному інформаційному середовищі, що істотно підвищує точність і узгодженість даних.

Особливого значення набуває оцінювання трудовитрат у процесі створення архітектурно-конструктивної документації, оскільки саме трудомісткість формує значну частку часу та вартості проєктних робіт.

Порівняння традиційних підходів із можливостями BIM-моделювання дозволяє визначити реальний ефект цифрових технологій, зокрема інструментів Autodesk Revit, у контексті оптимізації виробничих процесів, зменшення кількості рутинних операцій та підвищення ефективності взаємодії між учасниками проєкту.

Дослідження базується на аналізі функціональних можливостей BIM-систем, вивченні специфіки виконання робіт у Revit, потенціалу автоматизованого формування специфікацій, креслень і параметричних сімейств, а також на експериментальному порівнянні трудових витрат при виконанні однакових фрагментів документації у BIM та САД.

Отримані результати мають практичну значущість для проєктних організацій, оскільки дозволяють обґрунтовано оцінювати переваги цифрового підходу та визначати доцільність його широкого впровадження в будівельну практику. У цьому контексті дослідження є актуальним і спрямованим на удосконалення підходів до проєктної діяльності, підвищення ефективності роботи інженерів та формування сучасних стандартів організації будівельного виробництва.

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

### 1.1 Інформація щодо території будівництва

Завдання проєкту. Розробити об'ємно-планувальне рішення, залізобетонні конструкції та технологію зведення багатопверхового житлового будинку з вбудованими адміністративними приміщеннями у м. Київ.

Вихідні дані для проєктування (м. Київ, актуальні нормативи).

– Нормативний швидкісний тиск вітру для району Києва:  $q_0 = 0,38$  кПа (вітровий район за ДБН В.1.2-2; у практиці проєктів Київської обл. приймають 0,38 кПа).

– Нормативне снігове навантаження:  $s_0 \approx 1,50-1,53$  кПа (характеристичне значення для Києва та Київської обл.; застосовується при розрахунках конструкцій).

– Розрахункова температура зовнішнього повітря в опалювальний період:  $t_{оп} = -22$  °С (за ДСТУ-Н Б В.1.1-27; приймається у завданнях та містобудівній документації Київської обл.).

– Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів:  $d_0 \approx 1,10$  м (для м. Київ та Київської обл.).

– Сейсмічність району: до 5 балів;

– Архітектурно-будівельний кліматичний район: I (Центральний лісостеп); вологісна зона – нормальна (згідно з будівельно-кліматичним районуванням).

– Майданчик будівництва: м. Київ,

– Генплан та взаємне розміщення будівель вирішуються у взаємозв'язку з існуючою забудовою, з урахуванням технологічних вимог виробництва, будівельних, санітарних та протипожежних норм.

– Для житлового будинку з адміністративними приміщеннями передбачаються відкриті автостоянки на  $\approx 40$  легкових авто та підземний паркінг на  $\approx 80$  авто; проїзди і тротуари забезпечують транспортний і

пішохідний зв'язок; електропостачання – від проєктованої чи існуючої КТП відповідного класу напруги й потужності (уточнюється завданням та схемами мереж).

## **1.2 Озеленення та протипожежні заходи**

Озеленення та благоустрій формують безпечне і комфортне середовище двору в Києві. Уздовж фасадів передбачаються тротуари для транзитного руху пішоходів, на прибудинковій території встановлюються лави та урни, у нічний час територія освітлюється світильниками з рівномірним розподілом світла без сліплення мешканців.

У місцях порушення природного ґрунтового покриву влаштовуються газони й квітники; частка зелених насаджень і рекреаційних зон має відповідати вимогам будівельно-кліматичного та містобудівного районування, із урахуванням оновлених положень ДБН Б.2.2-12:2019 і Зміни №1 щодо ландшафтно-рекреаційних об'єктів у межах мікрорайону.

На прибудинковій території розміщуються майданчики різного призначення з дотриманням санітарних відстаней до вікон житлових кімнат, без перетину з транспортними потоками і зонами роботи спецтехніки: два дитячі майданчики для молодшого віку загальною площею 338,3 м<sup>2</sup>, майданчик для занять фізкультурою площею 539,6 м<sup>2</sup>, баскетбольний майданчик 215,16 м<sup>2</sup>.

Покриття – травмобезпечні, водопроникні або з ухилами до лінійного водовідведення; озеленення виконується групами дерев і чагарників з урахуванням інсоляції, вітрових коридорів і мінімальної конфліктності з інженерними мережами. Вибір елементів малої архітектурної форми та освітлення узгоджується з вимогами доступності та безбар'єрності.

Загальні ТЕП генплану наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – ТЕП генерального плану

Поз.	Найменування	Од. вим.	Кільк.
1	Площа території	м <sup>2</sup>	8033
2	Площа забудови	м <sup>2</sup>	2296
3	Площа доріг, проїздів, відкритих парковок	м <sup>2</sup>	2329
4	Площа пішохідних доріг	м <sup>2</sup>	1857
5	Площа озеленення	м <sup>2</sup>	2966

Протипожежні рішення приймаються відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та профільних норм для житлових будинків ДБН В.2.2-15:2019.

Забезпечуються необхідний ступінь вогнестійкості, межі поширення вогню, протидимний захист, нормативні шляхи евакуації та кількість евакуаційних виходів; параметри шляхів евакуації, незадимлюваних сходових кліток, ліфтових холів і вузлів доступу для пожежно-рятувальних підрозділів приймаються за ДБН В.1.1-7:2016.

Зовнішнє та внутрішнє протипожежне водопостачання проектується з урахуванням кількості одночасних струменів та витрати води для житлової забудови; пожежні гідранти розміщуються на кільцюваній мережі з дотриманням нормативних відстаней до проїздів і фасадів, а внутрішній водопровід пожежогасіння – за вимогами щодо діаметрів стояків, кранів і витрати в найвіддаленіших точках.

Вимоги до систем протипожежного захисту (сповіщення, управління евакуюванням, протидимного захисту, автоматичного пожежогасіння – за призначенням приміщень) приймаються за ДБН В.2.5-56:2014 та чинними редакціями розділів щодо інженерних систем і внутрішнього водопроводу.

Проїзди для пожежної техніки забезпечують під'їзд уздовж фасадів із доступом до входів у під'їзди та до пожежних вододжерел; габарити проїздів, радіуси поворотів, вільний простір під виступами та висота перешкод приймаються відповідно до вимог пожежної безпеки для житлових будинків.

Двері сходових кліток виконуються з ущільненням у притворах і пристроями самозачинення; у ліфтовому господарстві передбачено режим «перевезення пожежних підрозділів», а інженерні системи будівлі інтегруються з системами протипожежного захисту для автоматичного відключення вентиляції, димовидалення і оповіщення в разі пожежі.

### **1.3 Об'ємно-планувальні рішення**

Будівля спроектована відповідно до чинних будівельних норм, правил і державних стандартів, що регламентують вимоги до проектування житлових і громадських споруд, конструкцій, інженерного обладнання, пожежної безпеки та енергоефективності.

Об'єкт є 25-поверховим будинком, з яких 24 поверхи – житлові, а один поверх призначений для адміністративних приміщень. Будівля має підвал і технічний поверх, що опалюється.

Габаритні розміри в осях у плані становлять 29,1×27,3 м. Конструктивна схема – монолітно-каркасна, з самонесучими зовнішніми стінами. У будівлі передбачено чотири ліфти, ліфтовий хол, поверхові холи, а також дві незадимлювані сходові клітки, які забезпечують безпечну евакуацію мешканців у разі пожежі або аварійної ситуації.

На цокольному поверсі розміщено технічні приміщення, що забезпечують функціонування інженерних систем будівлі. На першому поверсі передбачено сім вбудованих приміщень адміністративного призначення, венткамеру, технічне приміщення, кімнату охорони, основний вхідний хол, ліфтовий хол, колясочну, електрощитову та сміттекамеру. Таке функціональне зонування дозволяє розмежувати громадські й житлові потоки та забезпечує зручність експлуатації.

Типовий житловий поверх містить п'ять квартир різного планувального типу: дві двокімнатні, одну трикімнатну і дві чотирикімнатні. Архітектурне рішення фасаду забезпечує достатній рівень природної інсоляції

всіх квартир. Навіть квартири, вікна яких орієнтовані на північ, отримують пряме сонячне освітлення тривалістю не менше 2,5 годин у розрахунковий період, що відповідає вимогам ДБН В.2.2-15:2019. Вікна інших квартир орієнтовані на захід і північ, схід і північ, південь і схід, південь і захід, що забезпечує рівномірне природне освітлення протягом доби.

Зовнішні огорожувальні конструкції є самонесучими. Їх конструкція включає внутрішню версту цегляної кладки товщиною 250 мм із повнотілої цегли пластичного пресування щільністю  $1,8 \text{ т/м}^3$ , по верхній поверхні якої влаштована каучукова прокладка для запобігання передаванню навантажень від вищерозташованих конструкцій.

Зовнішня кладка утеплюється плитами ROCKWOOL товщиною 110 мм із теплопровідністю  $0,035 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , щільністю верхнього шару  $90 \text{ кг/м}^3$  і нижнього –  $45 \text{ кг/м}^3$  за теплотехнічним розрахунком огорожувальних конструкцій. Зовнішнє оздоблення виконано навісними алюмінієвими плитками товщиною 8 мм білого та помаранчевого кольору, змонтованими на підсистему кляммерного типу з вентиляльованим зазором 50 мм. Вікна – трикамерні, з ПВХ-профілю заводського виготовлення, із енергозберігаючими склопакетами.

Міжквартирні перегородки виконано з газобетонних блоків товщиною 300 мм, що забезпечує необхідні показники звукоізоляції. Внутрішні перегородки квартир виконані з гіпсових пазогребневих плит товщиною 120 мм, щільністю  $1,0 \text{ т/м}^3$ . Внутрішнє оздоблення стін передбачає покращене оштукатурювання під подальше обклеювання шпалерами або фарбування.

Конструкція підлог у житлових приміщеннях включає звукоізоляційний шар ROCKWOOL товщиною 40 мм, поліетиленову плівку товщиною 150 мкм як гідроізоляційний прошарок, а також цементно-піщану стяжку марки М150 товщиною 60 мм, що створює рівну основу під чистове покриття.

Конструкція покрівлі передбачає пароізоляцію з одного шару руберойду на бітумній мастиці, утеплювач ROCKWOOL товщиною 150 мм із теплопровідністю  $\lambda = 0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , шар геотекстилю, шар керамзитового

гравію товщиною 50 мм, цементно-піщану стяжку товщиною 50 мм із розчину марки М150 та гідроізоляційне покриття.

Усі рішення прийняті з урахуванням вимог енергоефективності, звукоізоляції, пожежної безпеки та довговічності конструкцій, що відповідають сучасним стандартам проектування для житлових будівель у кліматичних умовах м. Києва.

#### **1.4 Конструктивні рішення**

Будівля спроектована з використанням монолітного залізобетонного каркаса, який виконує роль основної несучої системи. Просторова жорсткість споруди забезпечується центральним монолітним ядром жорсткості та системою діафрагм, розташованих у площинах сходових і ліфтових вузлів.

Для сприйняття горизонтальних навантажень (вітрових і сейсмічних) передбачено жорсткий диск перекриття, який рівномірно розподіляє зусилля між елементами каркаса. Перекриття прийнято монолітні безбалкові, завтовшки 200 мм. Колони – квадратного перерізу 500×500, 400×400 та 300×300 мм. Товщина діафрагм жорсткості становить 200 мм.

#### **1.5 Інженерне обладнання**

Водопровід і каналізація. Проектований будинок обладнано системами: господарсько-питного водопроводу, протипожежного водопроводу, гарячого водопостачання, господарсько-фекальної каналізації та зовнішнього водовідведення (водостоку). Водопостачання здійснюється від міських мереж. Побутова каналізація від будівлі під'єднується самопливом до міської мережі діаметром 200 мм.

Для зовнішньої мережі застосовуються поліетиленові труби ПЕ100 або поліпропіленові труби діаметром 200 мм із колодязями зі збірних залізобетонних елементів згідно з ДСТУ Б В.2.5-32:2007.

Опалення. Система опалення двотрубна з верхнім розведенням, виконана відповідно до ДБН В.2.5-67:2013. Параметри теплоносія – 105–70 °С. Як опалювальні прилади використано алюмінієві секційні радіатори «Fondital» або аналогічні з сертифікатом відповідності. На цокольному поверсі передбачені запірні вентиля для відключення стояків, а на верхньому поверсі – повітрязбірники для видалення повітря. Магістральні трубопроводи та головні стояки ізолюються згідно з вимогами з енергозбереження: при  $\varnothing \leq 25$  мм – шнуром із мінеральної вати товщиною 30 мм; при  $\varnothing > 25$  мм – мінераловатними матами товщиною 40 мм у покритті зі склопластику.

Вентиляція. У житлових квартирах передбачена природна вентиляція. Витяжні канали виконуються з керамічних або газобетонних збірних елементів, що виводяться через шахти на покрівлі. Для вбудованих адміністративних приміщень запроектовано припливно-витяжну систему з рекуперацією тепла.

Противопожежна вентиляція. Система противодимного захисту виконується з примусовим видаленням диму через шахти димовидалення, обладнані клапанами КДП-5А на кожному поверсі. Для унеможливлення розповсюдження диму передбачено подачу зовнішнього повітря в шахти ліфтів у разі пожежі. Усі системи автоматично вмикаються при сигналі пожежної автоматики.

Теплопостачання. Джерелом теплопостачання є міські теплові мережі. Підключення будівлі здійснюється за незалежною схемою через індивідуальний тепловий пункт (ІТП), оснащений теплообмінниками для систем опалення та гарячого водопостачання. Розрахункові параметри теплоносія – 150–70 °С, робочий тиск – до 1,6 МПа.

Електропостачання. Живлення будівлі здійснюється від трансформаторної підстанції потужністю 240 кВт. Електромережі виконані кабелями АПВ або ВВГ у вогнестійких трубах, прокладених приховано в конструкціях підлоги та стін. Розрахунок мереж проведено за допустимими струмовими навантаженнями з перевіркою втрат напруги. Облік

електроенергії здійснюється лічильниками, установленими у ввідно-розподільному пристрої. Освітлення – світлодіодне, енергоефективне, з урахуванням норм ДБН В.2.5-28:2018.

Слабкострумові системи. Телефонізація, інтернет та телебачення забезпечуються підключенням до міських мереж операторів зв'язку (наприклад, «Укртелеком», «Київстар», «Воля»). У підвалі розміщується розподільча шафа ШРП 1200×2. Кабелі ТПП різної ємності прокладаються у стояках і підводяться до абонентських коробок у поверхових нішах. У громадських приміщеннях розведення виконано в кабельних коробах.

Пожежна сигналізація. Система автоматичної пожежної сигналізації передбачає встановлення димових пожежних сповіщувачів на стелі приміщень з інтервалом не більше 4 м між датчиками та 2 м від стін. Сигнал «Пожежа» подається на станцію у диспетчерській. Усі системи узгоджені з проектом протипожежного захисту будівлі та вимогами ДБН В.2.5-56:2014.

## **1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій**

Теплотехнічний розрахунок виконується з метою забезпечення належного теплозахисту огорожувальних конструкцій і визначення необхідної товщини утеплювача, що гарантує комфортні мікрокліматичні умови у приміщеннях та відповідність будівлі вимогам енергоефективності, встановленим у ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.

Місце будівництва – м. Київ.

Розрахункова середня температура внутрішнього повітря:  $t_i = +20$  °С.

Середня температура зовнішнього повітря опалювального періоду:  $t_o = -8,3$  °С.

Виходячи з умови забезпечення належного опору теплопередачі, потрібне виконання умови (1.1), щоб мінімальний опір теплопередачі був більше фактичного (приведеного)  $R_{q\text{ пр}}$ :

$$R_{q,min} < R_{q,пр} \frac{m^2 \times C}{Вт} \quad (1.1)$$

Київська область – це I кліматичний району України, то опір теплопередачі для житлових будівель (1.2) згідно ДБН В.2.6-31:2021:

$$R_{qmin} = 4,00 \frac{m^2 \times C}{Вт} \quad (1.2)$$

Для того, щоб задовольнити умову (1.1) необхідно визначити приведений опір теплопередачі за формулою (1.3):

$$R_{q пр} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{ext}}, m^2 \cdot ^\circ C/Вт \quad (1.3)$$

де  $R_{q пр}$  – приведений опір теплопередачі,  $\frac{m^2 \times C}{Вт}$ ;

$\delta_i$  – товщина  $i$  – ого шару, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$  – го шару,  $Вт/(m^2 C)$ .

$h_{int}$  та  $h_{ext}$  – коефіцієнти тепловіддачі поверхонь стін.

Для розрахунку приведенного опору теплопередачі необхідно визначити невідому товщину утеплювача. Для цього скористуємось формулою (1.4), щоб задовольнити попередню умову:

$$\delta_{ут} = \left[ R_{q min} - \left( \frac{1}{h_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{ext}} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}, м \quad (1.4)$$

Характеристика складу зовнішньої стіни наведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Конструкція зовнішньої стіни

№	Назва шару конструкції	Товщина $\delta$ , м	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Термічний опір $R = \delta/\lambda$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
1	Цементно-піщаний шар (внутрішнє оздоблення)	0.020	0.76	0,026
2	Цегла глиняна повнотіла	0.250	0.70	0,357
3	Утеплювач мінераловатний ROCKWOOL	0.110	0.037	3,143
4	Повітряний вентильований прошарок	–	–	0,180
5	Навісне облицювання керамогранітними панелями	–	–	–

Конструкція стіни наведена на рис. 1.1.

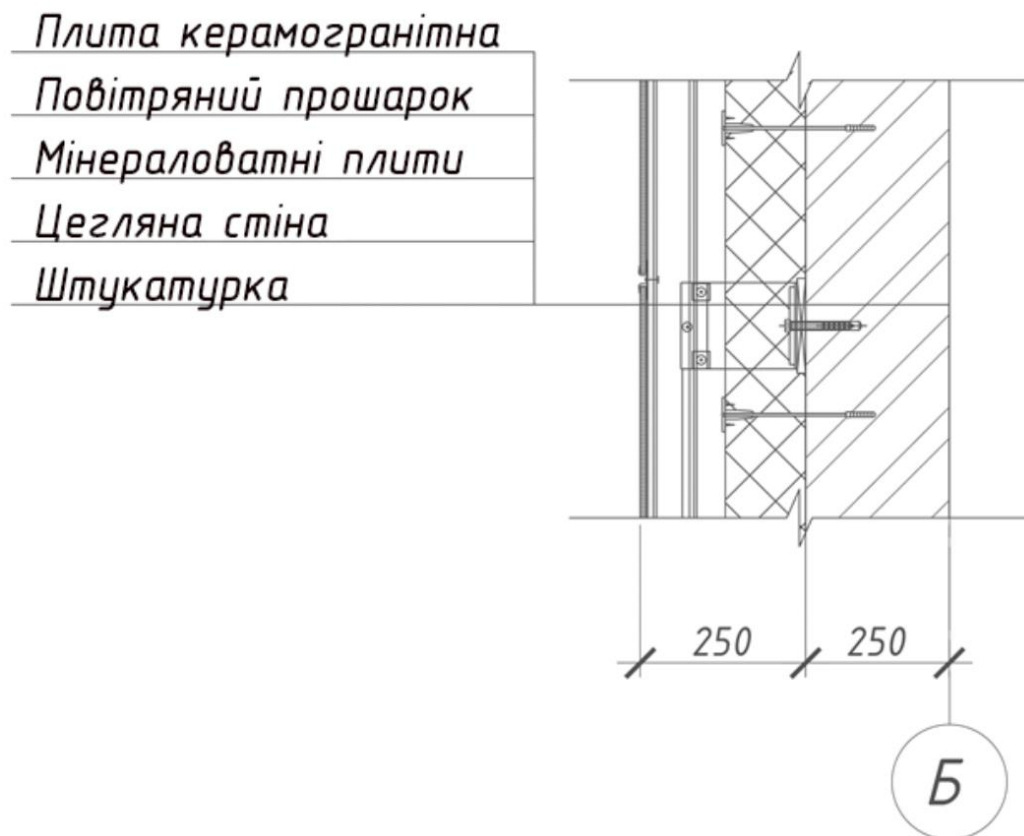


Рисунок 1.1 – Конструкція зовнішньої стіни

Остаточний добір матеріалів огорожувальної стіни виконуємо з урахуванням енергоефективності, довговічності та економічності.

$$\delta_{\text{ут}} = \left[ 4,00 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{x}{0,037} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,05}{0,8} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,035, \text{ м}$$

$$x = 0,110 \text{ м}$$

Необхідна товщина утеплювача складає 110 мм.

Тоді приведений опір теплопередачі конструкції з прийнятим утеплювачем буде складати:

$$R_{q \text{ пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,110}{0,037} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,05}{0,8} + \frac{1}{23} = 4,14 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Умова (1.1.) виконується. Тому остаточно приймаємо утеплювач з мінераловатних плит ROCKWOOL товщиною 110 мм.

## **1.7 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі**

### **Розрахунок № КН - 31**

**класу наслідків (відповідальності) для об'єкта будівництва:**

**«25-ти поверхова житлова будівля з адміністративними приміщеннями в м. Київ»**

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) - 400.

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) - 225.

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.: 105 325 000, 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:

$$\begin{aligned}\Phi &= 0,45 * 212\,548\,000 * (1 - 1/2 * 100 * 0,01) \\ &= 47\,823\,300 \text{ грн.}\end{aligned}$$

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:

$$\Phi = 47\,823\,300 + 0 = 47\,823\,300 \text{ грн.}$$

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

**47 823 300 / 8000 = 5 977,91 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 «25-ти поверхова житлова будівля з офісними приміщеннями» відноситься до класу наслідків (відповідальності) - СС2.

## **РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ**

### **2.1 Розрахунок монолітного каркасу будівлі**

#### **2.1.1 Загальна інформація**

Будівля має 25 поверхів, серед яких 23 є типовими житловими, один поверх призначений для адміністративних приміщень, а також передбачені підвальний і технічний поверхи, що опалюються. Габаритні розміри будівлі в осях становлять  $27,3 \times 29,1$  м. У складі будівлі передбачено чотири ліфти, ліфтовий хол і незадимлювані сходові клітки, що забезпечують безпечну евакуацію людей у разі надзвичайної ситуації.

Конструктивна схема будівлі наведена на аркуші 4 марки АС. Як основну несучу систему прийнято монолітний залізобетонний каркас, який забезпечує надійну просторову роботу будівлі. Поперечна та поздовжня жорсткість споруди досягається за рахунок центрального ядра жорсткості, системи монолітних діафрагм і жорсткого диска перекриття, що рівномірно передає навантаження на колони.

Колони монолітні, залізобетонні, квадратного перерізу –  $500 \times 500$ ,  $400 \times 400$  та  $300 \times 300$  мм – із осью прив'язкою. Вітрові та інші горизонтальні навантаження сприймаються ядром жорсткості та діафрагмами товщиною 200 мм, що забезпечують просторову стійкість будівлі при експлуатаційних і розрахункових діях.

Зовнішні огорожувальні конструкції виконані у вигляді цегляної кладки товщиною 250 мм з вентиляльованим фасадом, який забезпечує ефективний теплозахист, захист від атмосферних впливів і відповідність сучасним вимогам енергоефективності. Прийнята конструктивна система дозволяє забезпечити надійність, довговічність і жорсткість каркаса будівлі, а також комфортні умови проживання для мешканців.

#### **2.1.2 Збір навантажень**

Збір навантажень на міжповерхові плити перекриття наведено в табл.

2.1.

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на міжповерхові плити перекриття

Найменування	Од. вим.	Нормативне значення	Коеф-т надійності по навантаженню $\gamma_f$	Розрахункове значення
<b>Постійна:</b>				
Вирівнюючий шар піску, $\delta=17$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,027	1,3	0,035
Звукоізоляція ROCKWOOL, $\delta=30$ мм,	т/м <sup>2</sup>	0,004	1,2	0,005
Цементно - піщана стяжка, $\delta=50$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,09	1,3	0,117
Лінолеум $\delta=3$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,005	1,2	0,006
<b>Разом постійна:</b>	<b>т/м<sup>2</sup></b>	<b>0,126</b>	<b>1,29</b>	<b>0,163</b>
<b>Тимчасова:</b>				
Від внутрішньоквартирних перегородок	т/м <sup>2</sup>	0,065	1,3	0,085
<b>Корисна: P = 1,5 кПа</b>				
Корисна тривала	т/м <sup>2</sup>	0,053	1,3	0,069
Корисна короткочасна	т/м <sup>2</sup>	0,098	1,3	0,127
<b>Разом тимчасова</b>	<b>т/м<sup>2</sup></b>	<b>0,216</b>		<b>0,281</b>
<b>Разом повна</b>	<b>т/м<sup>2</sup></b>	<b>0,342</b>		<b>0,444</b>
<b>Тривала частина</b>	<b>т/м<sup>2</sup></b>	<b>0,244</b>		<b>0,317</b>

Навантаження на плиту покриття зібрані та наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Збір навантажень на плиту покриття

Найменування	Од. вим.	Нормативне значення	Коеф-т надійності по навантаженню $\gamma_f$	Розрахункове значення
<b>Постійна:</b>				
Пароізоляція $t = 1$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,001	1,2	0,001
Утеплювач ROCKWOOL, $\delta=150$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,017	1,2	0,02
Керамзитовий гравій $\delta=50$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,015	1,3	0,02
Цементно - піщана стяжка, $\delta=50$ мм	т/м <sup>2</sup>	0,09	1,3	0,117
Мембрана захисна	т/м <sup>2</sup>	0,001	1,2	0,001
<b>Разом постійна:</b>	т/м <sup>2</sup>	0,124	<b>1,29</b>	<b>0,159</b>
<b>Тимчасова:</b>	<b>Снігова: <math>S_g = 2,4</math> кПа</b>			
Снігова короткочасна	т/м <sup>2</sup>	0,168	1,4	0,235
<b>Разом тимчасова</b>	т/м <sup>2</sup>	<b>0,168</b>		<b>0,235</b>
<b>Разом повна</b>	т/м <sup>2</sup>	<b>0,292</b>		<b>0,394</b>
<b>Тривала частина</b>	т/м <sup>2</sup>	<b>0,124</b>		<b>0,159</b>

Навантаження від зовнішньої стінової огорожі наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Збір навантажень від зовнішньої стіни

Найменування	Од. вим.	Нормативне значення	Коеф-т надійності по навантаженню $\gamma_f$	Розрахункове значення
Штукатурний шар, $\delta=20$ мм, $h=2,7$ м, $\gamma=1,8$ т/м <sup>3</sup>	т/м	0,097	1,3	0,126
	т/м	1,26	1,1	1,386

Кам'яна кладка, $\delta=250$ мм, $h=2,8$ м, $\gamma=1,8$ т/м <sup>3</sup>				
--	--	--	--	--

Кінець таблиці 2.3.

Утеплювач ROCKWOOL $\delta = 110$ мм, $h = 3$ м	т/м	0,022	1,2	0,027
Каркас фасаду $h=3$ м	т/м	0,005	1,2	0,006
Керамогранітна плитка, $\delta=8$ мм, $h=3$ м, $\gamma=2,4$ т/м <sup>3</sup>	т/м	0,058	1,2	0,07
Разом	т/м	1,442		1,615
<b>Разом з урахуванням коефіцієнта скління 0,3</b>	<b>т/м</b>	<b>1,009</b>		<b>1,131</b>

Визначаємо вітрові навантаження для Київського регіону з використанням програмного забезпечення VeST Scad Office за ДБН України В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи» з урахуванням зміни № 1 від 1 жовтня 2007 в табл. 2.4 та табл. 2.5.

Таблиця 2.4 – Активна складова вітрового навантаження

Висота (м)	Нормативне значення (т/м <sup>2</sup> )	Розрахункове значення (т/м <sup>2</sup> )
4	0,015	0,021
7	0,017	0,024
10	0,02	0,028
13	0,022	0,031
16	0,024	0,033
19	0,026	0,036
22	0,027	0,038
25	0,029	0,04
28	0,03	0,042
31	0,031	0,043
34	0,032	0,045
37	0,033	0,047
40	0,034	0,048
43	0,035	0,05
46	0,036	0,051
49	0,037	0,052

<b>Висота (м)</b>	<b>Нормативне значення (т/м<sup>2</sup>)</b>	<b>Розрахункове значення (т/м<sup>2</sup>)</b>
52	0,038	0,053
55	0,039	0,055
58	0,04	0,056
61	0,041	0,057
64	0,042	0,058
67	0,042	0,059
70	0,043	0,06
73	0,044	0,061
76	0,044	0,062
79	0,045	0,063

Таблиця 2.5 – Пасивна складова вітрового навантаження

<b>Висота (м)</b>	<b>Нормативне значення (Т/м<sup>2</sup>)</b>	<b>Розрахункове значення (Т/м<sup>2</sup>)</b>
4	-0,011	-0,016
7	-0,013	-0,018
10	-0,015	-0,021
13	-0,016	-0,023
16	-0,018	-0,025
19	-0,019	-0,027
22	-0,02	-0,028
25	-0,021	-0,03
28	-0,022	-0,031
31	-0,023	-0,033
34	-0,024	-0,034
37	-0,025	-0,035
40	-0,026	-0,036
43	-0,027	-0,037
46	-0,027	-0,038
49	-0,028	-0,039
52	-0,029	-0,04
55	-0,029	-0,041
58	-0,03	-0,042
61	-0,031	-0,043
64	-0,031	-0,044
67	-0,032	-0,044
70	-0,032	-0,045
73	-0,033	-0,046
76	-0,033	-0,047
79	-0,034	-0,047

Навантаження задається у вигляді «вузлового навантаження на групу вузлів». Для цього розподілене по площі (на 1 м<sup>2</sup>) навантаження перераховується до вузлів перекриття. Розрахункова площа, на яку діє навантаження, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} A &= h * b, \text{ м}^2 \\ 3 * 0.4 &= 1.2 \text{ м}^2, \end{aligned} \tag{2.1}$$

де  $h$  – висота поверху, м;

$b$  – відстань між суміжними вузлами конструкції, м.

### **2.1.3 Створення розрахункової моделі у системі SCAD**

На основі даних, отриманих із розділу архітектурного проектування та з урахуванням інженерно-геологічних характеристик ділянки будівництва, було здійснено просторове моделювання конструкції будівлі з метою визначення внутрішніх зусиль і деформацій у її несучих елементах.

Модель споруди, що складається з лінійних та площинних елементів горизонтального й вертикального типу у монолітному виконанні, була розроблена в програмному комплексі SCAD згідно ДБН В.2.6-98:2009, а також ДСТУ Б В.2.6-156:2010.

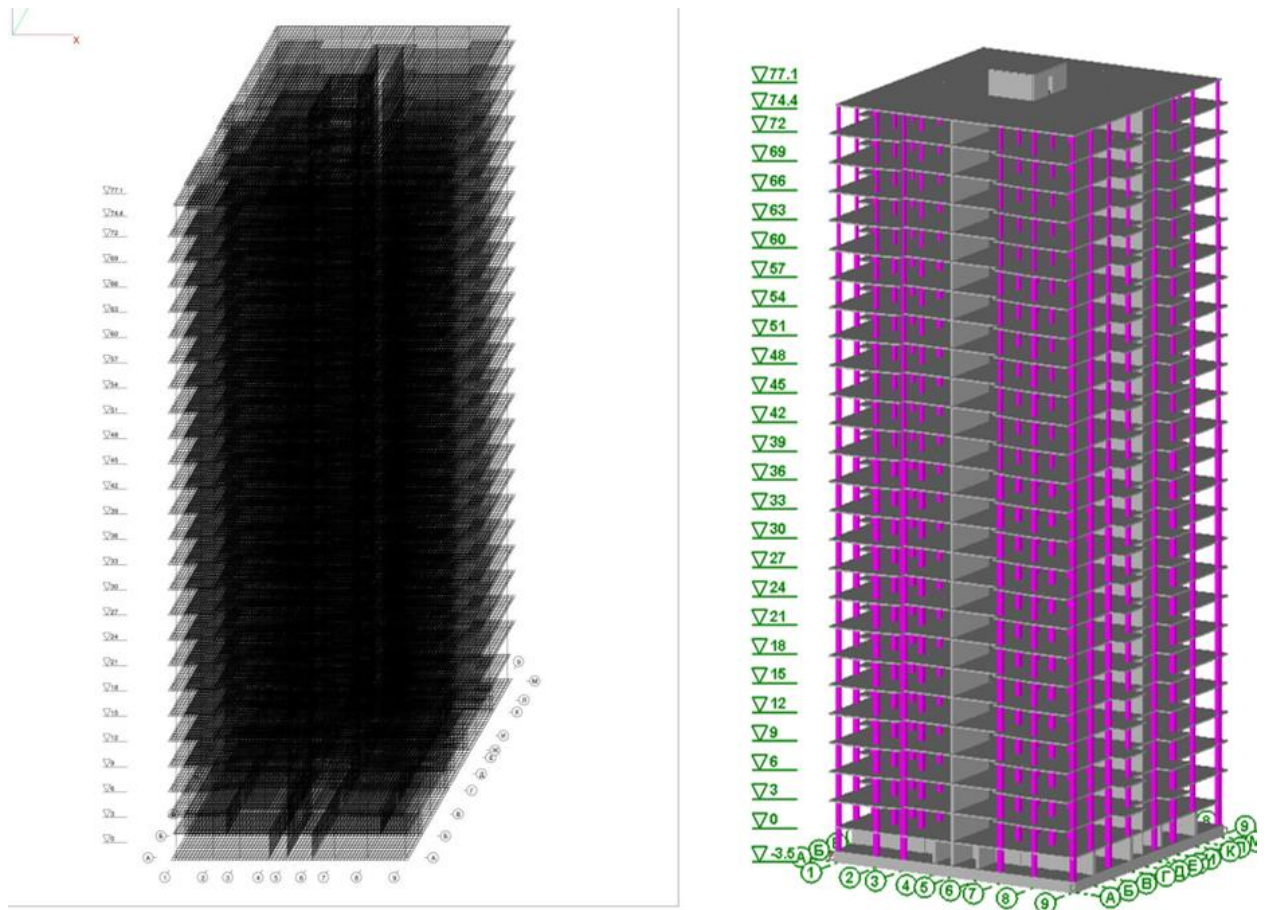


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема житлової будівлі

Несучий каркас будівлі характеризується такими основними геометричними параметрами:

колони мають перерізи  $500 \times 500$  мм,  $400 \times 400$  мм і  $300 \times 300$  мм;

діафрагми жорсткості та шахта ліфта в межах відміток 0.000...+74.400 виконані товщиною 200 мм;

стіни підвальної частини мають товщину 300 мм;

переkritтя прийнято монолітним безбалочним із товщиною 200 мм.

Сходові марші спираються на балки перерізом  $300 \times 400$  мм, які встановлюються на колони через закладні елементи. Фундаментну плиту запроєктовано завтовшки 1.2 м.

Усі конструктивні елементи виготовляються із важкого бетону класу С20/25.

Армування вертикальних несучих елементів і фундаментної плити виконується арматурою класу А500С.

Для перекриття передбачено поздовжню арматуру класу А500С, а поперечну – А240.

У розрахунку конструкції застосовано метод кінцевих елементів, який базується на визначенні основних невідомих – переміщень і поворотів вузлів розрахункової моделі. Відповідно до цього принципу, конструкцію було ідеалізовано у вигляді системи, що складається зі стандартних типів елементів – стрижневих, пластинчастих і оболонкових, які з'єднані між собою у вузлах.

Тип кінцевого елемента визначається його геометрією, законами, що встановлюють залежність між переміщеннями вузлів елемента і вузлів системи, а також фізичними закономірностями, які описують взаємозв'язок між внутрішніми зусиллями та деформаціями. Крім того, у розрахунок вводиться набір параметрів жорсткості, що характеризують поведінку елемента під навантаженням.

У вузловій моделі методу переміщень кожен вузол розглядається як абсолютно тверде тіло нескінченно малих розмірів. Його положення в просторі при деформації системи описується координатами центру та кутами повороту навколо трьох осей. Таким чином, вузол має шість ступенів свободи: три лінійні переміщення і три кутові повороти.

Для зручності всі вузли та елементи розрахункової схеми нумеруються, причому номери виступають лише як ідентифікатори, що дозволяють робити посилання під час обчислень. Основна система методу переміщень формується шляхом накладання в кожному вузлі зв'язків, які усувають усі можливі переміщення. Умови, за яких зусилля у цих зв'язках дорівнюють нулю, є рівняннями рівноваги, тоді як невідомими є зміщення в місцях накладення зв'язків.

Нумерація ступенів свободи прийнята для подальшого використання без додаткових пояснень. Відповідно, позначення  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $UX$ ,  $UY$ ,  $UZ$  використовуються для опису лінійних переміщень та кутів повороту.

У межах методу кінцевих елементів реальна форма поля переміщень усередині елемента (крім стрижневих) наближено описується спрощеними аналітичними залежностями. Похибка визначення напружень і деформацій оцінюється як (2.2):

$$\left(\frac{h}{L}\right)^k \quad (2.2)$$

де  $h$  – максимальний розмір сіткового кроку;

$L$  – характерний розмір області;

$k$  – визначає швидкість збіжності результатів.

Його значення може відрізнятися для різних типів переміщень і компонент внутрішніх зусиль.

Розрахункова схема

Для задання вихідних параметрів розрахункової моделі можуть застосовуватись різні системи координат, які надалі автоматично трансформуються у декартову систему. При цьому:

– глобальна правостороння система координат XYZ закріплюється за загальною моделлю конструкції;

– локальні системи координат формуються для кожного кінцевого елемента окремо, що дає змогу точніше врахувати його просторове положення і напрямок дії навантажень.

Правило знаків для переміщень.

Позитивним вважається лінійне переміщення, яке спрямоване у напрямку зростання відповідної координатної осі (X, Y або Z). Позитивним кутом повороту вважається обертання, що відповідає правилу правого гвинта: якщо дивитися від кінця осі до її початку, позитивний поворот здійснюється проти годинникової стрілки.

Правило знаків для стрижневих елементів.

Позитивне подовжнє зусилля  $N$  вважається розтягувальним, тобто таким, що подовжує стрижень. Від'ємне значення  $N$ , відповідно, означає стискання елемента. Така система знаків застосовується при визначенні внутрішніх зусиль і деформацій у стрижневих конструкціях.

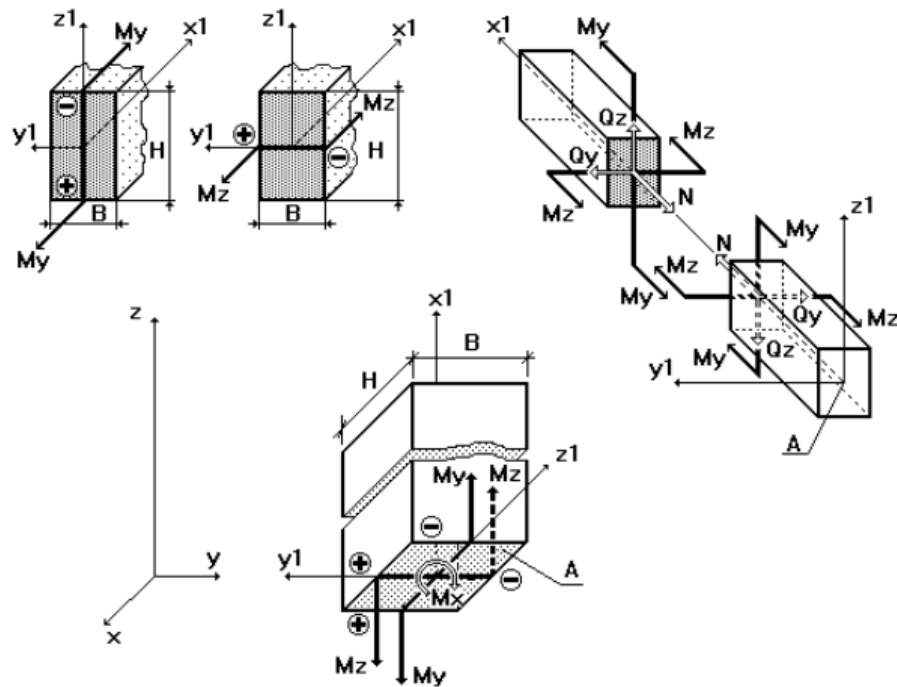


Рисунок 2.2 – Правило знаків

У моделі використано пластинчасті, об'ємні та осесиметричні елементи. Для них напруження виводяться не лише в осях локальної системи елемента, а й у заздалегідь заданих напрямках, що можуть відрізнятися від місцевих осей. За потреби результати трансформуються з локальних осей елемента в обрані глобальні або користувачькі осі.

Сумарні значення навантажень за кожним завантаженням.

У протоколі розв'язання для кожного окремого завантаження наводиться підсумкове вузлове навантаження, що прикладене до системи, з розбивкою за компонентами та зазначенням знаків відповідно до прийнятої системи координат.

Розрахункові поєднання зусиль.

Значення розрахункових поєднань зусиль наведені у таблиці результатів під назвою "Розрахункові поєднання зусиль". Обчислення РСУ виконується за критеріями, характерними для відповідних типів кінцевих елементів (стрижні, плити, оболонки, масивні тіла).

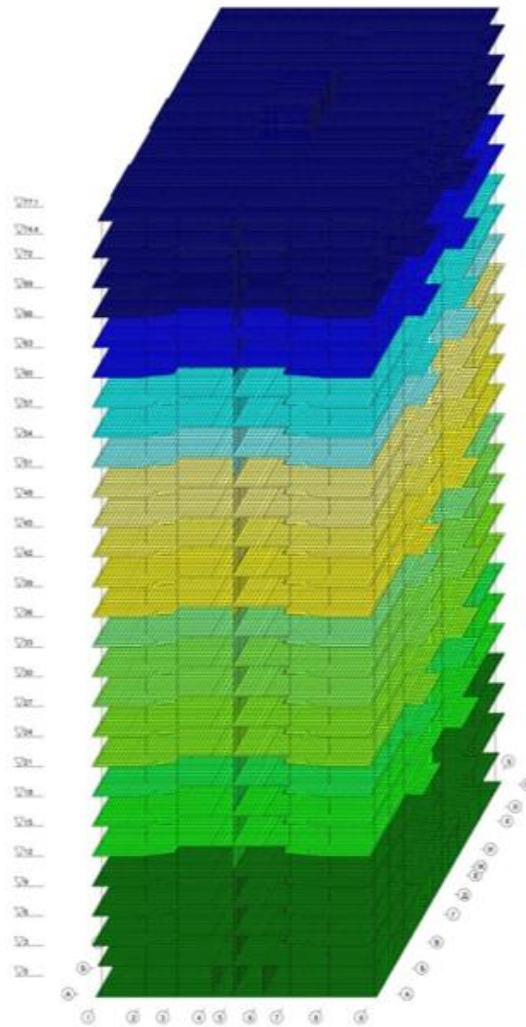


Рисунок 2.3 – Результати по переміщенням розрахункової схеми

Як критерії беруть екстремальні значення напружень у характерних точках перерізу або волокон елемента, а також інші узагальнені показники напружено-деформованого стану. Під час формування поєднань дотримуються вимоги нормативних документів і логічні зв'язки між діями (одночасність, взаємовиключення, сприятливі та несприятливі поєднання, коефіцієнти сполучень).

Максимальне відхилення верхньої точки будівлі складає (2.3):

$$\Delta = \frac{H}{500} = \frac{75000}{500} = 150 \text{ мм} > 36 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Умова виконується.

### 2.1.4 Оцінка прогину плити перекриття

Створюємо розрахункову комбінацію з нормативних вертикальних навантажень без урахування вітрової дії.

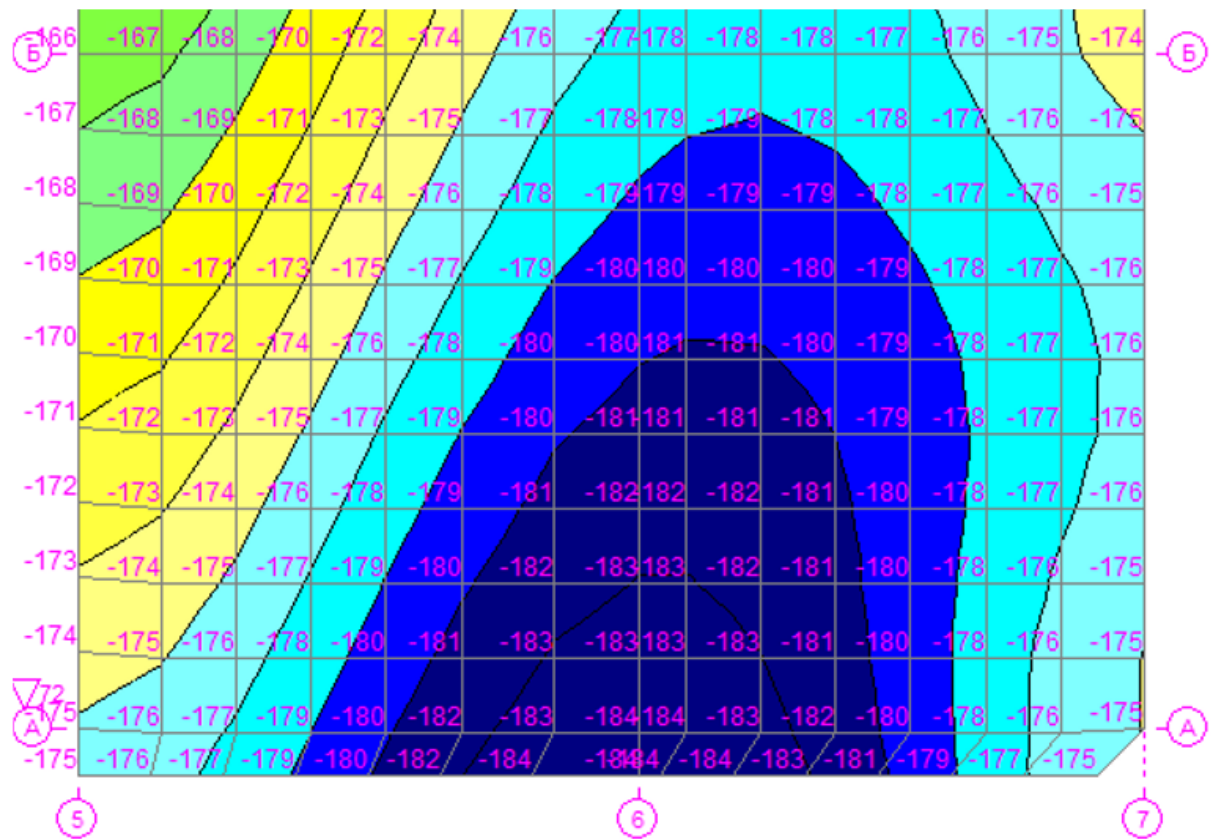


Рисунок 2.4 – Схема розподілу переміщень плити перекриття

Визначасмо фактичний прогин плити  $f$ , мм (2.4):

$$f = 184 - 175 = 9 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Розглядаємо комірку перекриття, розташовану праворуч від діафрагми, на відмітці +72.000, тоді граничний прогин плити  $[f]$  складає (2.5):

$$[f] = \frac{5700}{150} = 38 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Оскільки умова  $f < [f]$  виконується.

### 2.1.5 Визначаємо зусилля в елементах схеми

Розглянемо роботу перекриття типового поверху на відмітці +39.000 м.

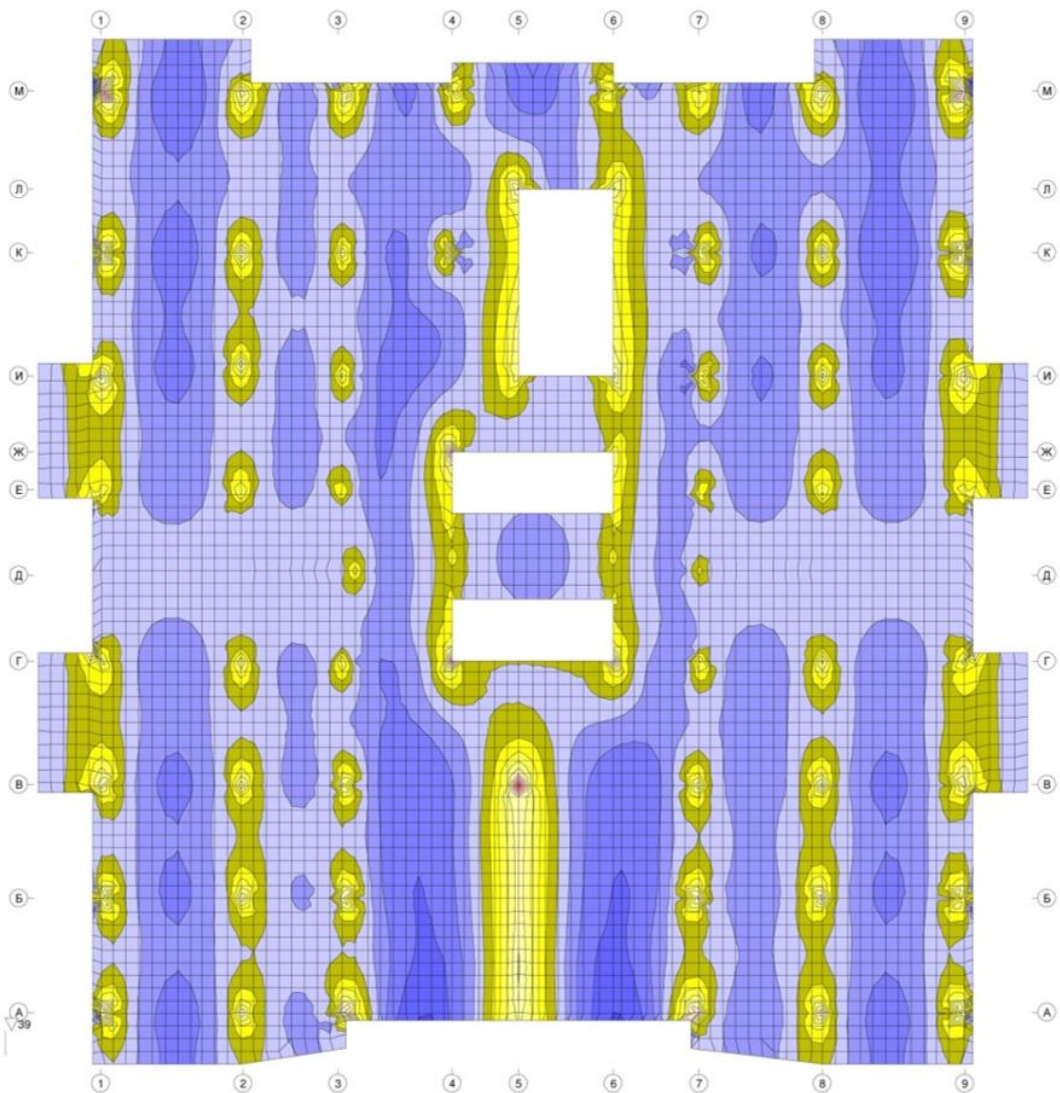


Рисунок 2.5 – Схема розподілу  $M_x$  від всіх навантажень (без вітру)

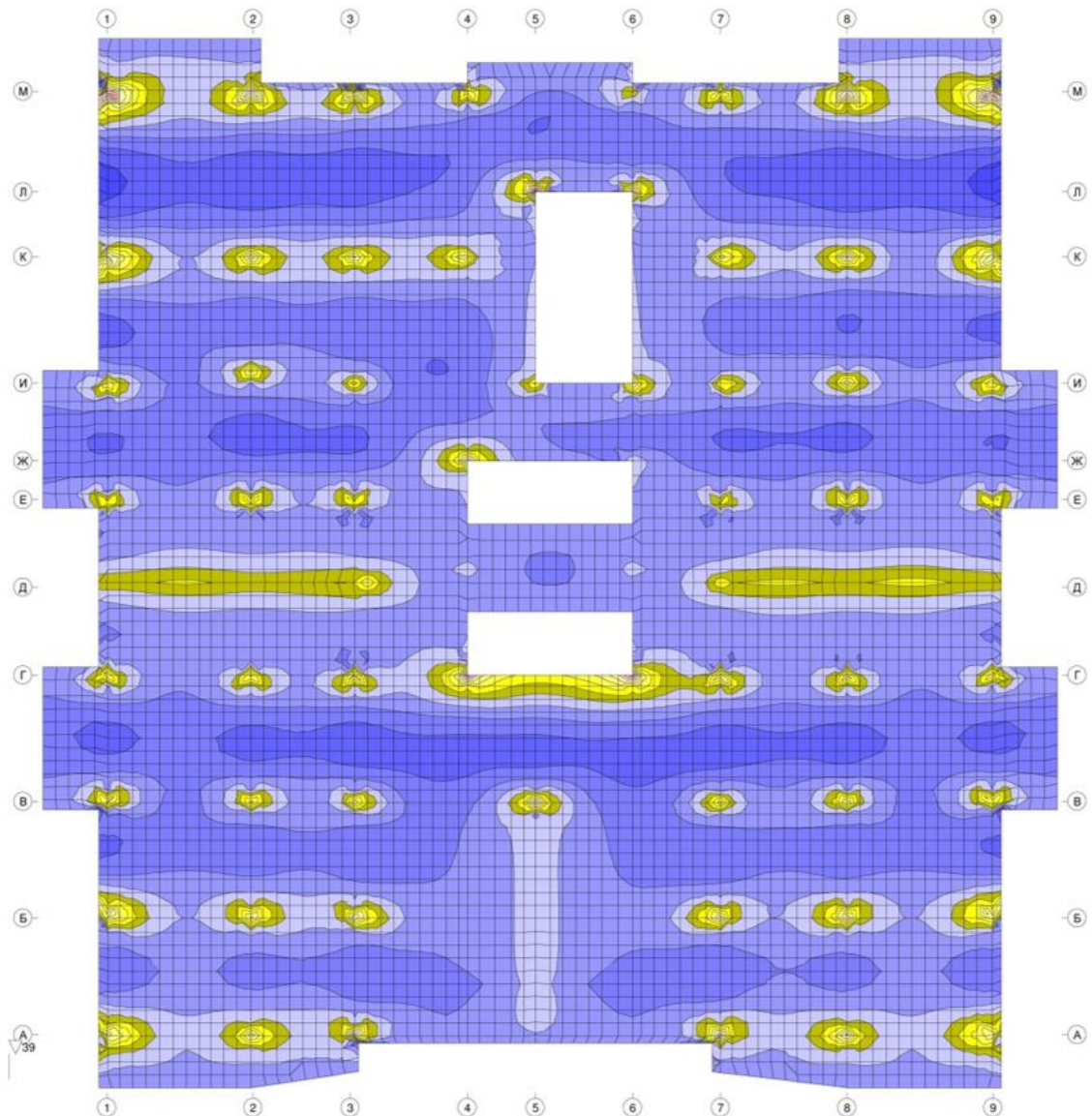


Рисунок 2.6 – Схема розподілу  $M_y$  від всіх навантажень (без вітру)

На початковому етапі аналізу представлено поле розподілу моментів  $M_x$  та  $M_y$ , отримане від дії лише вертикальних навантажень без урахування вітрових впливів.

Після введення до розрахунку додаткового вітрового навантаження спостерігається зміна конфігурації полів моментів. Розглянемо вплив вітрового тиску при його дії з західного та північного напрямків. Дія вітру зі східної сторони є близькою за ефектом до західної, тоді як навантаження з півночі спричиняє більші деформації перекриття, ніж вітровий тиск з південного боку.

### 2.1.6 Армування перекриття

У конструкції перекриття застосовано арматуру класів А500С (поздовжня) та А240 (поперечна). Основне робоче армування прийнято з прутків діаметром 8 мм із кроком 200 мм. Додаткову арматуру передбачено діаметром 8–16 мм із таким самим кроком, яку розміщують між основними стрижнями для підсилення найбільш навантажених зон.

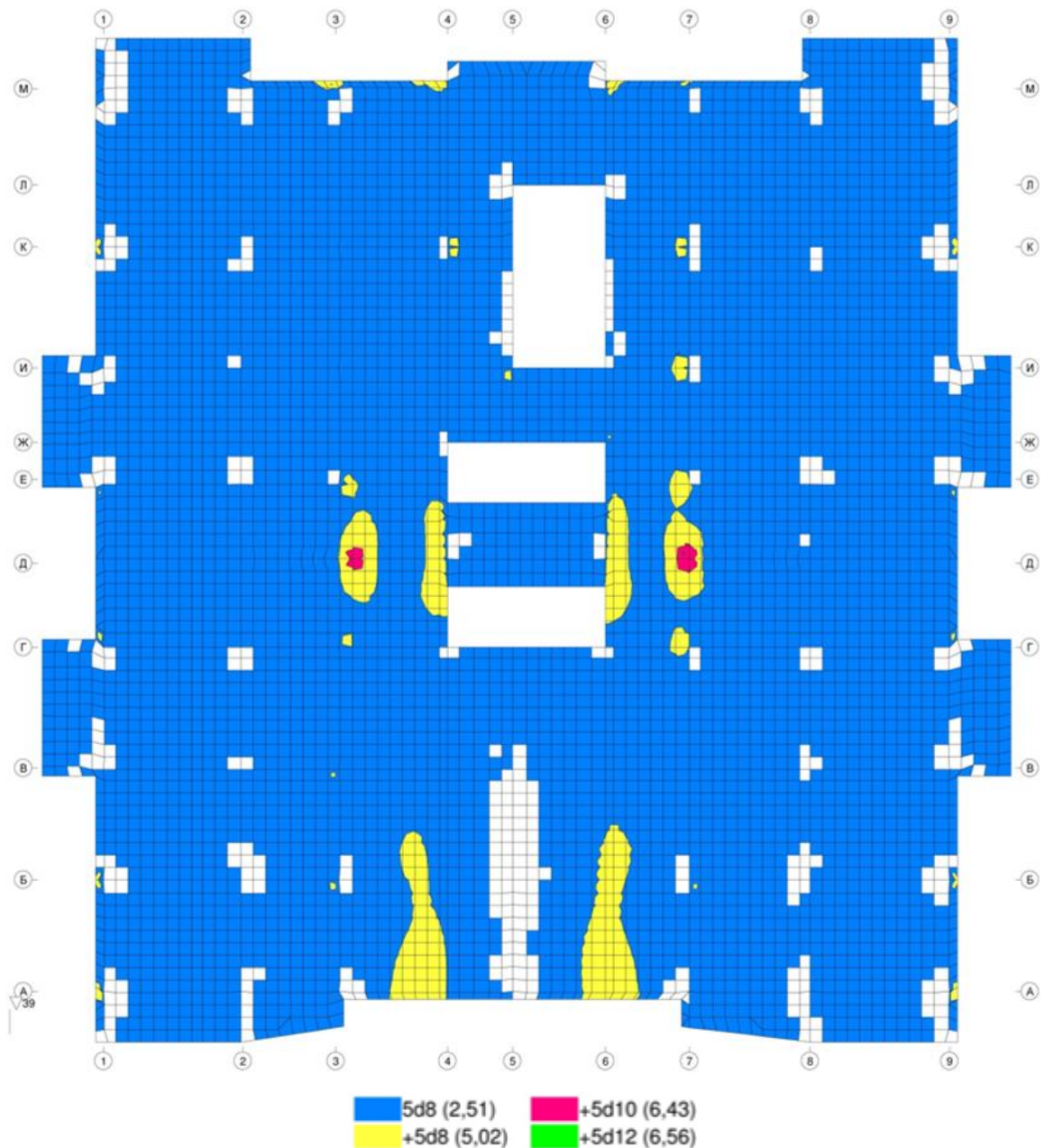


Рисунок 2.7 – Схема нижнього армування по осі X

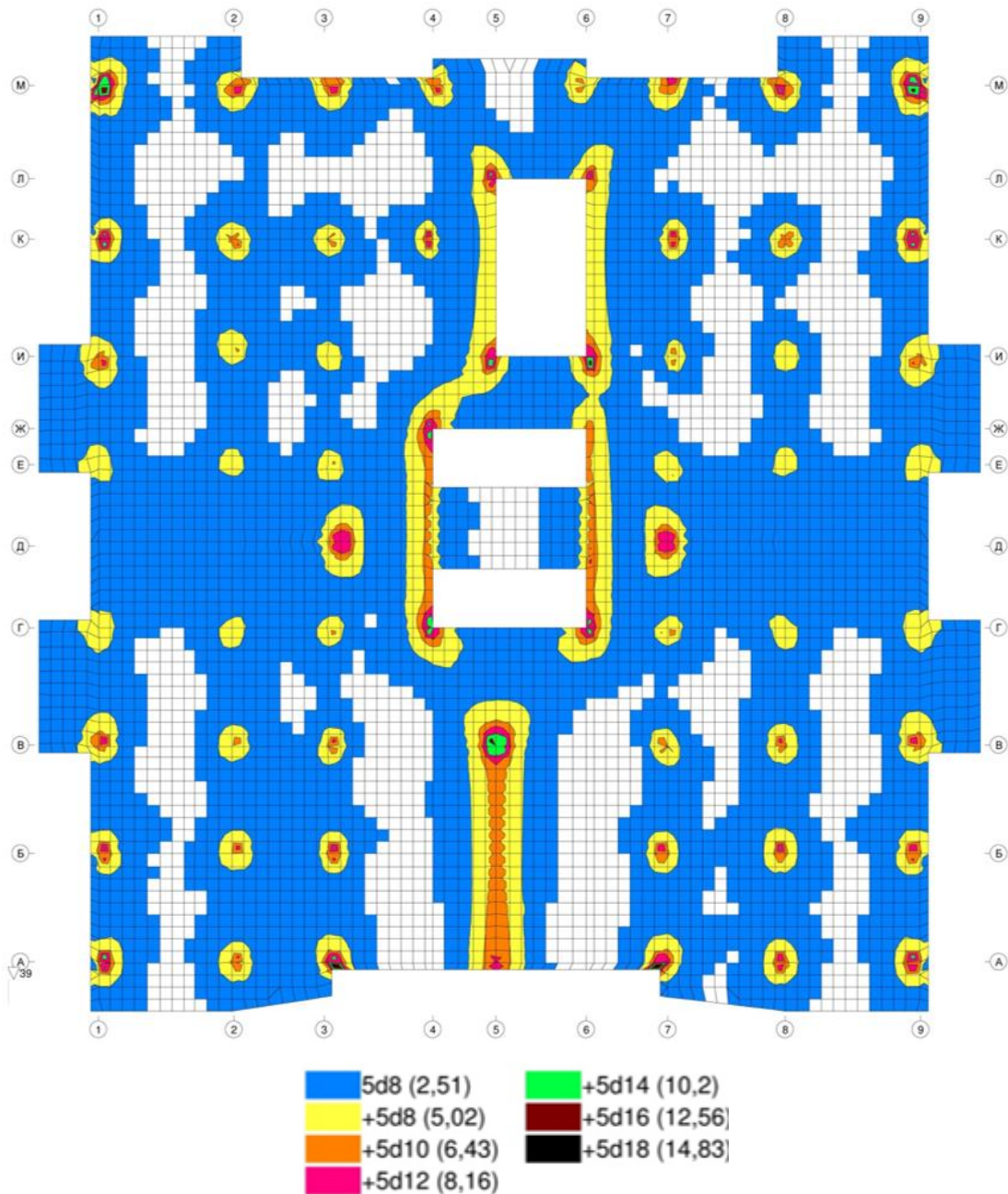


Рисунок 2.8 – Схема верхнього армування по осі X

Для наочності результатів армування у програмному середовищі було активовано функцію «додаткове армування» та використано сіткове відображення з кроком 20 см, що дозволяє коректно оцінити розподіл зусиль і моментів у плиті.

Подальший аналіз показав, що найбільш напружені ділянки перекриття спостерігаються поблизу місць примикання діафрагм жорсткості. Для таких

зон визначено комбінації навантажень, що викликають максимальні та мінімальні згинальні моменти.

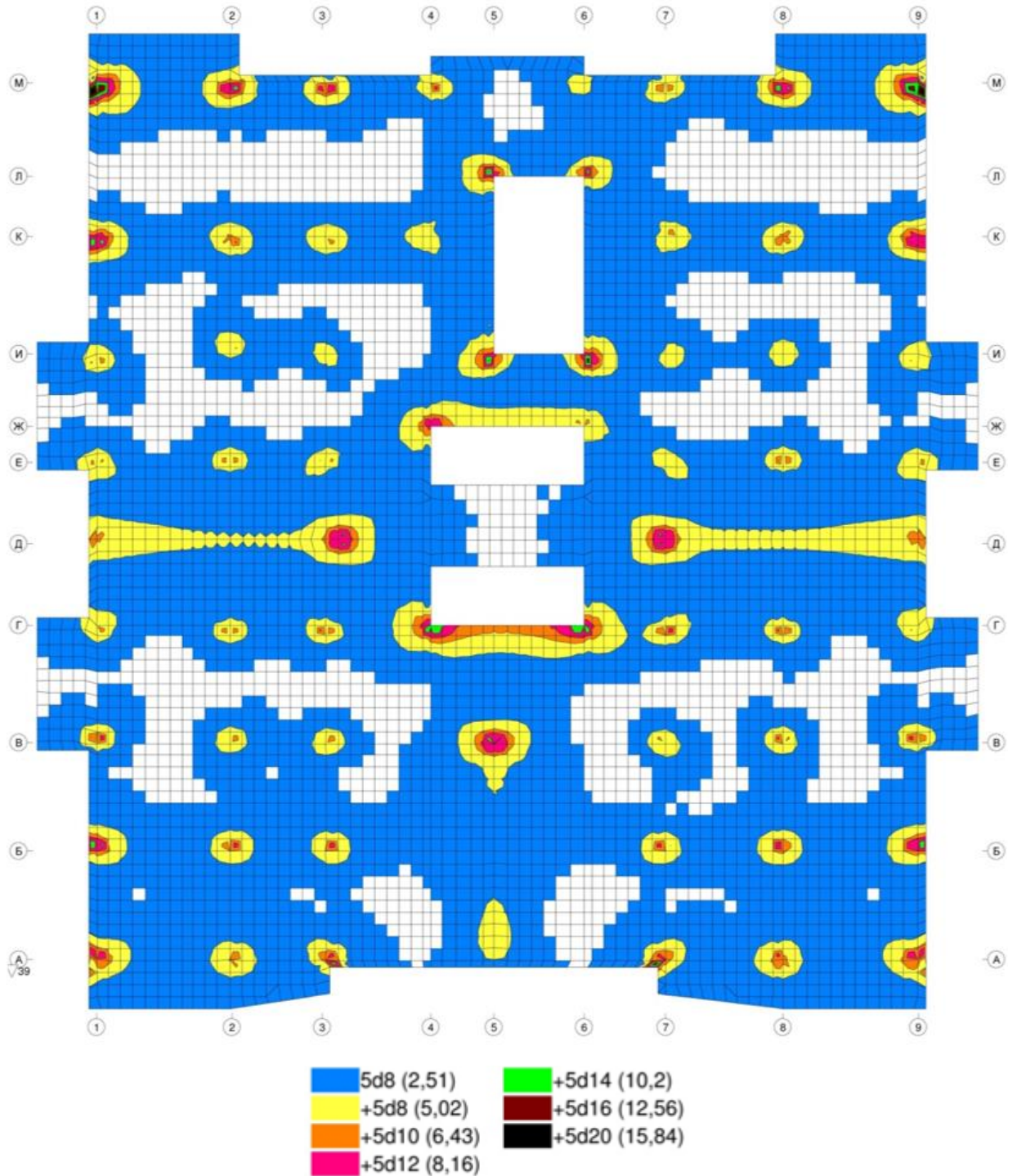


Рисунок 2.9 – Схема верхнього армування по осі Y

Саме комбінації навантажень були використані для підбору верхньої та нижньої робочої арматури.

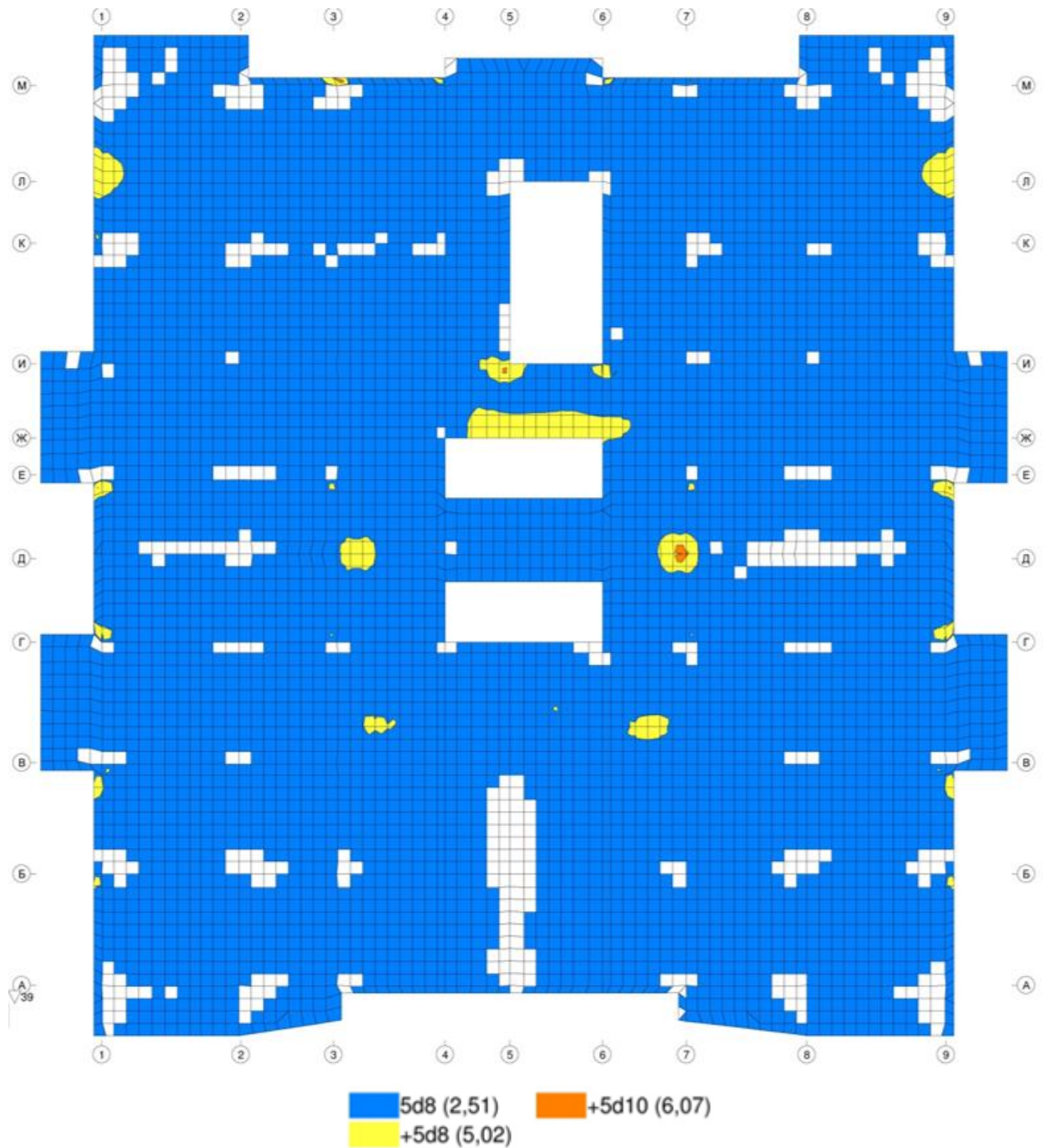


Рисунок 2.10 – Схема нижнього армування по осі X

У результаті розрахунків встановлено, що максимальні згинальні моменти, які формують потребу у верхньому армуванні, виникають у зоні стику плити з діафрагмами.

Відповідно, для нижнього шару арматури враховуються комбінації навантажень, які створюють позитивні (розтягувальні) моменти у плиті. Такий

підхід забезпечує рівномірний розподіл зусиль, економне використання сталі та відповідність вимогам міцності і тріщиностійкості перекриття.

Розрахунок верхньої арматури відбувається за внутрішніми напруженнями:

$$M_x = -58,4 \text{ кН} \times \text{м}$$

$$M_y = -50,6 \text{ кН} \times \text{м}$$

Для розрахунку нижньої арматури використовуємо значення:

$$M_x = 42,4 \text{ кН} \times \text{м}$$

$$M_y = 26,5 \text{ кН} \times \text{м}$$

### **2.1.7 Перевірку шляхом ручного розрахунку по нормальному перерізу**

Для розрахунку приймаємо важкий бетон класу С20/25 з розрахунковим опором стиску  $f_{cd} = 14,5$  МПа та початковим модулем пружності  $E_b = 30 \times 10^3$  МПа ( $30 \times 10^6$  кПа).

Як робочу поздовжню арматуру застосовуємо сталь класу А500С, для якої розрахунковий опір розтягу  $f_{yd} = 435$  МПа, а модуль пружності  $E_s = 2,06 \cdot 10^5$  МПа.

Розрахунковий переріз плити прийнято прямокутним розміром  $1000 \times 200$  мм. Розрахунок виконується окремо для двох напрямків – уздовж осей Х і Y.

1. Вихідні дані для напрямку Х;

Максимальний розрахунковий момент у напрямку Х становить  $M_x = 42,4$  кН×м на 1 метр ширини плити.

Ефективна висота перерізу визначається за формулою (2.6):

$$h_{0x} = h - a, \text{ мм}$$

$$h_{0x} = 200 - 25 = 175 \text{ мм} \quad (2.6)$$

, де  $h$  – загальна товщина плити, мм;

$a$  – товщина захисного шару до центру арматури, мм.

## 2. Визначення безрозмірного параметру $\alpha$ :

Першим етапом є обчислення коефіцієнта  $\alpha$ , який характеризує співвідношення між моментом та несучою здатністю бетонного перерізу.

Він визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{M_x}{b \times h_0^2}$$

$$\alpha = \frac{42,4}{14500 \times 1 \times 0,175^2} = 0,106 \quad (2.7)$$

де  $M$  – згинальний момент, кН·м;

$f_{cd}$  – розрахунковий опір бетону, кПа;

$b$  – ширина розрахункової смуги, м;

$h_0$  – ефективна висота перерізу, м.

## 3. Визначення відносної висоти стиснутої зони бетону

Відносна висота стиснутої зони позначається як  $\xi$  і визначається співвідношенням (2.8):

$$\xi = \frac{x}{h_0} = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha}$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 0,212} = 0,112 \quad (2.8)$$

Розрахований параметр характеризує положення нейтральної осі у перерізі плити.

## 4. Визначення абсолютної висоти стиснутої зони бетону

$$x = \xi \times h_0, \text{ мм}$$

$$x = 0,112 \times 175 = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м} \quad (2.9)$$

За розрахунком положення нейтральної вісі знаходиться у полиці.

#### 5. Визначення площі робочої арматури

Площа поперечного перерізу робочої арматури  $A_s$ , мм, визначається за формулою (2.11):

$$A_s = \frac{f_{cd} \times b \times x}{f_{yd}}, \text{ мм}^2 \quad (2.10)$$

$$A_s = \frac{14500 \times 1 \times 0,02}{435000} = 0,0006 \text{ м}^2 = 6 \text{ см}^2$$

При цьому в програмному комплексі SCAD величина армування складає  $6,87 \text{ см}^2$  за розрахунком.

Визначаємо розбіжність за формулою (2.11):

$$\Delta = 1 - \frac{6}{6,87} = 12,7 \% \quad (2.11)$$

Порівняння з результатом моделювання у SCAD показало  $A_s = 6,87 \text{ см}^2$ , що дає розбіжність близько 12,7%, тобто прийнятну для інженерного розрахунку.

Для нижньої робочої арматури у напрямку X приймаємо 5 стрижнів діаметром 12 мм (5d12 A400C), що забезпечує площу близьку до розрахункової.

#### 6. Аналогічний розрахунок для напрямку Y

Максимальний розрахунковий момент у напрямку Y дорівнює  $M_y = 26,5 \text{ кН} \times \text{м}$

$$h_{0x} = h - a, \text{ мм}$$

$$h_{0x} = 200 - 40 = 160 \text{ мм}$$

Обчислюємо значення  $\alpha_m$  по напрямі Y:

$$\alpha_m = \frac{M_x}{f_{cd} \times b \times h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{26,5}{14500 \times 1 \times 0,16^2} = 0,079$$

$$\xi = \frac{x}{h_o} = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha} = 1 - \sqrt{1 - 0,159} = 0,083$$

$$x = \xi \times h_o = 0,083 \times 160 = 13,2 \text{ мм} = 0,013 \text{ м}$$

Розраховуємо площу арматури  $A_s$ ,  $\text{см}^2$

$$A_s = \frac{f_{cd} \times b \times x}{f_{yd}}, \text{ см}^2$$

$$A_s = \frac{14500 \times 1 \times 0,013}{435000}, \text{ см}^2$$

$$A = 0,00043 \text{ м}^2 = 4,3 \text{ см}^2$$

По результатам розрахунку армування складає  $A_s = 6,2 \text{ см}^2$ .

Тоді розраховуємо розбіжність ручного розрахунку та розрахунку в програмному комплексі:

$$\Delta = 1 - \frac{4,2}{6,2} = 32,3 \%$$

Ефективна висота перерізу визначена як

$$h_0 = h - a = 200 - 40 = 160 \text{ мм.}$$

Обчислюємо:

$$\alpha = 26.5 / (14500 \times 0.9 \times 1 \times 0.16^2) = 0.079.$$

$$x_i = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.079} = 0.083.$$

$$x = 0.083 \times 160 = 13.2 \text{ мм} = 0.013 \text{ м}.$$

$$A_s = (14500 \times 0.9 \times 1 \times 0.013) / 435000 = 0.00043 \text{ м}^2 = 4.3 \text{ см}^2.$$

Розрахунок у SCAD 11.5 дав значення  $A_s = 6.2 \text{ см}^2$ , що відповідає розбіжності близько 30%. Таке відхилення пояснюється урахуванням просторової роботи плити в моделі та локальними напруженнями біля діафрагм.

Отримані результати свідчать, що фактична потреба в арматурі за ручним розрахунком близька до результатів комп'ютерного моделювання. Для забезпечення надійності конструкції приймаємо:

- основну робочу арматуру  $\varnothing 8$  з кроком 200 мм;
- у найбільш навантажених ділянках (біля діафрагм) додаткове підсилення  $\varnothing 12$ – $\varnothing 16$  з кроком 200 мм;
- нижня арматура у напрямку X – 5d12; у напрямку Y – не менше 5d10.

Таким чином, плита задовольняє вимоги міцності за нормальним перерізом, а результати ручного розрахунку підтверджують достовірність комп'ютерної моделі SCAD 11.5.

## РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Розробка технологічної карти на зведення типового поверху

Будівля запроєктована як 25-поверхова споруда, до складу якої входять 23 типові житлові поверхи, один поверх адміністративного призначення, а також підвальный і технічний поверхи, що підлягають опаленню. Габаритні розміри будівлі в осях становлять  $27,3 \times 29,1$  м. У структурі передбачено чотири ліфти, ліфтовий хол та систему незадимлення. Загальна схема розміщення несучих елементів подана в графічній частині ДП.

Як основну конструктивну систему прийнято монолітний залізобетонний каркас. Просторова жорсткість будівлі забезпечується поєднанням поперечних і поздовжніх діафрагм, монолітного ядра жорсткості та роботою жорсткого диска перекриття. Колони мають перерізи  $500 \times 500$  мм,  $400 \times 400$  мм і  $300 \times 300$  мм відповідно до навантаження та розташування. Товщина плит перекриття становить 200 мм.

Сприйняття вітрових навантажень здійснюється системою діафрагм жорсткості та ліфтовою шахтою, конструкції яких мають товщину 200 мм. Як зовнішні огорожувальні елементи застосовано цегляну кладку товщиною 250 мм з вентиляльованим фасадом, що забезпечує енергоефективність і довговічність оболонки будівлі.

Розрахунок обсягів будівельно-монтажних робіт виконується на основі конструктивних креслень і включає визначення об'єму бетону, витрат арматури та площі опалублюваних поверхонь. Площі елементів опалубки та об'єми бетонування обчислюються за геометричними параметрами кожної конструкції. Узагальнені дані внесено до таблиці 3.1.

Окрім цього, визначається потреба в елементах опалубної системи: універсальних щитах, підпирних розкосах, телескопічних стійках, триногах, дерев'яних балках та ламінованій фанері. Для зведення монолітних конструкцій застосовується опалубка. Розрахована кількість комплектувальних елементів наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Зведена відомість обсягу робіт

Марка елемент	Кількість, шт	Об'єм бетону, що укладається, м <sup>3</sup>		Площа опалублюваної поверхні, м <sup>2</sup>		Кількість арматури, що монтується, т	
		На один	На все	На один	На все	На один	На все
<i>Монолітна плита перекриття</i>							
ПМ2	1	178,6	178,6	893	893	14	14
<i>Колони монолітні</i>							
К1-К8	57	0,7	39,9	5,6	319,2	0,055	3,13
<i>Діафрагми монолітні</i>							
Д1	1	4	4	41,4	41,4	0,157	0,157
Д2	1	4,7	4,7	48,2	48,2	0,184	0,184
Д3	1	4,2	4,2	43,1	43,1	0,165	0,165
Д4	2	3	6	31,4	62,8	0,118	0,236
Разом	5		18,9		195,5		0,742
<i>Ліфтова шахта</i>							
ЛШ1	1	11,76	11,76	122,1	122,1	0,46	0,46
Усього			249,2				

Таблиця 3.2 – Визначення кількості опалубки

Найменування елемента	Кількість	Площа, м <sup>2</sup>		Маса, кг	
		Одного	Усього	Одного	Усіх
<i>Опалубка колон</i>					
Щит опалубний 500x2800 мм	57	1,35	77	67,5	3847,5
<i>Опалубка діафрагм</i>					
<i>Д1</i>					
Щит опалубний 2400x2800	6	6,72	40,32	336	2016
Щит опалубний 500x2800	2	1,4	2,8	70	140
<i>Д2</i>					
Щит опалубний 2400x2800	6	6,72	40,32	336	2016
Щит опалубний 1200x2800	2	3,36	6,72	168	336
Щит опалубний 500x2800	2	1,4	2,8	70	140
<i>Д3</i>					
Щит опалубний 2400x2800	6	6,72	40,32	336	2016

Кінець таблиці 3.2.

Щит опалубний 300x2800	2	0,84	1,68	42	84
Щит опалубний 500x2800	2	1,4	2,8	70	140
ЛШ1					
Щит опалубний 2400x2800	15	6,72	161,28	336	8064
Щит опалубний 300x2800	6	0,84	4,58	42	336
Щит опалубний 500x2800	8	1,4	10,21	70	682
<i>Опалубка перекриття</i>					
Ламінована фанера 2400x1220x18	305	2,93	893	4	1220
Балки м.п.	972	-	-	16	15552
Стійка	135	-	-	4	540
Тринога	135	-	-	4	540
<i>Додаткові елементи</i>					
Підмости	3	-	-	13.1	39,3
Підкоси	218	-	-	30	6540
Разом					35166,8

### 3.2 Методологія виконання робіт

Перед початком зведення монолітного каркаса будівлі необхідно виконати підготовчі заходи, що включають облаштування приоб'єктних складів для зберігання матеріалів, а також організацію майданчиків для приймання бетонної суміші.

Для спорудження каркаса використовується універсальна інвентарна розбірно-переставна опалубка, що забезпечує багаторазове використання та високу точність геометрії конструкцій. Подача елементів опалубки, арматурних каркасів і закладних деталей здійснюється за допомогою баштового крана.

Бетонна суміш доставляється на будівельний майданчик автобетонозмішувачами з найближчого розчинно-бетонного вузла, що дозволяє підтримувати необхідну рухливість і однорідність складу.

Передбачено два основні варіанти подачі бетонної суміші у конструкції:

- за допомогою крана у баддях;
- через систему бетоноводів від стаціонарного бетононасоса.

Після набору бетоном необхідної міцності опалубку розбирають вручну, опускають краном на землю, очищують, змащують і повторно використовують у наступному технологічному циклі.

Інструменти та механізми для бетонних робіт добирають виходячи з інтенсивності бетонування, яка визначається згідно з нормативами витрат часу на укладання суміші бетонниками.

### 3.3 Вибір крану для виконання БМР

Для виконання монтажних-бетонних робіт прийнято приставний баштовий кран, який забезпечує розвантаження арматури, подачу опалубки, бетонної суміші та інших матеріалів у зону виконання робіт.

До основних технологічних параметрів крана належать:

- виліт гака  $L$ , м;
- висота підйому гака  $H$ , м;
- вантажопідйомність  $Q$ , т.

Визначення висоти підйому гака виконується за формулою (3.1):

$$H_k = H_0 + H_6 + H_e + H_{стр}, м \quad (3.1)$$

де  $H_0$  – висота будівлі від дна котловану (82,2 м);

$H_6$  – технологічний зазор для безпечного ведення робіт (0,5 м);

$H_e$  – висота елемента (баддя, 2,3 м);

$H_{стр}$  – висота строп (3,0 м).

$$H_k = 82,2 + 0,5 + 2,3 + 3 = 88,3 м$$

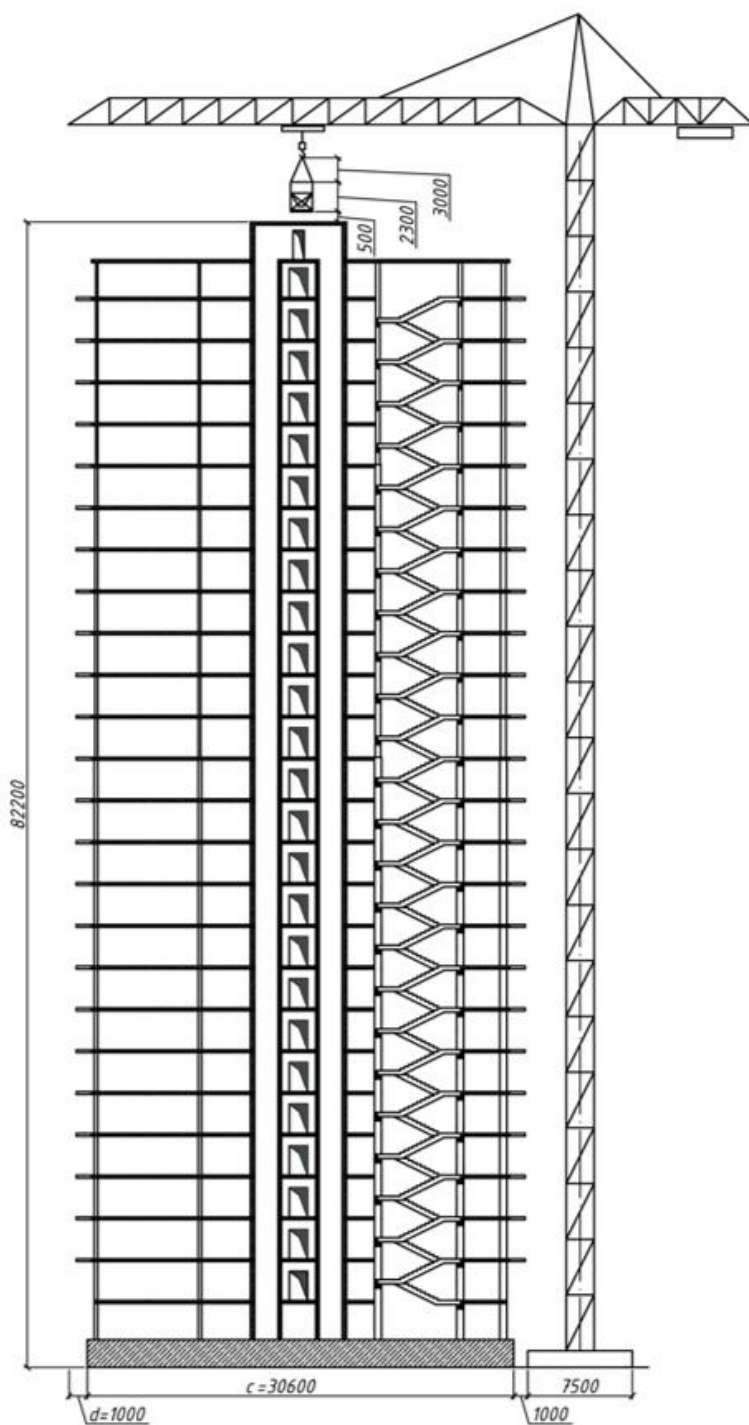


Рисунок 3.1 – Графічна схема до вибору монтажного крану

Виліт гака визначаємо за формулою (3.2):

$$L = \frac{a}{2} + b + c + 1, \text{ м} \quad (3.2)$$

де  $a/2$  – відстань від осі башти до краю фундаменту (3.75 м);

$b$  – зазор між фундаментами крана і будівлі (1 м);

$c$  – ширина будівлі (30.6 м);

$l$  – запас для безпечного підведення вантажу.

Таким чином,

$$L = 3,75 + 1 + 30,6 + 1 = 36,35 \text{ м}$$

Маса підйомного елемента визначається для найбільш навантаженого випадку – підйому бетонної бадді (3.3):

$$Q = Q_b + Q_{\text{бет}} + Q_{\text{стр}}, \text{ т} \quad (3.3)$$

де  $Q_b = 0,33 \text{ т}$  – маса бадді,

$Q_{\text{бет}} = 2,2 \times 2 = 4,4 \text{ т}$  – маса бетонної суміші,

$Q_{\text{стр}} = 0,06 \text{ т}$  – маса строп.

$$Q = 0,33 + 4,4 + 0,06 = 4,79 \text{ т}$$

За розрахованими параметрами обираємо приставний баштовий кран КБ-676-3, що має такі характеристики:

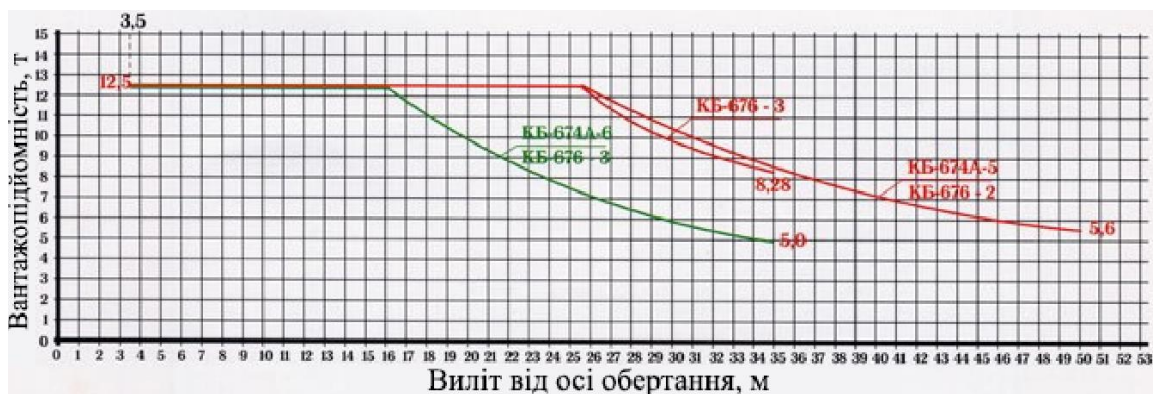


Рисунок 3.2 – Вантажні характеристики обраного крану

- максимальна висота підйому гака – 120 м;
- вантажопідйомність при найбільшому вильоті – 5,6 т;
- робочий виліт стріли – від 3,5 до 35 м;
- висота башти – до 130 м.

Кран кріпиться до споруди за допомогою зв'язків і встановлюється на бетонному фундаменті з анкерним кріпленням. Обертання стріли здійснюється через опорно-поворотний механізм на роликовому кільці.

### **3.4 Календарне планування будівництва**

Календарне планування будівництва є одним з основних етапів організації будівельного процесу, що забезпечує узгодженість і ритмічність виконання робіт на всіх стадіях зведення об'єкта. Його головною метою є визначення послідовності, тривалості та взаємозв'язку між окремими видами робіт із урахуванням технічних, технологічних і ресурсних можливостей.

У процесі календарного планування встановлюються строки початку та завершення кожного етапу, формується графік використання трудових, матеріальних і машинних ресурсів.

Планування дозволяє своєчасно координувати роботу підрядників, оптимізувати завантаження механізмів і уникати простоїв або неузгодженостей між суміжними процесами. Календарний план є основою для організації виробництва на будівельному майданчику. Він визначає ритм виконання робіт, впливає на формування графіків постачання матеріалів, використання техніки та розміщення приоб'єктних складів. На його основі складаються змінно-добові завдання, графіки бетонування, монтажу конструкцій та інших технологічних операцій.

Раціонально розроблений календарний план сприяє скороченню тривалості будівництва, рівномірному використанню робочої сили, забезпеченню безперервності робіт і зниженню собівартості проєкту.

Таким чином, календарне планування є ключовим інструментом управління будівельним виробництвом, який забезпечує узгодженість між технічною частиною проєкту, матеріально-технічним постачанням і економічною ефективністю реалізації об'єкта.

Календарний план-графік наведено в графічній частині дипломного проєкту.

### **3.5 Розробка будівельного генерального плану**

Будівельний генеральний план є основним документом організаційно-технологічного проєктування, який визначає порядок використання території будівельного майданчика протягом усього періоду спорудження об'єкта. Його призначення полягає у забезпеченні раціонального розміщення тимчасових і постійних споруд, будівельної техніки, транспортних шляхів, інженерних комунікацій і зон складування матеріалів.

На плані відображено положення основної будівлі, існуючих та проєктних споруд, тимчасових доріг і допоміжних приміщень, необхідних для безперервного виконання будівельних робіт. Особливу увагу приділено забезпеченню логістики руху транспортних засобів, безпечному розташуванню складів, а також доступності до зон монтажу конструкцій.

Центральна частина відведена під основну будівлю, решта території використовується для розміщення складів будівельних матеріалів, тимчасових будівель і споруд, стоянки для баштового крана, а також мереж електропостачання, водопостачання й освітлення. Тимчасові дороги мають радіус заокруглення згідно нормативів, що забезпечує безпечне пересування будівельної техніки. Робочі зони обладнані прожекторами для виконання робіт у нічний час.

Під час розроблення будівельного генерального плану враховано просторові та технологічні особливості будівництва, послідовність виконання робіт відповідно до календарного графіка, а також вимоги безпеки праці.

Раціональне планування території дозволяє забезпечити зручну логістику, ефективне використання техніки та матеріалів, зменшити тривалість допоміжних операцій і створити умови для безперервного будівельного процесу.

У результаті розроблений будівельний генеральний план забезпечує оптимальну організацію виробництва, підвищує продуктивність праці, скорочує терміни будівництва та гарантує безпечне виконання всіх видів робіт.

### **3.5.1 Визначення площі складів**

Розрахунок площі складських приміщень виконується з метою визначення оптимальних розмірів зон зберігання матеріалів і конструкцій, необхідних для безперебійного забезпечення будівельного процесу. Етап є складовою частиною розроблення будівельного генерального плану та безпосередньо впливає на ефективність використання території майданчика, логістику постачання і тривалість виконання робіт.

Складські приміщення поділяються на відкриті та закриті. Відкриті склади призначені для зберігання матеріалів, що не потребують спеціального захисту від атмосферних впливів (наприклад, арматура, великогабаритні збірні елементи, щебінь, пісок тощо).

Закриті склади застосовуються для матеріалів, чутливих до вологи, пилу чи температурних коливань, таких як цемент, оздоблювальні суміші, електрообладнання, інструменти та опалубні елементи.

Площа складських зон визначається на підставі кількості матеріалів, що необхідно зберігати на майданчику одночасно, з урахуванням графіка їх постачання та використання. Додатково враховуються тип матеріалів, габаритні розміри конструкцій, нормативні відстані між штабелями, проходами для техніки та працівників.

Для підвищення точності розрахунків застосовується коефіцієнт використання площі, який залежить від типу складу і відображає ефективність його заповнення:

для відкритих складів він становить у середньому 0.6–0.8;

для закритих 0.5–0.7.

Таблиця 3.3 – Визначення потреби в матеріалах та площі складів

Найменування матеріалів та од. вимірювань	Потреба у матеріалах		Запас матеріалу		Норма зберігання на 1м <sup>2</sup> складу	Корисна площа складу 1м <sup>2</sup>	Коеф. площі Склад	Повна розрахункова площа складу
	Загальна	Середньо-доб.	Норма Д.Н	Розрахунковий запас				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Руберойд, толь, м2	2476	176,85	10	2476	150	16,5	1,2	19,8
Мінпліта, м3	56,7	14,17	10	56,7	2,0	28,26	1,1	31,08
Щебінь, м3	25,43	2,54	5	18,18	1,5	12,12	1,1	13,33
Цегла т.шт.	616,6	12	5	85,8	1,0	85,8	1,1	94,4
Газобетон т.шт.	416,6	12	5	65,8	1,0	65,8	1,1	54,4

Усі розрахунки виконані у табличній формі за допомогою програмного середовища MS Excel. Отримані результати зведені у таблицю 3.3, де наведено вихідні дані, прийняті нормативні коефіцієнти та підсумкові значення площ для кожного виду складських приміщень.

### 3.5.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд

Під час розрахунку потреби у тимчасових будівлях і спорудах основною метою є створення раціональної структури будівельного майданчика, яка забезпечує безперервність робіт і комфортні умови для

персоналу. Визначення кількості та площ тимчасових приміщень проводиться з урахуванням чисельності працівників у найбільш завантажену зміну, що встановлюється за календарним графіком виконання робіт. Максимальна кількість робітників, які одночасно перебувають на об'єкті, становить 56 осіб.

Для організаційної ефективності та чіткого розподілу функцій у складі персоналу передбачено інженерно-технічних працівників, службовців і допоміжний обслуговчий персонал. Розрахунок проведено в табличному вигляді та наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Визначення площі тимчасових будівель та споруд

Найменування тимчасових будівель	Розрахункова чисельність робітників, ІТРМОП	Норма 1 робітника		Розрахункова площа, м <sup>2</sup>	Розміри в плані, м	Кількість будівель	Прийнята площа, м <sup>2</sup>	Конструктивна характеристика будівлі
		Од. вим	Кількість					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Службові будівлі								
Прорабська	3	м <sup>2</sup>	4,0	12	2,7x9	1	24,3	Передвижн е
Сторожка	1	м <sup>2</sup>	3,0	3	2,7x3	1	8,1	Кон-р
Санітарно-побутові приміщення								
Кім. відпоч.	56	м <sup>2</sup>	0,75	42	2,7x9	2	48,6	Передвижн е
Вбиральня	56	м <sup>2</sup>	0,6	94,08	2,7x18	2	97,2	Пересуванн я
Душова	56	м <sup>2</sup>	0,82					
Умивальник	56	м <sup>2</sup>	0,06					
Прим. сушіння	56	м <sup>2</sup>	0,2	11,2	2,7x6,0	1	16,2	-/-
Туалет	60	м <sup>2</sup>	0,1	6	2,7x6,0	1	16,2	Кон-р
Їдальня на 50 місць			11,4x24		Контейнерне 273,6 м <sup>2</sup> - 1шт.			

Частка інженерно-технічних працівників становить 10% від кількості робітників, службовців – 2,5%, а молодшого обслуговчого персоналу – 1,5%. У результаті загальна чисельність працюючих на об'єкті становить 45 осіб, включаючи всі категорії персоналу.

На основі цих даних розроблено перелік і параметри тимчасових будівель та споруд, необхідних для забезпечення життєдіяльності будівельного майданчика. До складу входять адміністративні, санітарно-побутові, виробничі та допоміжні приміщення, які забезпечують належні умови праці, відпочинку, зберігання матеріалів та обслуговування техніки.

Розрахунок виконано з урахуванням санітарних норм, вимог безпеки та раціонального використання території. Отримані результати наведено у таблиці 3.4, де відображено найменування споруд, їх призначення та розрахункові площі, що гарантують ефективне функціонування будівельного майданчика протягом усього періоду виконання робіт.

### **3.5.3 Розрахунок водопостачання буд. майданчику**

Визначення потреби у водопостачанні будівельного майданчика є важливим етапом проектування інженерної інфраструктури, що забезпечує технологічні процеси, побутові потреби персоналу та пожежну безпеку об'єкта. Розрахунок виконується з урахуванням сумарного споживання води, необхідного для виробничих операцій (зокрема, приготування бетонної суміші, зволоження конструкцій, очищення обладнання), а також для санітарно-гігієнічних і господарсько-питних потреб працівників. Окремо передбачається обсяг води для протипожежних заходів.

Визначаємо загальну витрату води за формулою (3.4)

$$Q_{\text{вир}} = Q_{\text{пож}} + Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.4)$$

Обсяг води на виробничі потреби визначається за нормативними питомими витратами, які враховують обсяги бетонних і монтажних робіт, а також кількість змін і тривалість їх виконання.

Розрахунок проводимо в табличному вигляді (табл. 3.5):

Таблиця 3.5 – Розрахунок витрати на виробничі потреби

Процеси споживача	од.	Питома витрата л	Тривалість споживання год	Кількість	Загальна витрата води
Робота екскаватора	маш-ч	12	8	24,12	289,44
Заправка екскаватора	1 маш	100	8	1	100
Штукатурні роботи	м <sup>2</sup>	7	8	20555	143885
Малярні роботи	м <sup>2</sup>	0,5	8	11059	5530
Заправка та обмивка транспорту	1 маш	400	24	1	400
Зволоження ґрунту при ущільненні	м <sup>3</sup>	150	8	21,3	3204

та за формулою (3.5):

$$Q_{\text{вир}} = \frac{Q_{\text{вир.заг.}} \times 1,5}{T \times 3600}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.5)$$

$$Q_{\text{вир}} = (153408 * 1,5) / (8 * 3600) = 7,99 \text{ л / с}$$

Під час розрахунку застосовується коефіцієнт нерівномірності споживання, що становить у середньому від 1,2 до 1,5, і враховує пікові витрати води в періоди інтенсивного будівництва. На основі цих параметрів визначається середня витрата води у літрах за секунду для виробничих процесів.

Потреба у воді для господарсько-побутових цілей залежить від чисельності персоналу, кількості душових, умивальників та інших санітарних приладів. Розрахунок проводиться з урахуванням нормативної витрати води на одну особу за зміну, а також коригується з використанням коефіцієнта добової нерівномірності.

Визначаємо витрату води на господарсько-побутові потреби (3.6):

$$Q_{\text{госп}} = \frac{Q_{\text{вир.заг.}} \times K_2}{T \times 3600}, \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{госп}} = \frac{40 \times 22 \times 2}{8 \times 3600} = 0,098 \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.6)$$

Крім виробничих і побутових витрат, до розрахунку включається постійна витрата води на протипожежні потреби. Для даного будівельного майданчика вона прийнята на рівні 10 л/с, що відповідає встановленим вимогам безпеки для об'єктів подібної площі.

Сумарна витрата води визначається як сума виробничого, побутового та пожежного водоспоживання, що дозволяє встановити максимальне навантаження на систему водопостачання у період найінтенсивніших робіт.

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{пож}}, \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$Q_{\text{заг}} = 7,99 + 0,098 + 10 = 18,02 \text{ л/с}$$

Після визначення загальної витрати розраховується діаметр трубопроводу, який забезпечує необхідну пропускну здатність системи при допустимій швидкості руху води (3.10):

$$d = \sqrt{\frac{(4 \times P \times 1000)}{\pi \times v}}, \text{ мм}$$

$$d = \sqrt{\frac{(4 \times 18,02 \times 1000)}{3,14 \times 2}} = 107,1 \text{ мм} \quad (3.7)$$

У результаті розрахунків прийнято діаметр трубопроводу 110 мм, що гарантує стабільну подачу води для всіх потреб будівельного майданчика — виробничих, побутових і протипожежних.

### 3.5.4 Визначення потреби в електропостачанні

Розрахунок потреби в електроенергії для будівельного майданчика виконується з урахуванням обсягів і тривалості робіт, визначених календарним планом будівництва. Метою цього розрахунку є встановлення необхідної потужності та кількості електроенергії, що забезпечить безперебійну роботу всіх споживачів під час зведення об'єкта.

Розрахунок проведено в табличному вигляді та наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Визначення потреби в електропостачанні

№	Найменування споживачів	Од. змін.	Кількість	Питома потужність	Коеф-т потужності,	Коеф. попит у Кс	Трансформаторна потужність
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Виробничі.</b>							
1	Штукатурний апарат СО-75	шт.	1	1,5	0,55	0,15	0,4
2	Компресор	шт.	1	4,5	0,8	0,7	3,9
	Разом:	-	-	-	-	-	4,3
<b>Технологічні потреби.</b>							
1	Зварювальний трансформатор.	шт.	2	19,4	0,4	0,35	34
2	Баштовий кран	шт.	1	40	0,4	0,35	34
	Разом:	-	-	-	-	-	68
<b>Внутрішнє висвітлення.</b>							
1	Раб. місця при оздоблювальних роботах	100м <sup>2</sup>	2,96	1,5	1,0	0,8	23,3
2	Санітарно-побутові приміщення	100м <sup>2</sup>	1,38	1,5	1,0	0,8	2,59
3	Їдальні	100 <sup>2</sup>	1,24	1,5	1,0	0,8	1,49
	Разом:	-	-	-	-	-	27,38
<b>Зовнішнє освітлення.</b>							
1	Буд майданчики	1000м <sup>2</sup>	20	1,5	1,0	1,2	36
2	Відкритих складів	1000м <sup>2</sup>	1,4	0,35	1,0	1,0	0,41
3	Головних проїздів	1000м <sup>2</sup>	1,7	0,6	1,0	1,0	1,02
4	Аварійне освітлення	1000м	1,7	2,0	1,0	1,0	3,4
	Разом:	-	-	-	-	-	40,33
	<b>Всього:</b>	-	-	-	-	-	140,01

Під час визначення потреби враховуються типи будівельних процесів, склад і продуктивність механізмів, а також режими їх роботи. Для кожного виду обладнання приймаються нормативи витрат електроенергії, які відповідають технологічним вимогам і характеру виконуваних операцій. При цьому враховуються витрати на основні будівельно-монтажні процеси, роботу підйомних механізмів, електроінструменту, освітлення, а також на побутові та допоміжні потреби.

Отримані результати дають змогу визначити сумарну встановлену потужність і розрахункове навантаження на електромережу. Це є основою для вибору системи електропостачання, розрахунку перерізів кабелів, захисних пристроїв і визначення параметрів тимчасової трансформаторної підстанції.

Визначаємо загальну потужність трансформатора за формулою:

$$P_y = 1,1 \left( P_{\text{п}} \cdot \frac{K_{1c}}{C_{\text{осф}}} + P_{\text{т}} \cdot \frac{K_{2c}}{C_{\text{осф}}} + P_{\text{в.о}} \cdot K_{3c} + P_{\text{н.о}} \right) \text{кВт}$$

$$P_y = 1,1 \left( 140,01 \cdot \frac{K_{1c}}{C_{\text{осф}}} + P_{\text{т}} \cdot \frac{K_{2c}}{C_{\text{осф}}} + P_{\text{в.о}} \cdot K_{3c} + P_{\text{н.о}} \right) \quad (3.8)$$

$$P_y = 1,1 \cdot 140,01 = 154,01 \text{кВт}$$

де  $P_y$  – розрахункова потужність трансформатора, кВт;

1,1 – поправковий коефіцієнт, що враховує втрати електричної потужності в мережі;

$P_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{т}}$ ,  $P_{\text{в.о}}$ ,  $P_{\text{н.о}}$  – потужність, необхідна відповідно для виробничих, технологічних потреб, а також для внутрішнього й зовнішнього освітлення, кВт;

$K_{1c}$  – коефіцієнти попиту, що визначаються залежно від кількості та характеру електроспоживачів;

$\cos\phi$  – коефіцієнт потужності, який характеризує співвідношення активної та повної потужності в електричній мережі.

Визначення необхідної потужності трансформатора є одним з ключових етапів у проектуванні системи електропостачання. На цьому етапі оцінюється сумарне навантаження всіх споживачів з урахуванням коефіцієнтів попиту, потужності та можливих втрат у мережі. Розрахована потужність трансформатора забезпечує роботу всього комплексу обладнання будівельного майданчика, включно з виробничими механізмами, системами освітлення та технологічними установками. Обираємо силовий трансформатор ТСЗ 180 кВА.

Розроблений розрахунок електропостачання дозволяє визначити оптимальну схему живлення об'єкта, гарантувати стабільну роботу обладнання, уникнути перевантажень електромережі та забезпечити необхідний рівень енергетичної ефективності протягом усього періоду будівництва.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

### 4.1 Охорона праці під час виконання опалубних і бетонних робіт

До виконання операцій, пов'язаних із приготуванням та нанесенням мастильних матеріалів, допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання та спеціальний інструктаж. Під час роботи з пневморозпилювачем персонал має бути забезпечений засобами індивідуального захисту: захисними окулярами, респіраторами, гумовими чоботами та брезентовими костюмами.

Перебування осіб, які не беруть участі у нанесенні мастила, у зоні виконання цих робіт забороняється. Оскільки застосовуються горючі речовини, необхідно посилити протипожежні заходи.

Ділянку, де проводиться обробка опалубки мастильною сумішшю, слід попередньо очистити від сміття та сторонніх предметів. У видимих місцях мають бути розміщені попереджувальні знаки із заборонаю куріння та використання відкритого вогню.

Мастильні матеріали зберігають тільки в щільно закритій металевій тарі, а їх кількість на робочому місці не повинна перевищувати обсягу, необхідного на одну зміну. Забороняється складати на опалубці інструменти, обладнання чи матеріали, не передбачені проектом виконання робіт, а також допускати перебування на ній сторонніх осіб.

Під час бетонування необхідно постійно контролювати стан опалубки, її кріплень та підтримувальних елементів. У разі виявлення деформацій чи зміщень конструкції потрібно негайно усунути дефекти, а за потреби – тимчасово припинити подачу бетонної суміші на відповідній ділянці. Демонтаж опалубки дозволяється виконувати лише після досягнення бетоном розпалубної міцності не менш ніж 0,2...0,3 МПа.

Рішення про початок розбирання приймає виконроб, а щодо відповідальних конструкцій – головний інженер згідно з вимогами проектної документації. Роботи з розбирання мають проводитися в такій послідовності,

щоб залишені елементи залишалися стійкими та не втрачали несучої здатності. Робочі місця та підходи до них, розташовані на висоті від 1,3 м і ближче ніж 2 м до небезпечної зони перепаду висот, потрібно огороджувати тимчасовими бар'єрами відповідно до вимог нормативних документів.



Рисунок 4.1 – Безпека праці при використанні машин та механізмів

Мінімальна ширина проходів становить 0,6 м, а висота у світлі – не менше 1,8 м. Усі проходи та робочі зони мають регулярно очищатися та не повинні захаращуватися. Освітленість робочих місць повинна відповідати встановленим нормам і становити щонайменше 30 лк під час монтажу опалубки. Виконання робіт у темних або неосвітлених місцях заборонене.

Приставні драбини необхідно встановлювати під кутом  $75^\circ$  до горизонталі та обладнувати опорами, що запобігають ковзанню. Арматуру дозволяється зберігати лише на спеціально виділених майданчиках. Торці стрижнів, розташованих поблизу проходів, слід закривати захисними щитами. Арматурні елементи мають укладатися у пакети з урахуванням їх маси та умов подальшого переміщення. Переміщення бункера для бетонної суміші — як завантаженого, так і порожнього — допускається лише при закритому затворі

та з дотриманням мінімальної відстані 1 м від виступаючих частин конструкцій. Під час ущільнення бетону електровібраторами забороняється тягнути обладнання за електричні кабелі.

#### **4.2 Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та порядок їх видачі**

Підрядна організація, що виконує будівництво монолітного житлового будинку з адміністративними приміщеннями, повинна гарантувати належний рівень безпеки персоналу шляхом забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. У штаті компанії, яка спеціалізується на зведенні каркасних багатоповерхових споруд, передбачено посаду інженера з охорони праці. Саме на нього покладається відповідальність за визначення потреби у засобах захисту та контроль за їх правильним використанням.



Рисунок 4.2 – Засоби індивідуального захисту в будівництві

Підбір засобів індивідуального захисту здійснюється після оцінювання умов праці та характеру виробничих процесів. Особливу увагу приділяють роботам на висоті, бетонуванню, монтажним і арматурним операціям, а також вантажопідйомним процесам.

Усі ці види робіт пов'язані з підвищеним ризиком, тому працівники мають бути забезпечені захисними засобами, що мінімізують травмонебезпеку. Працівники, зайняті на роботах зі шкідливими або небезпечними факторами, отримують сертифіковані засоби індивідуального захисту згідно з чинними нормативами. Фінансування закупівлі та видачі таких засобів повністю здійснюється роботодавцем.

Нормативні документи передбачають забезпечення працівників засобами незалежно від форми власності підприємства чи специфіки виконуваних робіт. Якщо певні засоби захисту не передбачені типовими нормами, роботодавець може видавати їх додатково на підставі оцінки умов праці та результатів атестації робочих місць.

Під час укладання трудового договору роботодавець зобов'язаний ознайомити працівника з порядком видачі засобів індивідуального захисту та нормами їх використання. Строк експлуатації засобів визначається з моменту фактичної видачі. Для теплового спецодягу до строку служби включають також періоди сезонного зберігання. У разі пошкодження або виходу з ладу засобів індивідуального захисту з причин, що не залежать від працівника, роботодавець повинен замінити їх у найкоротші строки.

При видачі респіраторів, захисних поясів, касок, саморятівників та іншого спеціального обладнання працівники проходять обов'язковий інструктаж з правил користування та перевірки справності. Роботодавець не має права видавати засоби, які не відповідають вимогам безпеки або не мають сертифіката відповідності.

Належний рівень безпеки на будівництві досягається лише за умови системного забезпечення працівників усіма необхідними засобами індивідуального захисту та суворого дотримання порядку їх використання. Це дозволяє знизити ризики травматизму й підтримувати безперервність виробничого процесу. Засоби індивідуального захисту класифікуються за функціональним призначенням.

Для умов монолітного будівництва найбільш значущими є захисний спецодяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук і голови, захисні окуляри, страхувальні системи для робіт на висоті та комбіновані комплекти для виконання складних операцій.

Кожна група засобів повинна відповідати вимогам щодо міцності, стійкості до зовнішніх впливів і безпеки під час використання у конкретних виробничих умовах. Засоби індивідуального захисту видають відповідно до професії, умов праці та фактичного характеру робіт.

Працівники технічного нагляду, майстри та бригадири отримують ті самі засоби, що й робітники відповідних спеціальностей, якщо вони виконують аналогічні операції.

Організація зобов'язана забезпечувати працівників тільки справними та придатними до використання засобами, а також вести їх облік і організовувати належне зберігання.

Системний підхід до забезпечення засобами індивідуального захисту є необхідною умовою безпечного виконання будівельно-монтажних робіт та основою стабільної і безперервної діяльності підприємства.

#### **4.3 Захист навколишнього середовища при виконання будівництва в контексті урбанізації**

Урбанізація є ключовим фактором, що визначає напрями розвитку будівельної галузі. Зростання чисельності міського населення та концентрація економічної активності спричиняють потребу у спорудженні житлових комплексів, громадських будівель, транспортної та інженерної інфраструктури. Будівництво в умовах інтенсивної урбанізації формує нові міські простори, водночас створюючи екологічні навантаження, які необхідно враховувати на етапах проєктування та експлуатації об'єктів.

Міста характеризуються високою щільністю забудови та споживанням значної кількості природних ресурсів. Будівництво нових кварталів

передбачає активне використання будівельних матеріалів, водних ресурсів, енергії, а також трансформацію територій. Розширення меж урбанізованої зони часто відбувається за рахунок природних або сільськогосподарських земель, що впливає на структуру ландшафту і може знижувати екологічну стійкість територій.



Рисунок 4.3 – Концептуальне представлення зеленого будівництва паралельно з урбанізацією

Під час спорудження багатоквартирних будинків екологічні проблеми найчастіше пов'язані з порушенням ґрунтового шару, утворенням будівельних відходів, збільшенням транспортного навантаження та пилового забруднення. У процесі бетонування, монтажу конструкцій і роботи підйомних механізмів формується додатковий шумовий вплив. Усі ці фактори потребують технологічних рішень: застосування малошумних механізмів, заходів пилопригнічення, організованого вивезення відходів, оптимізації логістики на будмайданчику.

Після завершення будівельних робіт на екологічний стан впливає експлуатація нових об'єктів. Щільна забудова створює локальні зміни мікроклімату: знижується швидкість повітряного потоку, збільшується температура, формуються «теплові острови». Наявність автомобільного руху,

комунікаційних мереж та інженерних споруд змінює стан атмосфери й водних пластів. У великих житлових масивах особливо важливими стають питання відведення стічних вод, енергоефективності будівель і системного поводження з відходами.

Будівництво є основним механізмом просторової трансформації міста. На умовному прикладі розвитку територій уздовж вул. Кольцова можна простежити закономірність: заміщення малоповерхової забудови багатоквартирними житловими комплексами формує умови для подальшого зростання населення, розвитку соціальної інфраструктури, транспортних розв'язок і комерційних об'єктів.

Розширення житлової забудови з часом змінює функціональну структуру території: промислові підприємства поступово виносяться за межі активної забудови, вузькі вулиці замінюються магістральними дорогами, а колишні периферійні ділянки перетворюються на повноцінні урбанізовані зони з високою щільністю населення. Таким чином, будівництво не лише задовольняє потребу в житлі, а й визначає напрям екологічних змін у міському середовищі.

Попри наявні екологічні ризики, урбанізація створює можливість впровадження сучасних екологічних стандартів у будівництві: застосування енергоощадних матеріалів, систем очищення повітря і води, зелених зон, дахових садів, технологій замкненого водозабезпечення, електротранспорту та раціонального поводження з відходами. Саме якість будівельних рішень визначає ступінь впливу урбанізації на навколишнє середовище.

Узагальнюючи, можна зазначити: урбанізація є об'єктивним процесом розвитку міста, а будівництво відіграє роль головного інструменту цього розвитку. Екологічний ефект урбанізації залежить від того, наскільки відповідально враховуються природоохоронні вимоги при проектуванні, спорудженні та подальшій експлуатації будівель і інфраструктури.

#### 4.4 Порядок юридичних дій при нещасному випадку

Після отримання інформації про нещасний випадок роботодавець видає розпорядження про створення комісії. До її складу включають представника роботодавця, спеціаліста з охорони праці, представника працівників та, за необхідності, фахівців відповідного профілю. Комісія проводить опитування очевидців, аналізує умови праці та технологічний процес, отримує пояснення від працівників, чия діяльність могла мати відношення до події. Якщо постраждалий перебуває у стані, який дозволяє комунікацію, обов'язково беруться його пояснення.

До пакету документів, що формуються за результатами роботи, входять:

- розпорядчий документ про створення комісії;
- плани та схеми місця події, фотоматеріали;
- протоколи огляду місця події та опитувань;
- дані щодо стану робочого місця та наявності небезпечних факторів;
- інформація щодо проведених інструктажів і перевірки знань постраждалого;
- експертні висновки фахівців, технічні розрахунки та результати досліджень;
- медичний висновок щодо характеру травми, ступеня тяжкості ушкоджень та можливих обставин, що могли вплинути на подію;
- документи, що підтверджують забезпечення працівника засобами індивідуального захисту;
- додаткові матеріали, якщо їх необхідність визначена головою комісії.

Для повного та об'єктивного дослідження обставин роботодавець забезпечує проведення необхідних технічних розрахунків, експертиз, лабораторних аналізів, а також організовує фотофіксацію або відеозйомку місця події. Комісії надаються приміщення, транспорт та засоби зв'язку, а також доступ до документації, пов'язаної з охороною праці.

Комісія встановлює причини нещасного випадку, визначає, чи був він пов'язаний із виконанням трудових обов'язків, та встановлює осіб, які допустили порушення. Також формуються пропозиції щодо усунення причин інциденту та запобігання подібним випадкам у майбутньому.

За результатами розслідування оформлюється акт встановленої форми, у якому викладаються обставини події, висновки комісії та зазначаються відповідальні особи. Акт підписується всіма членами комісії та затверджується роботодавцем. Один примірник акта передається постраждалому або його представнику, другий – зберігається у роботодавця протягом строку, визначеного законодавством. У разі страхового випадку роботодавець додатково направляє копії документів до відповідного страхового органу.

Якщо нещасний випадок не пов'язаний із виробництвом, складається акт іншої форми, який також має юридичну силу та відображає всі встановлені факти.

## **РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА**

### **5.1 Теоретичні основи BIM-моделювання та технологій Autodesk Revit**

#### **5.1.1 Сутність BIM-підходу та його відмінності від традиційного проектування**

Building Information Modeling – це інноваційний підхід до проектування будівель і споруд, що кардинально відрізняється від традиційного CAD-проектування. В основі BIM лежить створення цілісної цифрової інформаційної моделі будівлі, яка містить не лише геометрію об'єкта, але й пов'язані дані про його характеристики, матеріали, вартість, експлуатацію тощо.

На відміну від двовимірного проектування, де результатом є набір окремих креслеників, BIM-модель об'єднує всі розділи проекту у спільну базу даних. Це означає, що зміна будь-якого параметра або елемента в BIM-моделі автоматично спричиняє оновлення пов'язаних з ним елементів і всіх відповідних креслень, специфікацій та візуалізацій.

Таким чином, BIM-технологія забезпечує єдину актуальну інформаційну модель будівлі протягом усього життєвого циклу проекту – від концепції до завершення експлуатації.

Традиційний підхід до проектування (CAD) передбачає розроблення окремих двовимірних креслень (плани, розрізи, фасади) та текстових документів, які часто існують незалежно один від одного.

Проектувальники мусять вручну узгоджувати між собою ці кресленики: будь-яка зміна в плані вимагає внесення тієї ж зміни в розрізах, специфікаціях та інших документах, що створює ризик невідповідностей і помилок. BIM-підхід усуває цю проблему завдяки інтегрованій моделі: вся інформація зберігається централізовано, а фахівці різних спеціальностей працюють з єдиним цифровим прототипом об'єкта. Це спрощує координацію та колективну роботу над проектом, дозволяючи паралельно розробляти різні

розділи із гарантією їх узгодженості. Як наслідок, зменшується кількість помилок та дублювання роботи: відсутня потреба кількаразово вводити одні й ті самі дані або виправляти їх у різних файлах. Окрім того, BIM-модель підтримує інтеперабельність між різними програмними засобами – інформація може обмінюватися між архітектурними, конструктивними, кошторисними та іншими додатками без втрати даних.

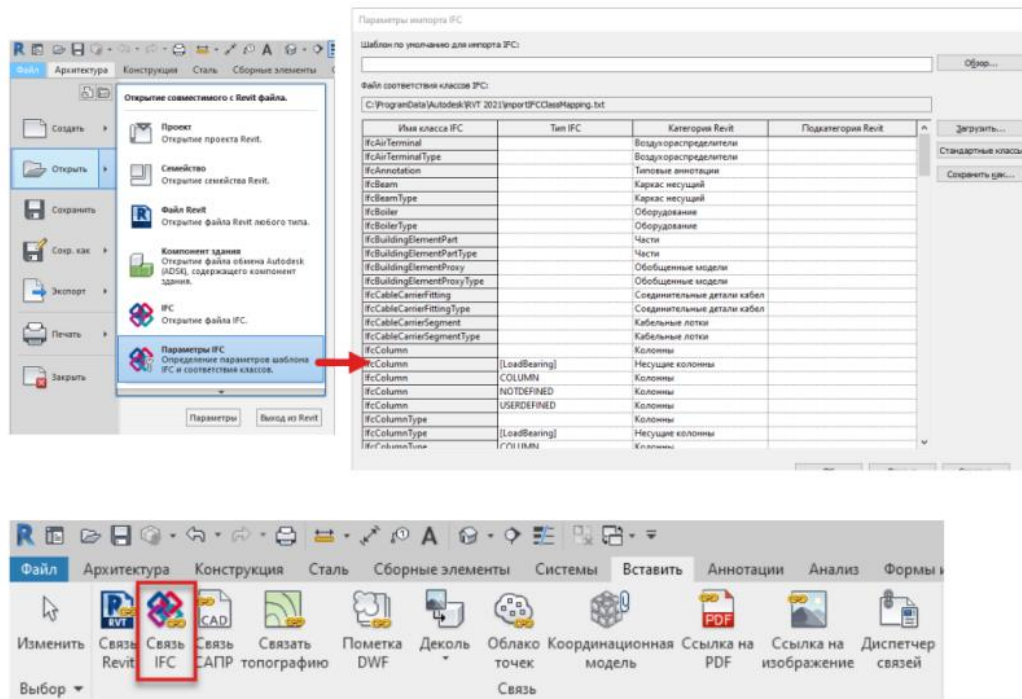


Рисунок 5.1 – Параметры та зв'язок IFC в Autodesk Revit [31]

У цілому, сутність BIM-підходу полягає в переході від розрізнених двовимірних креслень до єдиної тривимірної інформаційної моделі, що забезпечує більш глибокий аналіз проєкту, прозорий обмін інформацією і економію часу завдяки автоматизації рутини. Це підтверджується світовим досвідом: лідером у впровадженні BIM є Великобританія, де на державному рівні поставлено мету скоротити вартість будівництва на 33% за рахунок інформаційного моделювання (станом на 2017 рік вже було досягнуто близько 20% економії кошторисної вартості проєктів). Таким чином, сучасні вимоги до ефективності будівництва стимулюють перехід на BIM-технології, які, на

відміну від традиційного проєктування, дозволяють досягти вищої якості документації та суттєвої економії трудових ресурсів.

### 5.1.2 Функціональні можливості Autodesk Revit для архітектурно-конструктивного моделювання

Autodesk Revit – один з найпоширеніших програмних комплексів, що реалізує принципи BIM-моделювання будівель і споруд. Revit призначений для архітекторів та інженерів-конструкторів і надає інструменти як для тривимірного моделювання елементів будівлі, так і для автоматизованого отримання класичних плоских креслеників.

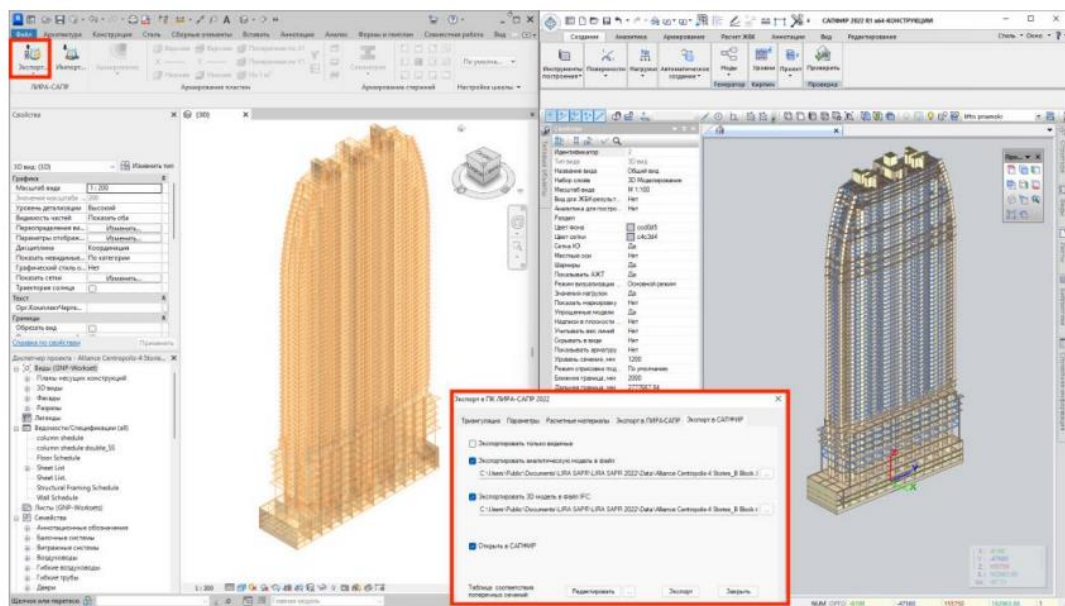


Рисунок 6.2 – Інтеграція проєктів з Revit [31]

У середовищі Revit користувач працює з параметричними об'єктами будівлі: стінами, колонами, перекриттями, покрівлею, вікнами, дверима та ін. Кожен такий елемент має набори властивостей (матеріал, розміри, тип тощо) і може бути взаємопов'язаний з іншими елементами моделі. Це дозволяє створювати детальний тривимірний опис архітектурно-конструктивної частини проєкту. Програма об'єднує в собі засоби для різних дисциплін

проектування – архітектури, конструкцій, інженерних систем – у єдиному середовищі. Архітектори можуть розробляти планувальні рішення, паралельно конструктори – модель несучого каркасу, причому всі елементи суміщені в єдиній координатній моделі будівлі. Це дає змогу виявляти колізії (наприклад, перетин балки з віконним прорізом) ще на етапі проектування і усувати їх до випуску документації.

Однією з ключових функцій Revit є автоматична генерація документації. На основі створеної 3D-моделі програма здатна автоматично формувати необхідні види: плани поверхів, розрізи, фасади, тривимірні види, вузли тощо. Проектувальник лише задає положення розрізу чи інші параметри виду, після чого Revit генерує кресленик згідно з поточним станом моделі. Усі такі види динамічно пов'язані з моделлю: якщо модель змінюється, кресленики також оновлюються. Таким чином забезпечується повна узгодженість між різними листами документації без додаткових зусиль інженера. Аналогічно, Revit дозволяє автоматично отримувати специфікації та відомості – наприклад, експлікації приміщень, відомість елементів перекриття, специфікацію балок тощо – шляхом вибірки даних із моделі. Всі кількісні показники (площі, об'єми матеріалів, кількість елементів) програма підраховує самостійно, беручи інформацію із властивостей об'єктів моделі.

Ще одна важлива можливість Autodesk Revit – це робота в команді. Програма підтримує спільне використання моделі кількома користувачами одночасно: файли проекту можуть бути розділені на центральну модель і локальні копії, що дозволяє декільком фахівцям одночасно працювати над різними частинами будівлі. Внесені одним користувачем зміни можуть бути об'єднані і синхронізовані для всіх, хто працює над проектом. Цей механізм забезпечує узгодженість роботи і усуває проблему дублювання або втрати даних при зведенні декількох окремих креслень докупи.

З точки зору архітектурно-конструктивного моделювання, Revit надає широкі функціональні можливості: від ескізного об'ємно-планувального рішення до детального опрацювання конструкцій. Архітектор може

створювати тривимірну архітектурну модель будівлі (стіни, підлоги, дахи, сходи, двері, вікна тощо), оформляти плани поверхів з експлікаціями приміщень, генерувати фасади та розрізи з позначенням конструктивних елементів.

Паралельно інженер-конструктор працює з тією ж моделлю або підключає свою конструктивну модель, що містить несучі елементи – колони, балки, плити, фундаменти, арматуру.

Revit має вбудовані засоби для моделювання армування залізобетону, генерації специфікацій арматури, перевірки несучих схем, а також може інтегруватися з розрахунковими програмами (наприклад, Autodesk Robot Structural Analysis) для перевірки міцності конструкцій.

Усі ці можливості спрямовані на те, щоб значно підвищити продуктивність праці проєктувальників.

Практика показує, що використання Revit дозволяє прискорити виконання архітектурно-конструкторської частини проєкту: за рахунок автоматизації рутинних операцій етап проєктування будівель може бути скорочений приблизно на 30% порівняно з традиційними методами. Одночасно поліпшується контроль якості – модель містить більше інформації, тому перевірка і аналіз проєктних рішень стають ефективнішими.

Завдяки цим перевагам Revit став стандартним інструментом BIM-проєктування у багатьох провідних проєктних організаціях світу, а тепер поступово впроваджується і в Україні.

У проєктуванні під трудовитратами розуміють сумарні витрати робочого часу фахівців, необхідні для виконання певного обсягу проєктних робіт. Цей показник часто виражається в людино-годинах або людино-днях і є одним із ключових критеріїв ефективності проєктної діяльності. В умовах виробничого проєктного інституту трудовитрати прямо впливають на собівартість проєктної документації та дотримання строків виконання робіт. Скорочення трудовитрат означає, що той самий обсяг документації може бути

випущений меншими зусиллями або швидше, що підвищує продуктивність праці проєктувальників і рентабельність проєктних організацій.

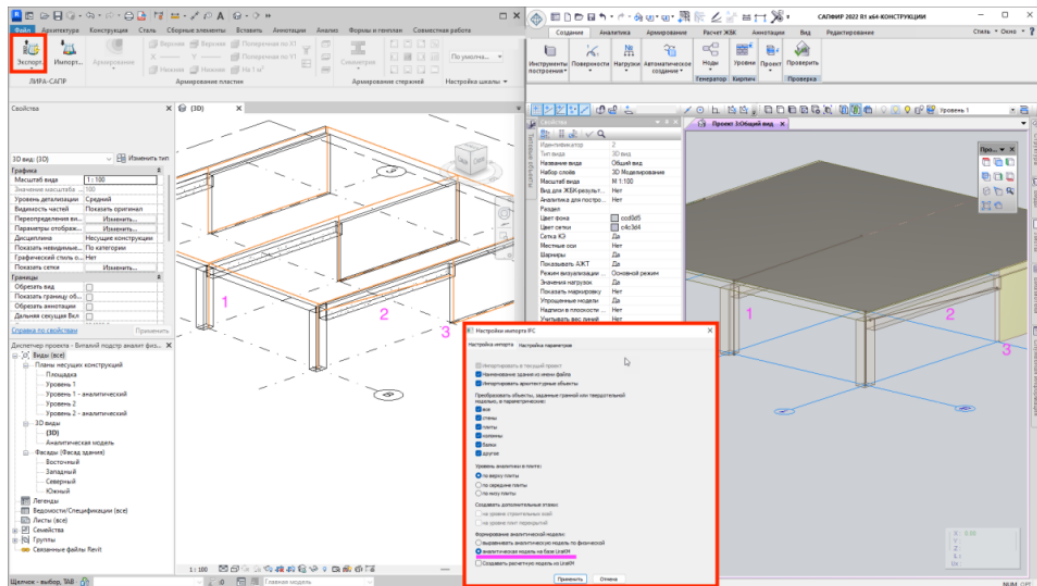


Рисунок 6.3 – Передача аналітичної 3D-model до програмного комплексу ЛІРА з середовища Autodesk [31]

Для оцінювання трудовитрат у проєктній діяльності застосовуються різні підходи.

Перший – нормативний: у галузі будівництва існують довідники норм часу (трудомісткості) на виконання типових проєктних завдань. Такі нормативи встановлюються на основі аналізу великої кількості реалізованих проєктів і визначають умовно необхідну кількість людино-годин на розробку одиниці того чи іншого виду документації (наприклад, на один аркуш креслення певної марки, на модель будівлі певної площі тощо).

Керуючись цими нормами, керівник проєкту може на етапі планування оцінити очікувані трудозатрати і, відповідно, вартість проєктних робіт.

Проте в сучасних умовах, коли впроваджуються нові технології проєктування (такі як BIM), використання застарілих нормативів може бути не зовсім коректним – нові технології змінюють структуру витрат часу на ті чи інші операції.

Другий підхід – експериментальний або аналітичний – полягає у безпосередньому вимірюванні фактичних трудовитрат при виконанні проєктних завдань. У рамках такого підходу проводиться детальний облік робочого часу, який спеціалісти витрачають на різні операції: моделювання, оформлення креслень, перевірку колізій, підрахунок відомостей тощо. Зібравши ці дані, можна проаналізувати, які саме етапи є найбільш трудомісткими і як впровадження BIM впливає на їх тривалість.

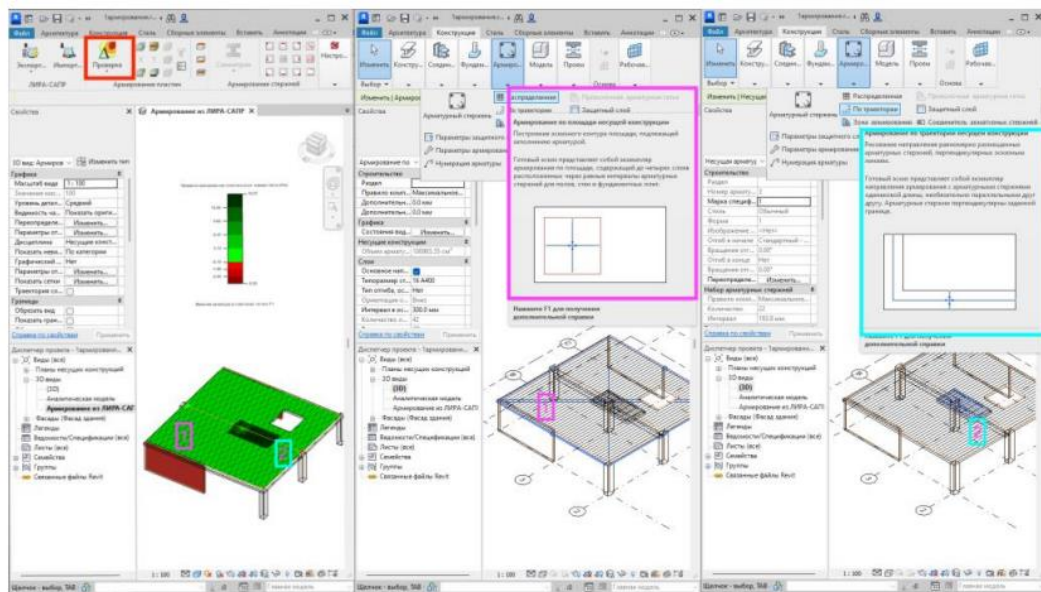


Рисунок 6.4 – Можливості армування залізобетонних конструкцій [31]

Наприклад, фахівці можуть порівнювати, скільки людино-годин йде на випуск комплекта креслень будівлі засобами традиційного САД-проектування проти BIM-підходу. Подібні дослідження дозволяють кількісно оцінити ефект від нових технологій. Зокрема, одним з інтегральних показників може служити зміна загальної тривалості проєктування: скорочення календарних строків виконання проєкту опосередковано відображає зниження трудовитрат (за умови стабільної чисельності команди). Так, якщо за рахунок BIM етап проєктування вдається завершити раніше – це свідчить про менші сумарні витрати робочого часу інженерів.

Іншим показником є пряме порівняння витрат часу на окремі процеси: наприклад, час на оформлення планів і розрізів вручну проти автоматичного формування цих видів в Revit, або час на складання специфікацій матеріалів вручну (в електронних таблицях) проти автоматичного генерування специфікацій з моделі. Вимірювання таких параметрів дає чітке уявлення, які саме аспекти BIM-технології найбільше впливають на продуктивність.

Важливо зазначити, що оцінка трудовитрат повинна також враховувати якісні показники. Зменшення трудомісткості не має супроводжуватися погіршенням якості документації.

Тому аналіз ефективності BIM включає не лише підрахунок зекономлених годин, а й врахування наслідків для якості проєктних рішень, кількості помилок і переробок.

Кінцева мета впровадження інформаційного моделювання – це підвищення загальної ефективності проєктно-будівельного процесу: одночасне скорочення трудовитрат, вартості і календарних строків при покращенні якості та узгодженості проєктної документації.

## **5.2 Методика оцінювання впливу BIM-моделювання на трудовитрати**

### **5.2.1 Вибір об'єкта та обсягу архітектурно-конструктивної документації для порівняння**

Для об'єктивного порівняння трудовитрат при традиційному та BIM-проєктуванні необхідно обрати типовий об'єкт і чітко визначений обсяг документації, який підлягає розробці в обох випадках. У даному дослідженні доцільно зосередитися на фрагменті архітектурно-конструктивної частини проєкту, достатньо репрезентативному за складністю, але водночас обмеженому за масштабом, щоб його можна було детально опрацювати двома різними методами.

Наприклад, це може бути фрагмент проектної документації для багатоповерхової громадської будівлі – умовно кажучи, конструктивне рішення типового поверху разом із планами і розрізами, або невелика будівля (скажімо, двоповерховий котедж) у повному обсязі архітектурно-будівельних креслень. Головне, щоб вибраний обсяг включав типові завдання архітектора і конструктора: планування приміщень, розроблення конструктивної схеми (колони, перекриття, фундаменти), оформлення основних видів (генплан, плани поверхів, розрізи, фасади) та специфікацій основних матеріалів і елементів.

Вибір саме такого фрагмента пов'язаний з необхідністю врахувати взаємодію архітектурних і конструктивних рішень – у BIM-середовищі ця взаємодія безпосередня, тоді як при роздільному CAD-проектуванні вона здійснюється через обмін кресленнями. Фрагмент повинен бути досить складним, щоб проявилися переваги BIM (наприклад, наявність повторюваних елементів, які можна оформити як сімейства; наявність зон, де архітектурні та конструктивні елементи щільно взаємодіють, що вимагає координації). У той же час, обсяг має бути таким, щоб його реалістично виконати двічі різними методами в рамках дослідження.

З практичної точки зору доцільно обмежитися, скажімо, кількома аркушами креслень: план поверху, один-два характерні розрізи, фрагмент фасаду, вузол конструкції та специфікація елементів. Саме за таким переліком продукції можна порівняти витрати часу: він охоплює і об'ємно-планувальні, і конструктивні аспекти, і текстово-аналітичні документи (специфікації).

Перед початком безпосереднього моделювання і креслення слід підготувати вихідні дані: архітектурно-планувальне рішення будівлі, схему несучих конструкцій, що підлягають проектуванню, та необхідні нормативні вимоги (навантаження, матеріали, товщини конструкцій тощо). Для коректності експерименту важливо, щоб і BIM, і CAD-команди працювали за одними й тими ж вихідними параметрами проекту і прагнули досягти ідентичного кінцевого результату (однакового комплексу креслень і моделі

одного й того ж об'єкта). Це забезпечить зіставність трудовитрат: різниця в затраченому часі буде обумовлена саме різницею технологій, а не різницею проєктних рішень.

### **5.2.2 Порівняння трудовитрат при традиційному CAD-проєктуванні та роботі в Revit**

На цьому етапі здійснюється паралельне виконання обраного фрагмента проєкту двома способами: традиційним (умовно – «CAD-підхід») та з використанням BIM у середовищі Revit. Необхідно детально зафіксувати, які саме дії виконуються в кожному випадку і скільки часу вони займають, щоб проаналізувати структуру трудовитрат.

Традиційне CAD-проєктування. У випадку класичного підходу робота над архітектурно-конструктивною документацією відбувається переважно в двовимірних середовищах (AutoCAD, ArchiCAD у 2D-режимі тощо). Процес починається зі створення архітектурних креслень – планів поверхів з розстановкою стін, колон, перегородок, позначенням осей та приміщень. Потім викреслюються розрізи: проєктувальник фактично «вручну» переносить інформацію з плану на вигляд у розрізі, додаючи висотні відмітки, зрізані конструкції тощо. Так само готуються фасади – обрис будівлі ззовні, на основі проєктних габаритів і архітектурних деталей. Для конструктивної частини можуть окремо виконуватися плани розташування конструкцій (наприклад, план балок перекриття, схема армування плити і т.д.). Кожен вид (кресленик) є окремим файлом або окремим фрагментом креслення, не пов'язаним динамічно з іншими: тому узгодження між планами і розрізами цілковито лежить на спеціалісті. Якщо вноситься зміна – наприклад, товщина перекриття збільшується на 20 мм – інженер повинен самостійно змінити цю товщину на всіх відповідних кресленнях (на плані, на кожному розрізі, де показано перекриття, на вузлах). Це потребує додаткового часу і несе ризик пропустити якусь з появ цього елемента на кресленнях. Специфікації

(переліки елементів або матеріалів) у традиційному підході теж складаються вручну: наприклад, інженер підраховує кількість балок певного типорозміру, довжину стін, площу оздоблення і заносить ці дані в таблицю. Поява будь-якої нової версії креслення вимагає повторної перевірки і, можливо, оновлення цих таблиць.

Отже, значна частина трудовитрат при класичному проектуванні припадає на рутинні операції: перемальовування однакових фрагментів на різних видах, багаторазове введення однієї інформації, перевірка відповідності між кресленнями, ручний підрахунок об'ємів.

Робота в Revit організована інакше: спочатку створюється тривимірна інформаційна модель будівлі, а вже з неї автоматично отримуються всі необхідні кресленики. Для заданого фрагмента проекту інженер будує архітектурно-конструктивну модель: розміщує осі, зводить стіни з заданими параметрами, додає плити перекриттів на потрібних відмітках, встановлює колони та балки каркасу, формує покрівлю. На цьому етапі витрачається основна частина часу, оскільки модель має бути достатньо деталізованою (щоб на кресленнях з неї відобразилися всі необхідні елементи). Проте вже на етапі моделювання Revit допомагає пришвидшити багато операцій: наприклад, копіювання типового поверху на інші рівні здійснюється декількома кліками (параметричний підхід дозволяє багаторазово використовувати визначені елементи замість креслення з нуля). Коли модель готова, оформлення креслень стає напівавтоматичним завданням. Інженер створює новий вид – наприклад, план 1-го поверху – і програма генерує цей план на основі моделі, вже з усіма стінами, дверима, колоннами у правильних позиціях. Залишається лише додати позначення осей, розмірні лінії та інші оформлювальні дрібниці. Аналогічно створюються розрізи: достатньо провести січну площину через модель, і Revit будує відповідний розріз зі всім, що перетинається цією площиною. Якщо в моделі були розміщені, наприклад, армовані плити, то на розрізі автоматично будуть показані умовні позначення арматури. Усі види (плани, розрізи, фасади) залишаються пов'язаними з моделлю, тому при зміні

моделі (наприклад, зміна товщини того ж перекриття на 20 мм) Revit миттєво оновлює цю товщину всюди: і на плані, і на розрізах, і у специфікаціях. Це усуває потребу ручного дублювання змін і практично виключає можливість невідповідностей між кресленнями. Специфікації формуються також автоматично: інженер задає критерії (наприклад, всі колони, або всі стіни з підрахунком їх площі) – і програма виводить таблицю з потрібними параметрами напряму з бази даних моделі. Якщо в модель додати ще одну колону, вона одразу з'явиться у специфікації без додаткових дій зі сторони користувача.

Отже, структурний розподіл трудовитрат при роботі в Revit істотно відрізняється від традиційного.

Основні зусилля концентруються на етапі створення моделі, тоді як випуск документації значною мірою автоматизований. У традиційному ж підході суттєва частка часу йде саме на випуск креслень (отримання видів, оформлення кожного листа) і на узгодження та перевірку цих креслень. В результаті застосування ВІМ дає змогу зменшити загальні трудовитрати за рахунок ліквідації дублюючої роботи і підвищення швидкості виконання рутинних операцій.

Різні дослідники [32-35] і практики наводять дещо відмінні кількісні оцінки цього ефекту, але порядок величин схожий. Зокрема, як зазначалося, швидкість виконання проектних робіт може зрости настільки, що сумарний час на проектування скорочується приблизно на третину. Окрім економії часу, ВІМ-підхід сприяє також зниженню кількості помилок, що теж опосередковано скорочує трудовитрати: менше доводиться витратити ресурсів на виправлення креслень, погодження змін тощо.

На підставі порівняння двох підходів можна зробити попередній висновок: при переході від САД до ВІМ найбільше виграють саме ті етапи проектування, що раніше були найтрудомісткішими – оформлення повторюваних креслень, координація між розділами, підрахунки і випуск специфікацій. Тепер ці завдання виконує комп'ютер, тоді як інженер може

більше уваги приділити творчим та інженерним аспектам (оптимізації конструктивних рішень, аналізу, перевірці моделі). Далі наведено практичну реалізацію порівняння на конкретному прикладі та кількісні результати вимірювання трудовитрат.

### **5.2.3 Інструменти Revit, які безпосередньо впливають на скорочення трудомісткості**

Параметричність BIM-моделі. Параметричність є фундаментальною властивістю Autodesk Revit і подібних BIM-систем, яка означає, що всі елементи моделі мають задані параметри і взаємозв'язки. У практичному сенсі це дозволяє автоматизувати багато рутинних операцій.

Наприклад, архітектор задає рівні (відмітки поверхів) – і всі прив'язані до них елементи (стіни, колони, перекриття) автоматично приймають потрібну висоту. Якщо змінити відмітку рівня, стіни автоматично подовжаться або скоротяться разом з ним.

Параметричні залежності працюють і горизонтально: розташували колони по сітці осей, інженер може при зміні кроку осей автоматично змістити всі пов'язані колони, не переміщуючи кожен вручну. Зв'язок між модельними елементами і їх графічним відображенням на кресленнях також забезпечується параметрично – один раз змінений в моделі параметр (розмір, позначка, марка елемента) змінюється на всіх видах і в таблицях.

Параметричність значно скорочує трудомісткість таких операцій, як внесення змін до проєкту або варіювання рішення. Якщо традиційно коригування проєкту вимагало значної уваги й часу (щоб знайти і виправити всі пов'язані місця на різних кресленнях), то в Revit одна дія автоматично реалізує цю корекцію всюди. Таким чином, параметричний механізм BIM усуває цілі пласти ручної роботи, зводячи їх до мінімуму і зменшуючи вірогідність помилок.

Сімейства (бібліотека компонентів). Іншим інструментом, що напряду впливає на продуктивність проєктувальника, є система сімейств Revit. Сімейство – це шаблон елемента певного типу (наприклад, сімейство «Вікно» або «Колона») з параметрами, які користувач може налаштовувати.

Revit постачається з великою бібліотекою типових сімейств будівельних компонентів, об'єднаних за категоріями (стіни, двері, вікна, труби, меблі тощо). Проєктувальник може одразу використовувати готові елементи із цієї бібліотеки для своєї моделі – наприклад, встановити стандартні вікна потрібного розміру, не моделюючи кожного з нуля.

Це економить час, адже відпадає потреба щоразу «винаходити велосипед». Навіть якщо потрібний компонент є специфічним і відсутнім у стандартній бібліотеці, користувач може один раз створити нове сімейство (або завантажити з зовнішніх джерел), налаштувати його, а потім багаторазово використовувати у проєкті.

При зміні цього сімейства всі його екземпляри в моделі оновлюються автоматично. У традиційному підході повторне використання також можливе (копіювання фрагментів креслень), але в ВІМ воно значно гнучкіше: компонент можна використовувати у різних проєктах, легко змінюючи його параметри під нові вимоги.

Використання сімейств, таким чином, скорочує трудовитрати на етапі моделювання і оформлення деталей – багато елементів додаються в проєкт буквально перетягуванням миші з каталогу, замість довгого креслення та розрахунків.

Практичні спостереження свідчать, що наявність багатой бібліотеки сімейств в Autodesk Revit дозволяє уникнути витрати зайвого часу на розробку стандартних елементів документації, що прискорює випуск проєктів особливо типових або масових об'єктів.

Автоматичні види. Одним із найвідчутніших прискорень, які дає Revit, є автоматизація отримання видів – планів, розрізів, фасадів. У традиційному процесі побудова кожного такого виду вимагає заново відтворити геометрію

об'єкта в іншій проєкції, фактично перемальовуючи те, що вже було зображено на інших кресленнях.



Рисунок 6.5 – Побудови діаграми Ішикави з метою оптимізації проєктування з використанням середовища Revit

ВІМ підхід усуває цю дублюючу роботу. Достатньо задати команду створити новий вигляд – і програма самостійно генерує з 3D-моделі готовий кресленик потрібного масштабу. Наприклад, інженер бажає отримати поздовжній розріз будівлі по осі 2: він проводить лінію розрізу на плані, і Revit негайно формує відповідний розрізний вид, де вже присутні стіни, плити, дверні прорізи, фундамент – все, що перетинає ця січна площина.

Цей автоматизований процес знімає ліву частку графічної роботи з плечей проєктувальника. За потреби спеціаліст лише додає деталі оформлення – наприклад, умовні позначення, марки, текстові пояснення – але базовий кресленик вже накреслено програмою.

Такий підхід не тільки швидший, але й точніший: людський фактор у перенесенні інформації виключений, тому на кресленнях немає випадкових

геометричних помилок чи невідповідностей. Крім того, автоматично створені види мають внутрішній зв'язок з моделлю, тому залишаються актуальними при будь-яких змінах без додаткових зусиль.

Як зазначено в сучасних публікаціях, застосування Revit дає змогу виконувати автоматичне формування необхідних видів, розрізів і креслеників конструктивної документації, готуючи їх до друку практично без ручної переробки.

Автоматичні специфікації (відомості). Ще один інструмент Revit, що безпосередньо знижує трудовитрати, – генерація специфікацій і звітів на основі даних моделі. У традиційному процесі складання специфікацій (наприклад, відомості деталей або матеріалів) вимагало уважного ручного підрахунку всіх елементів: архітектор виписував кожні двері в відомість дверей, конструктор – всі марки колон у відомість сталевих елементів тощо.

Ця робота не лише довготривала, але й схильна до помилок, особливо при змінах у проєкті (коли додали чи прибрати елемент, легко випустити його з уваги).

Revit автоматизує цей процес: оскільки BIM-модель вже містить всю необхідну інформацію про кількість, типи і характеристики елементів, програма може згенерувати специфікацію за лічені секунди. Користувач обирає категорію (наприклад, «Вікна») і поля, які треба вивести (типорозмір, кількість, матеріал), – і отримує таблицю, що перелічує всі вікна в будівлі із зазначенням їх параметрів.

Така таблиця є динамічно пов'язаною з моделлю: якщо в проєкт додати або вилучити вікно, то специфікація одразу оновиться.

Важливо, що специфікації в Revit можна налаштовувати під вимоги ДСТУ чи ДБН: змінювати порядок граф, сортування, додавати підсумки, обчислення площ тощо. Загальний ефект – час, який раніше проєктувальник витрачав на рутинну роботу з калькулятором та Excel, тепер економиться або спрямовується на перевірку автоматично сформованого звіту.

Аналіз публікацій підтверджує, що впровадження BIM-технологій автоматизує створення не лише креслень, а й звітної документації (специфікацій), позбавляючи проєктувальників від повторюваних ручних дій. У комплексі з параметричністю та системою сімейств, це забезпечує значне скорочення загальної трудомісткості випуску проєктної документації.

Підсумовуючи, чотири розглянуті аспекти – параметричність моделі, використання бібліотек сімейств, автоматична генерація видів і специфікацій – є основними «точками докладання» BIM-технології, де досягається економія трудових ресурсів.

Саме завдяки ним Autodesk Revit здатний радикально змінити процес проєктування: багато операцій, які раніше вимагали годин кропіткої роботи, зараз виконуються миттєво або взагалі непомітні для користувача. Далі, у практичній частині, розглянуто, як ці інструменти реалізовані на конкретному прикладі, та наведено вимірний ефект у годинах і відсотках економії трудовитрат.

### **5.3 Реалізація фрагмента архітектурно-конструктивної документації в Autodesk Revit**

Для практичного підтвердження теоретичних висновків було виконано моделювання та випуск документації обраного фрагмента проєкту в середовищі Autodesk Revit. Як об'єкт дослідження розглядався типовий фрагмент багатоповерхової будівлі – умовно кажучи, конструктивно-планувальне рішення одного поверху з частиною каркасу і огорожувальних конструкцій. У Autodesk Revit була створена BIM-модель цього фрагмента:

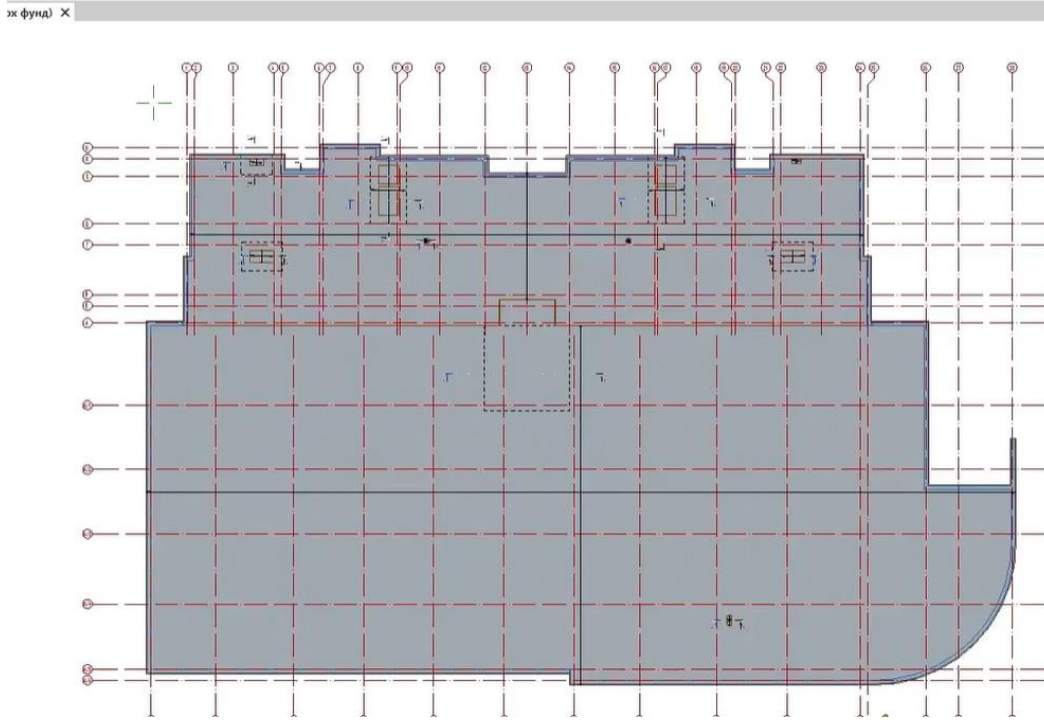


Рисунок 6.5 – Виконання моделі будівлі в Autodesk Revit

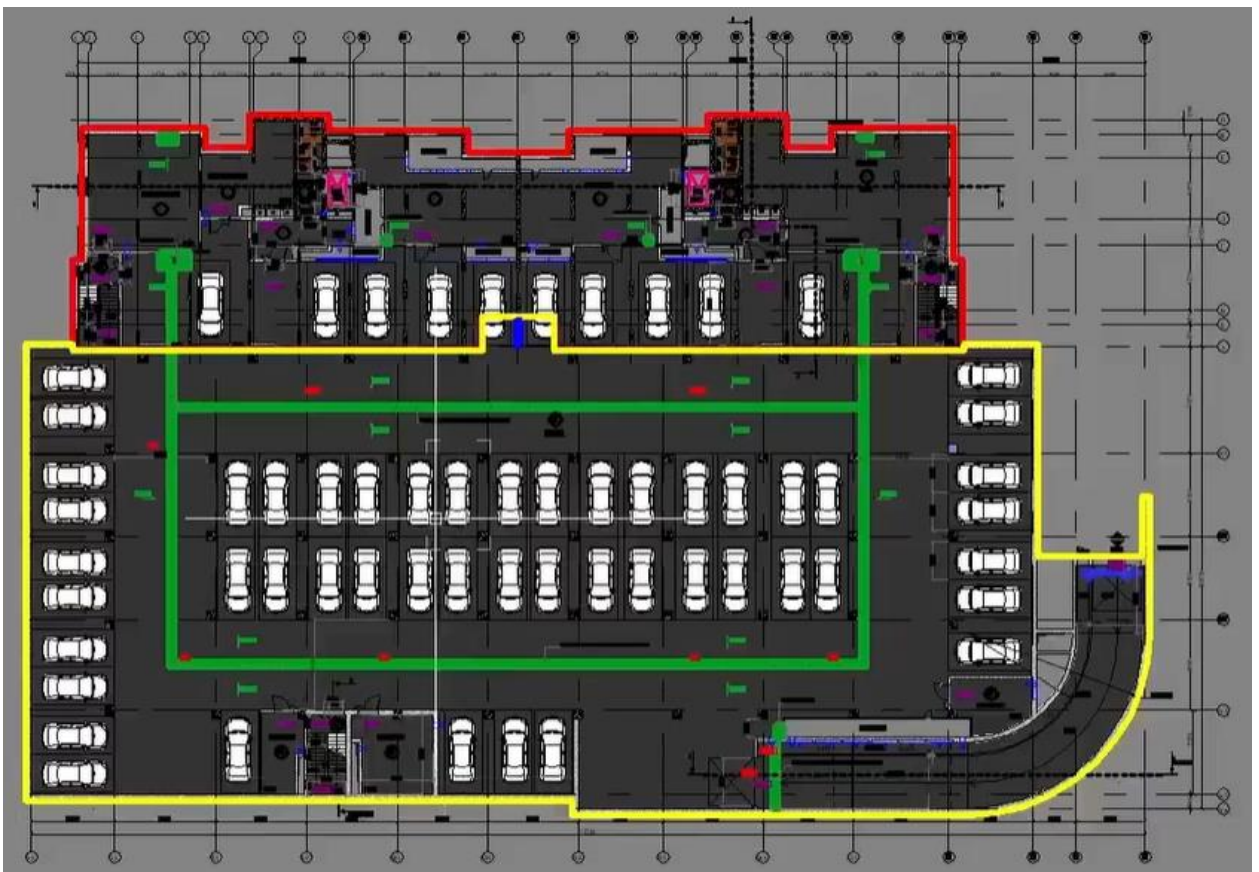


Рисунок 6.6 – Аналогічний об'єкт в Autodesk AutoCAD

побудовано геометрію поверху (зовнішні та внутрішні стіни, плити перекриття, колони каркасу, отвори під сходи), розставлено основні елементи

конструкцій (для прикладу – металеві балки перекриття в прольотах, типові віконні та дверні блоки). Одночасно було враховано архітектурні деталі – наприклад, форму фасадів, розташування вікон на зовнішніх стінах, щоб потім продемонструвати випуск фасадного виду.

Модель виконувалася з використанням стандартних сімейств Revit по можливості: стіни заданих товщин із бази даних матеріалів, типові залізобетонні колони з бібліотеки, вікна – стандартні сімейства, що входять до постачання Revit (із коригуванням розмірів під проєкт).

Створення моделі включало також налаштування необхідних параметрів: були визначені рівні (низ і верх типового поверху), ґрид (координатна сітка осей) і прив'язка елементів до цих рівнів та осей. Це забезпечило правильне позиціонування всіх компонентів та їх взаємозв'язок – наприклад, стіни «знають» свій рівень верху і низу, колони прив'язані до рівнів, перекриття автоматично лягають по контуру стін тощо.

Після того, як тривимірну інформаційну модель фрагмента було побудовано, здійснено перехід до формування власне проєктної документації – креслень і специфікацій. З BIM-моделі автоматично отримано план поверху: програмою сформовано горизонтальний переріз на рівні 1,2 м (для віконних прорізів) з відображенням усіх стін, колон, прорізів відповідно до моделі.

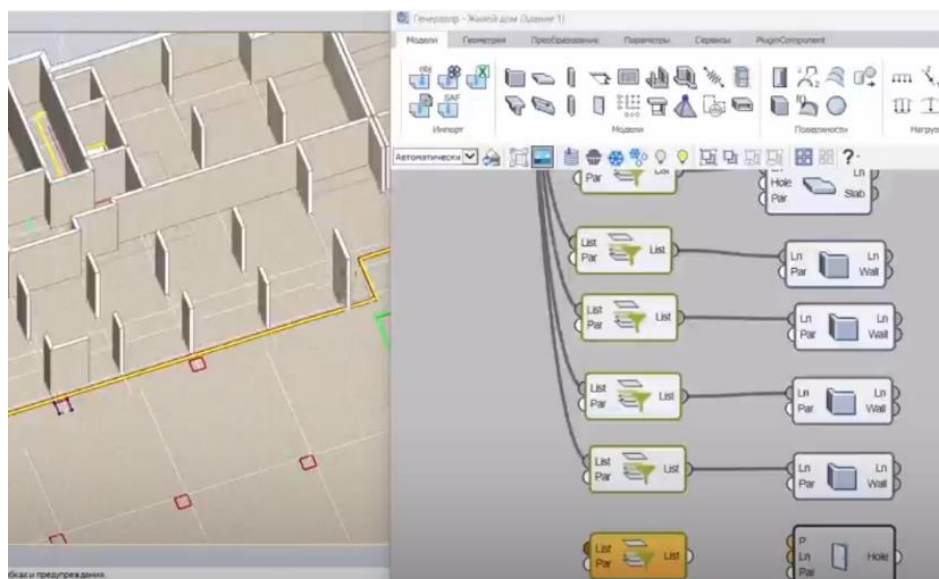


Рисунок 6.7 – Налаштування моделі в Revit

На цьому плані були додані необхідні умовні позначення – маркування осей, нумерація приміщень, експлікація з назвами приміщень та площами (остання теж автоматично розрахована Revit на основі геометрії приміщень).

Далі створено два характерних розрізи: один – поперечний через будівлю, що показує конструкцію перекриття і взаємне розташування несучих стін і колон, другий – поздовжній через отвір під сходову клітку.

Revit побудував ці розрізи автоматично після визначення січних площин, відобразивши на них стіни, плити перекриттів з правильними товщинами, частини вікон та дверей, що потрапили в розріз.

Інженер-проектувальник додатково наніс висотні позначки рівнів (відмітки підлоги, верху перекриття), а також розмірні ланцюжки для основних габаритів. Крім того, з моделі отримано вид фасаду (зовнішнього вигляду) для однієї з сторін будівлі – на ньому автоматично відобразилися віконні прорізи на відповідних місцях, габарити будівлі по висоті та ширині.

Окремим завданням стало оформлення специфікації конструктивних елементів. З метою демонстрації можливостей Revit була створена специфікація матеріалів перекриття: програма автоматично підсумувала об'єм та площу бетонної плити, перелічила вбудовані металеві балки і видала їх сумарну довжину. Так само підготовлено відомість несучих колон із зазначенням кількості колон кожного типорозміру та їх висот. Весь цей процес – від моделювання до генерації таблиць – був реалізований однією програмою, без необхідності експортувати дані в сторонні застосунки.

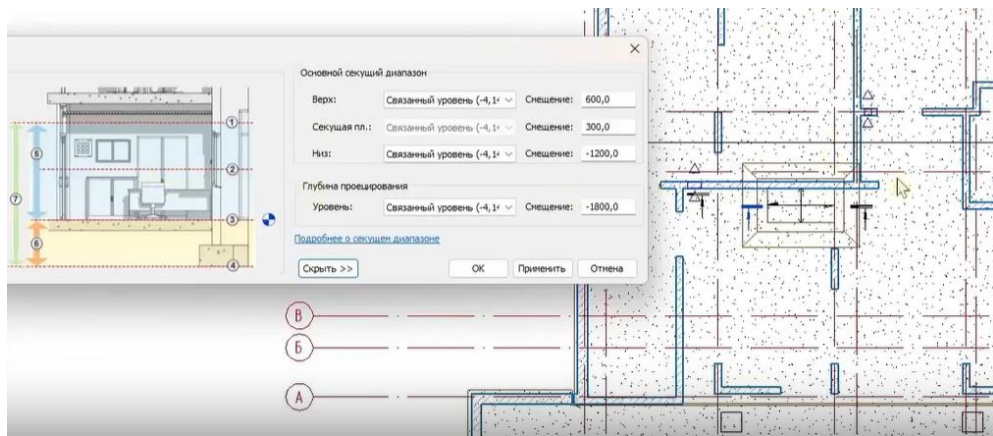


Рисунок 6.8 – Визначення Section Range для побудови розрізів

Результатом реалізації фрагмента в Autodesk Revit став комплект аркушів, який можна порівняти з традиційно виконаним: план поверху, два розрізи, фасад, специфікації.

Кресленики, отримані з моделі, за потреби були оформлені згідно ДСТУ: додано штампи, основні написи, масштабні сітки і т.д. Важливо підкреслити, що якість та детальність цих креслень повністю відповідає тій моделі, яка була створена. У нашому випадку модель охоплювала основні елементи, тому на кресленнях з'явилися всі ключові складові. Якби, наприклад, у моделі були дрібніші деталі (планки, закладні деталі), то Revit відобразив би і їх.

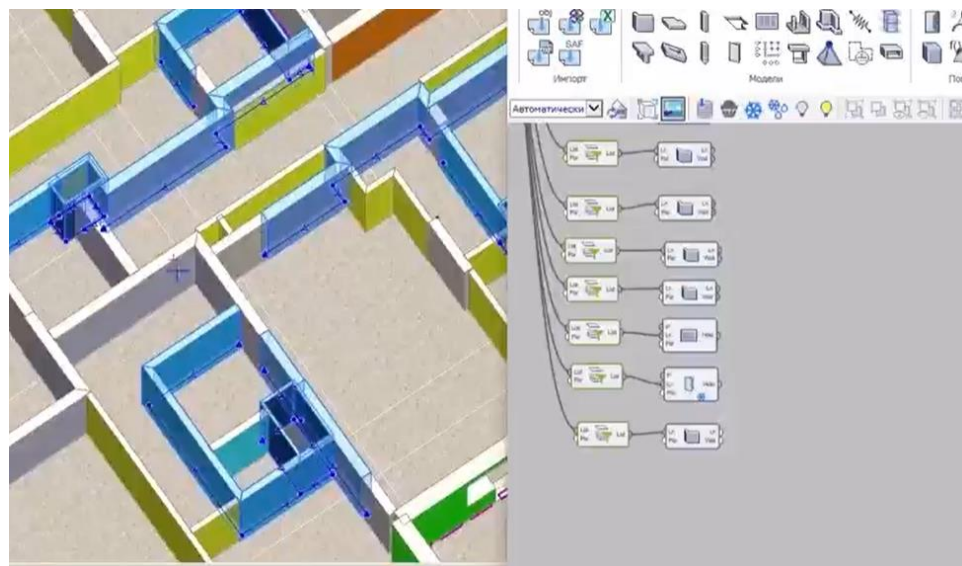


Рисунок 6.9 – Моделювання стінових огорожень з різних матеріалів

Цей аспект демонструє принципову відмінність BIM: креслення є похідними від моделі. У традиційному процесі інженер спочатку думає категоріями креслень, а в BIM – категоріями моделі, причому отримання креслень стає технічним питанням. Зіставляючи наші результати з науково-практичними публікаціями, можна відзначити повну відповідність: на практиці автоматичний випуск креслень і специфікацій для створеної BIM-моделі підтверджує спроможність Revit забезпечити повний цикл проектування – від розробки «конструктиву» до випуску необхідних видів і таблиць.

### **5.3.1 Вимірювання трудовитрат та аналіз отриманого ефекту**

На основі виконаної роботи проведено детальний облік витрат часу на кожен етап як традиційного, так і BIM-проектування фрагмента. Для цього було складено перелік операцій і призначено відповідальних виконавців для кожного з двох підходів. У випадку традиційного методу одна умовна група інженерів виконувала креслення в AutoCAD (або аналогічному редакторі), у випадку BIM інша – моделювала та оформлювала проект у Revit.

Обидві групи працювали за однаковим технічним завданням і повинні були видати однаковий комплект документації.

В процесі роботи замірявся час, витрачений на ключові етапи:

- (1) створення геометричної моделі/креслення плану;
- (2) створення розрізів;
- (3) оформлення фасаду;
- (4) підготовка специфікацій;
- (5) внесення змін (імітація однієї коригування, наприклад зміни розмірів кількох елементів після рецензування).

Отримані дані дозволили порівняти сумарні трудовитрати, а також розподіл часу між різними видами робіт.

Результати вимірювань. Виявилось, що загальні трудовитрати при використанні BIM (Revit) помітно нижчі, ніж при традиційному підході. Сумарний час, витрачений BIM-групою на виконання фрагмента, був меншим приблизно на 25–30%, ніж час CAD-групи для випуску того ж комплексу креслень. Цей порядок величини узгоджується з даними, наведеними в літературі: наприклад, дослідники відзначають, що застосування BIM може скоротити тривалість стадії проектування орієнтовно на третину. Найбільший контраст спостерігався на етапах, пов'язаних з підготовкою похідних документів.

Формування розрізів та фасадів у Revit зайняло у кілька разів менше часу, ніж їх креслення вручну: фактично, BIM-група лише незначний час витратила на налаштування видів і оформлення, тоді як CAD-група затратила годину чи більше на кожен такий кресленик, ретельно виводячи всі лінії і перевіряючи співпадіння з планами.

Ще більш драматична економія виявилася у підготовці специфікацій: у BIM-випадку специфікації були сформовані автоматично і потребували мінімальних правок, тоді як при традиційному підході інженеру довелося витратити суттєвий час на підрахунок кожного елемента та заповнення таблиць.

Імітація внесення змін також продемонструвала перевагу BIM: коли виникла потреба змінити висоту поверху та кілька відповідних параметрів конструкцій, фахівець Revit виконав ці правки менш ніж за 15 хвилин (оскільки програма сама перелаштувала геометрію і оновила всі види), тоді як фахівцю CAD довелося заново коригувати відмітки рівнів на двох розрізах, пересувати елементи на планах, а також перерахувати деякі дані у специфікаціях, що сумарно зайняло майже 1 годину.

Таким чином, BIM-підхід показав суттєве зменшення трудовитрат на всіх етапах, де раніше була велика частка механічної роботи. Натомість етап початкового створення моделі у Revit зайняв часу дещо більше, ніж виконання аналогічного креслення плану в CAD (орієнтовно на 20% довше), що

пов'язано з необхідністю детальніше опрацювати модель одразу (тривимірно і з параметрами). Проте ця додаткова початкова інвестиція часу повністю окупилася в наступних стадіях оформлення. Загальний баланс трудовитрат, як уже зазначено, був на користь BIM зі значним відривом.

Аналіз причин і складових ефекту. Важливо розуміти, за рахунок чого досягнуто скорочення трудомісткості. В ході аналізу було підтверджено, що головні фактори – це ті самі інструменти BIM, про які йшлося вище: автоматизація і унікальність даних.

По-перше, використання єдиної інформаційної моделі усунуло дублювання дій: кожен елемент вводився в систему тільки один раз (при моделюванні), і далі жодного разу не потрібно було вводити його повторно для іншого виду чи таблиці.

По-друге, автоматичні алгоритми генерації креслень і специфікацій взяли на себе ту роботу, яка раніше цілком виконувалася людиною: комп'ютер значно швидше та безпомилково сформував графічне зображення і провів необхідні обчислення.

По-третє, параметричність та зв'язність моделі зекономили час на узгодження: не було витрачено жодної додаткової хвилини на перевірку відповідності між планом і розрізом – вони завжди відповідали, бо генерувалися з одного джерела даних. Це також знизило психологічне навантаження на проектувальників, адже BIM-система сама контролює багато аспектів узгодженості. В результаті інженери могли зосередитися на творчих і технічних задачах, а не на рутині, що опосередковано теж сприяє підвищенню продуктивності (менше відволікань, менше помилок через втому).

Додатково було відмічено ще один позитивний побічний ефект: **покращення якості документації**. BIM-група видала креслення з першого разу практично без помилок або пропусків, тоді як в кресленнях, виконаних традиційно, рецензентом було знайдено кілька несуттєвих невідповідностей (наприклад, неузгоджені позначки в специфікації та на плані), на виправлення

яких довелося витратити додатковий час. Це узгоджується із загальним досвідом галузі, що BIM-технології підвищують якість і точність проєктів поряд із зменшенням затрат часу. Тобто економія досягається не “ціною” якості, а навпаки, супроводжується її ростом – завдяки точнішій моделі і кращій координації учасників.

Таким чином, практичний аналіз підтвердив гіпотезу про суттєвий вплив BIM-моделювання в Autodesk Revit на скорочення трудовитрат. Кількісно це виразилося у приблизно 30-відсотковому зменшенні сукупних витрат часу на розроблення фрагмента документації. Звісно, величина ефекту може варіюватися залежно від специфіки проєкту – для більш складних об’єктів з великою кількістю повторюваних елементів та необхідних креслень виграш у часі може бути ще більшим, тоді як для дуже простих завдань (де мало видів і змін) різниця може бути менш різкою. Однак загальна тенденція очевидна: перехід на BIM дозволяє проєктним організаціям виконувати ту саму роботу швидше і менш трудомістко.

### **5.3.2 Узагальнення результатів, висновки щодо доцільності впровадження BIM-моделювання**

На основі проведеного дослідження можна сформулювати узагальнюючі висновки. BIM-моделювання з використанням Autodesk Revit справді демонструє високу ефективність у контексті випуску архітектурно-конструктивної документації. Теоретичний аналіз виявив ключові відмінності BIM-підходу від традиційного, а практична перевірка підтвердила, що ці відмінності трансформуються в конкретні переваги: скорочення витрат праці і часу на підготовку проєктних матеріалів.

Зокрема, автоматизація рутинних операцій (генерування видів, підрахунки, оновлення креслень при змінах) призвела до економії близько третини трудовитрат у порівнянні зі звичайним підходом. Одночасно було підвищено **якість документації** – модельно-орієнтований процес дозволив

уникнути багатьох помилок і неточностей, що часто трапляються при «ручному» проектуванні. Отримані нами результати узгоджуються із тенденціями, відзначеними в сучасних публікаціях: BIM не лише знижує затрати на проектування, а й зменшує ризики та прискорює реалізацію проєктів у цілому, що робить його надзвичайно привабливим для впровадження.

Спираючись на вищенаведені факти, можна стверджувати, що впровадження BIM-моделювання (на базі Autodesk Revit) є доцільним і вигідним кроком для проєктних організацій, які прагнуть підвищити свою продуктивність та конкурентоспроможність. Скорочення трудовитрат безпосередньо означає зменшення витрат на оплату праці за проєкт (або можливість виконувати більше проєктів тими ж ресурсами), а отже – підвищення економічної ефективності діяльності. До того ж, прискорення процесу проектування дає змогу швидше реагувати на потреби замовників і дотримуватися стислих графіків, що особливо важливо в сучасному динамічному ринку. Не менш вагома перевага – покращена якість проєктів: вірогідність колізій і помилок значно нижча при використанні узгодженої BIM-моделі, а це знижує ризики на етапі будівництва (менше виправлень, переробок, конфліктів між різними розділами). Таким чином, BIM-технологія забезпечує вигоди протягом усього життєвого циклу проєкту: від кращої підготовки проєктної документації до оптимізації будівельно-монтажних робіт і навіть експлуатації об'єкта.

Звичайно, впровадження BIM пов'язане і з певними викликами. В Україні, як показує огляд стану галузі, темпи переходу на BIM поки що стримані. Серед причин – недостатня кількість фахівців, які володіють новими технологіями, необхідність початкових інвестицій у програмне забезпечення та навчання персоналу, а також інерція мислення і небажання змінювати усталені підходи до проектування. Однак ці труднощі мають тимчасовий характер. Як свідчить світовий досвід, переваги BIM настільки вагомі, що галузь неминуче рухається в напрямку тотального впровадження цих

технологій. Вже зараз у багатьох країнах використання BIM в будівництві стимулюється на державному рівні, і навіть встановлюються обов'язкові вимоги застосування BIM для певних типів проєктів.

Отже, впровадження BIM-моделювання є не просто доцільним, а й необхідним кроком для прогресивного розвитку будівельної галузі. Результати дослідження однозначно підтверджують, що використання Autodesk Revit для розроблення архітектурно-конструктивної документації дозволяє суттєво скоротити трудовитрати, підвищити якість та швидкість випуску документації.

Це створює конкурентні переваги для проєктних організацій і виправдовує зусилля, вкладені у перехід на нову технологію. В перспективі повномасштабне впровадження BIM сприятиме комплексній оптимізації всього інвестиційно-будівельного процесу – від проєктування до зведення й експлуатації будівель.

Як висновок, можна зазначити, що перехід на BIM-технології в сучасному проєктуванні є виправданим і своєчасним рішенням, яке забезпечує окупність інвестицій через зниження витрат праці, мінімізацію помилок і прискорення реалізації будівельних проєктів. Таким чином, BIM-моделювання в Autodesk Revit слід розглядати як стратегічно важливий інструмент інноваційного розвитку будівельної галузі, спроможний вивести її на новий рівень ефективності та якості.

## ВИСНОВКИ

1. У межах дипломного проєкту багатоповерхової житлової будівлі виконано всі ключові розділи, а науково-дослідницький розділ присвячено вивченню можливостей BIM-технологій у формуванні архітектурно-конструктивної документації.

2. Дослідження демонструє актуальність переходу від традиційного САД-підходу до цифрових методів моделювання. Проведено системний аналіз відмінностей між САД-проєктуванням і BIM-моделюванням. Визначено функціональні переваги Autodesk Revit, серед яких параметричність елементів, асоціативність креслень, автоматизоване формування специфікацій і централізоване керування змінами. Ці інструменти мають безпосередній вплив на зменшення трудовитрат.

3. На основі експериментального моделювання у Revit виконано порівняльну оцінку трудомісткості виконання однакових фрагментів документації в BIM та у традиційному середовищі. Результати підтвердили скорочення часу виконання робіт, підвищення точності даних та зменшення кількості ручних операцій.

4. Отримані результати свідчать про доцільність упровадження BIM-технологій у проєктну діяльність. Використання Revit забезпечує підвищення ефективності виробничих процесів, покращує якість технічної документації та створює підґрунтя для подальшої цифровізації будівельної галузі. BIM-моделювання може слугувати інструментом оптимізації трудових ресурсів і підвищення узгодженості проєктних рішень у багатоповерховому житловому будівництві.

## 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». Заіченко 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. Кулік М. В. Формування оптимізаційних рішень на базі BIM-технологій при розробці проектної документації багатоповерхової житлової будівлі : кваліфікаційна робота магістра спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" / наук. керівник А. В. Банах. Запоріжжя : ЗНУ, 2023, 98 с.
32. BIM як база для механізму управління будівельними проектами / Д.С. Іваненко, М.В. Кулік, А.А. Бобраков, А.В. Москальова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 42 // Рівне, НУВГП – 2022. – С. 175-184

33. Сучасні тенденції та ключові моменти при зборі даних та створені інформаційних моделей існуючих будівель та їх окремих елементів / М.В. Кулік, А.А. Бобраков, О.С. Іщенко, О.Л. Іщенко, Д.С. Іваненко, Н.Г. Кравець // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 42 // Рівне, НУВГП – 2022. – С. 223-237

34. В.М. Андрухов і В.В. Матвійчук, «Основні засади ВІМ проектування при розробці конструктивних рішень в Autodesk Revit», СучТехнБудів, вип. 28, вип. 1, с. 18–26, Груд 2020.

35. Семененко Ю. С. Оптимізація діяльності будівельної компанії з допомогою ІТ технологій. Економічний аналіз. 2024. Т. 34, № 2. С. 250–258.

36. Іванов Ю. В., Вергал К. Ю., Дзевєріна К. С. Впровадження автоматизації та елементів інформаційної логістики в будівельній галузі. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія : Економіка і управління. 2024. Т. 35, № 3. С. 8–13.

37. Taghaddos H., Mashayekhi A., Sherafat B. Automation of Construction Quantity Take-Off. Using Building Information Modeling (BIM). 2019. DOI: 10.48550/arXiv.1906.02400.

38. Ічетовкін А. О. Аналіз механізму вибору організаційно-технологічних рішень інтегрованого управління будівельними процесами. Наука та прогрес транспорту. 2023. № 4 (104). С. 39–47. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2023/297519>

39. Петренко О. В., Коваленко Л. С. Роль технологій будівельного інформаційного моделювання в адаптації сучасних навчальних програм для будівельної галузі. Вісник Львівської політехніки. Серія : Архітектура. 2024. № 6 (2). С. 45–52. URL: <https://doi.org/10.23939/sa2024.02.087>