

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК
у м. ШЕПТИЦЬКИЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІм-21

БОНЧКОВСЬКИЙ Ілля Миколайович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

РОТКО Світлана Володимирівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«12» 12 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайнуКафедра будівництва та цивільної інженеріїСтупінь вищої освіти: магістрГалузь знань: 19 Архітектура та будівництвоСпеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженеріяОсвітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 рокуЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ БОНЧКОВСЬКОМУ Іллі Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Житловий будинок у м. Шептицький Львівської областіКерівник роботи Світлана РОТКО, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.3. Вихідні дані до роботи район будівництва, ситуаційна схема ділянки, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, схеми планів, фасадів та розрізів будівлі4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення);техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проєктування таких несучих конструкцій будівлі: монолітних плит перекриття і колон.Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування будженплану об'єкта, розробка технологічної карти на влаштування покрівлі з ПВХ-мембрани.Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи. Заходи з охорони праці.

Наукова частина.

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

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

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

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

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

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Ілля БОНЧКОВСЬКИЙ
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Світлана РОТКО
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

БОНЧКОВСЬКИЙ І.М. Назва теми: «Житловий будинок у м. Шептицький Львівської області». Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота складається із шести розділів, літератури, додатків.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-просторове та архітектурно-конструктивне рішення споруди. Графічна частина представлена двома аркушами (плани поверхів, розрізи, фасади, вузли, деталі).

У розрахунково-конструктивному розділі виконано розрахунок багатоповерхової житлової будівлі в програмі КОМПОНОВКА ПК МОНОМАХ-САПР, конструювання монолітної плити перекриття 2-го поверху, монолітних колон трьох нижніх поверхів. Графічна частина представлена трьома аркушами.

У розділі «Технологія та організація будівництва» підраховано об'єми робіт, підібрано монтажний кран, розроблено технологічну карту на влаштування покрівлі з ПВХ-мембрани, складено календарний графік будівництва, запроєктовано будгенплан. Графічна частина представлена трьома аркушами.

В економічній частині проекту складено локальний кошторис на загально-будівельні роботи зі зведення будівлі.

У розділі «Охорона праці» наведено заходи безпеки при виконанні робіт на висоті.

У науковій частині виконано аналіз впливу вібрацій від метрополітену на будівлі міської забудови.

Ключові слова: метрополітен, рухомий склад, динамічні навантаження, віброшвидкість, віброприскорення, тунель, віброізолятори.

ANNOTATION

BONCHKOVSKYI I.M. Title of the topic: "Residential building in Sheptytskyi, Lviv region". Manuscript.

Qualification work of the master of the OP "Construction and civil engineering", specialty 192 Construction and civil engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Qualification work consists of six sections: literature and appendices.

In the architectural and construction part, a volumetric and architectural and structural solution of the structure was developed. The graphic part is presented in two sheets (floor plans, sections, facades, nodes, and details).

In the calculation and structural section, a calculation of a multi-story residential building was performed in the KOMPONOVKA PC MONOMAKH-SAPR program, the design of a monolithic floor slab of the 2nd floor, and monolithic columns of the three lower floors. The graphic part is presented in three sheets.

In the section "Technology and organization of construction" the volume of work was calculated, an assembly crane was selected, a technological map for the installation of a PVC membrane roof was developed, a construction schedule was drawn up, and a budget plan was designed. The graphic part is presented in three sheets.

In the economic part of the project, a local estimate was drawn up for general construction work on the construction of the building.

In the section "Occupational safety" safety measures when performing work at height are given.

In the scientific part, an analysis of the impact of vibrations from the metro on urban buildings was performed.

Keywords: metro, rolling stock, dynamic loads, vibration velocity, vibration acceleration, tunnel, vibration isolators.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Архітектурно-будівельна частина	8
1.1. Об’ємно-планувальне рішення.....	8
1.2. Архітектурно-конструктивне рішення.....	11
1.3 Інженерні мережі.....	12
1.4. Будівельна фізика.....	13
1.5. Техніко-економічні показники	15
2. Розрахунково-конструктивна частина.....	16
2.1. Проектування будівлі у програмі КОМПОНОВКА.....	16
2.2. Розрахунок і конструювання плит перекриття на відм. +6.000 секцій 1,2.....	26
2.3. Розрахунок і конструювання монолітних колон.....	34
3. Технологія та організація будівництва.....	42
3.1. Визначення номенклатури та об’ємів робіт.....	42
3.2. Вибір методів виконання робіт	45
3.3. Підбір монтажних кранів.....	47
3.5. ТК на влаштування покрівлі з ПВХ-мембрани	48
3.6. Календарний план.....	48
3.7. Проектування будженплану	49
4. Економіка будівництва.....	50
5. Охорона праці	50
6. Наукова частина. Вплив вібрацій від метрополітену на будівлі.....	51
Висновки	77
Література	78

Вступ

Скорочення витрат у сфері архітектури та будівництва досягається завдяки раціональним об'ємно-планувальним рішенням будівель, обґрунтованому вибору конструктивних та оздоблювальних матеріалів, зменшенню маси конструкцій і вдосконаленню технології виконання робіт. Одним із головних економічних резервів у містобудівній практиці є підвищення ефективності використання території.

Автор обрав для кваліфікаційної роботи магістра багатоповерховий житловий будинок у м. Шептицький Львівської області, оскільки житло є завше затребуваним. Будинок 10-ти поверховий, 2-х секційний. На підземних поверхах запроєктоване паркування у двох рівнях, офіси. На час воєнного стану паркування може слугувати укриттям.

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра інструменти штучного інтелекту не використовувались для редагування та форматування тексту чи генерації контенту. Для опрацювання літератури – використовувались як допоміжний засіб для пошуку інформаційних та літературних джерел, а саме: книг, статей, тез та інших наукових публікацій; нормативних та інших документів (Законів України, ДБН, ДСТУ тощо).

Усі твердження, висновки та результати дослідження належать автору та ґрунтуються на власному аналізі, а отримані результати від генеративного ШІ були перевірені на достовірність та відповідність академічній доброчесності.

Розділ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Житловий будинок запроектовано монолітним каркасним, з вбудованими комерційними приміщеннями і підземним паркінгом.

Проектована будівля висотою 10 поверхів, двосекційна, складної у плані конфігурації. Габаритні розміри секцій складають:

Секція 1 – 16,1 x 29,4 м.

Секція 2 – 27,8 x 24,2 м.

В секції 1 в осях 1-9 на відмітці -3,900 м розміщені офісні приміщення та паркінг на 32 автомобілі, на відмітці -6,700 м – паркінг на ту ж кількість автомобілів.

В секції 2 в осях 10-22 на відмітці -3,600 м розташовані технічні приміщення, на відмітці 0,000 м – офісні приміщення.

З 1-го по 9-й поверхи є житловими. На кожному поверсі розміщено по 9 квартир (в першій секції – 4, у другій – 5), загалом – 81 квартира.

Висота усіх житлових поверхів становить по 3,0 м, технічного – 2,3 м. Загальна висота будівлі – 38,25 м.

Проектом передбачено дві ліфтові шахти (у кожній секції – по одній), з товщиною стін 380 мм. Вантажопідйомність ліфтів становить 600 кг. Машинні відділення розташовані на технічному поверсі.

Експлікацію приміщень див. нижче.

Таблиця 1.1. Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
Квартира 1			
1	Вітальня	21,2	
2	Кухня	14,26	

3	Коридор	10,74	
4	Санвузол	6,02	
5	Балкон	4,43	
Квартира 2			
1	Спальня	19,73	
2	Вітальня	19,55	
3	Кухня	12,47	
4	Коридор	14,22	
5	Ванна	3,95	
6	Туалет	1,96	
7	Балкон	4,54	
8	Балкон	4,52	
Квартира 2а			
1	Спальня	15,72	
2	Кухня	4,53	
3	Коридор	16,34	
4	Санвузол	4,06	
5	Туалет	2,14	
6	Кухня	11,36	
7	Балкон	3,46	
8	Вітальня	20,85	
Квартира 3			
1	Спальня	18,64	
2	Балкон	4,56	
3	Коридор	18,54	
4	Ванна	4,14	
5	Спальня	16,08	
6	Вітальня	21,42	

7	Балкон	4,32	
8	Кухня	19,50	
9	Туалет	2,55	
Квартира 3а			
1	Спальня	15,3	
2	Балкон	4,95	
3	Санвузол	4,15	
4	Коридор	18,56	
5	Спальня	16,1	
6	Балкон	3,46	
7	Вітальня	21,4	
8	Кухня	19,5	
9	Туалет	2,54	
Квартира 4			
1	Спальня	17,26	
2	Балкон	6,06	
3	Коридор	29,60	
4	Ванна	4,05	
5	Туалет	2,16	
6	Кабінет	11,77	
7	Балкон	3,44	
8	Спальня	21,86	
9	Вітальня	22,76	
10	Балкон	2,75	
11	Кухня	11,76	
12	Туалет	1,96	
13	Ванна	4,55	

1.2. Архітектурно-конструктивне рішення

Житловий будинок запроєктовано десятиповерховим монолітним каркасним.

Фундаменти – монолітна залізобетонна плита класу С16/20, армована у двох напрямках стержнями кл. А400С, товщиною 800 мм, відмітка низу -4,400 м.

Колони – монолітні залізобетонні перерізом 400х400 мм, бетон класу С16/20, арматура – А400С.

Зовнішні стіни – ненесучі, слугують заповненням каркасу і є багатошаровими, з газобетонних блоків товщиною 400 мм, утеплення плитами мінераловатними (товщина визначена з ТТР), зовнішнього та внутрішнього оздоблення.

Внутрішні стіни – цегляні, товщиною 380 мм.

Перегородки – цегляні, товщиною 120 мм.

Перекриття і покриття – монолітні з\б плити класу С20/25, армовані у двох напрямках стержнями кл. А400С, товщиною 180 мм.

Покриття підлог відрізняється залежно до призначення приміщень. Експлікація підлог наведена в таблиці А2.

Вікна – металопластикові, індивідуального виготовлення. Двері – металопластикові та металеві на вході. Специфікація вікон, вітражів і дверей наведена у таблиці А3.

1.3. Інженерні мережі будівлі

Щоб забезпечити користувачам комфортні умови проживання, енергоефективність та що найважливіше – безпеку експлуатації споруди, проектом було передбачено сучасне проектування всіх інженерних мереж.

Система опалення

Опалення житлової будівлі передбачено від автономної дахової газової котельні, яка буде розташована на технічному поверсі. Котельню обладнають двома сучасними конденсаційними котлами, що працюють на природному газі. Це дозволить автоматично регулювати подачу тепла залежно від температури зовнішнього повітря. Запроектовано двотрубну систему закритого типу з використанням примусової циркуляції води. Для рівномірного розподілу тепла радіатори будуть розташовуватись під вікнами. Споживачі матимуть змогу керувати температурним режимом приміщень. Для зручності на радіаторах будуть встановлені терморегулятори.

Система вентиляції

У житловій будівлі передбачено комбіновану систему вентиляції – природну та механічну.

У житлових приміщеннях, кімнатах і коридорах організовано природний повітрообмін за рахунок припливу повітря через щілини віконних блоків, а також через спеціальні припливні клапани у віконних рамах. Видалення відпрацьованого повітря здійснюється через витяжні канали, розташовані у ванних кімнатах, санвузлах і кухнях.

Для приміщень, що потребують підвищеного повітрообміну (наприклад, вентиляційних шахт дахової котельні, приміщень електрощитової чи комор), передбачено механічну витяжку з електровентиляторами. Усі повітроводи виконані з оцинкованої сталі, з шумо- та теплоізоляцією в місцях проходження через житлові зони.

Вентиляційна система забезпечує підтримання нормативних параметрів мікроклімату та сприяє енергоефективності будівлі.

Система водопостачання

Водопостачання будівлі запроєктовано від централізованої міської мережі. У підвальному приміщенні розміщений ввідний вузол, на якому встановлено запірну арматуру, насосне обладнання і прилади обліку води.

Гаряче водопостачання забезпечує дахова котельня, де встановлені теплообмінники для нагріву води. Для зменшення витрат тепла запроєктовано циркуляційний контур.

Система водовідведення

Водовідведення запроєктовано окремо для побутових і зливових стоків.

Внутрішня каналізаційна мережа виконана з поліпропіленових труб, що мають шумозахисне покриття. Вона призначена для відводу побутових стоків.

Для відводу дощової води запроєктовано внутрішній водостік. По ньому вода потрапляє у зовнішню міську зливову каналізацію. Щоб унеможливити промерзання стояків взимку їх утеплюють.

1.4. Будівельна фізика

ТТР зовнішньої стіни

Для м. Шептицького $R_{q,min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ - мін. опір теплопередачі для зовнішніх стін житлової будівлі [6]. У проєкті зовнішні стіни – ненесучі, багатошарові, з газосилікатних блоків товщиною 400 мм, утеплення мінераловатними плитами з внутрішнім і зовнішнім оздобленням.

Характеристики кожного шару конструкції:

1. Тинькування внутрішнє:

$$\delta = 0,03 \text{ м}, \lambda = 0,93 \text{ Вт} / (\text{мК})$$

2. Газосилікатні блоки:

$$\delta = 0,4 \text{ м}, \lambda = 0,12 \text{ Вт} / (\text{мК})$$

3. Мінвата, плити стінові:

$$\delta = x \text{ м}, \lambda = 0,046 \text{ Вт} / (\text{мК})$$

4. Опорядження зовнішнє:

$$\delta = 0,03 \text{ м}, \lambda = 0,85 \text{ Вт / (мК)}$$

Визначаємо загальний опір:

$$\begin{aligned} R_q &= 0,115 + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,4}{0,12} + \frac{x}{0,046} + \frac{0,03}{0,85} + 0,043 = \\ &= 3,59 + \frac{x}{0,046} (\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}) \geq 4,0 (\text{м}^2 \text{К} / \text{Вт}) \\ x &\geq 20 \text{ мм} \end{aligned}$$

Приймаємо товщину утеплювача 100 мм. Тоді загальний термічний опір становитиме:

$$R_q = 5,76 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт} > 4,0 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт} - \text{умова виконується.}$$

Теплотехнічний розрахунок покриття

Для м. Шептицького для суміщеного покриття житлової будівлі $R_{q,min} = 7,0 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$ - мін. опір теплопередачі [6]. Конструкція покриття: ПВХ-мембрана, стяжка на цементно-піщаному розчині – 30 мм, шар утеплювача – мінераловатні плити, пароізоляція - 5 мм, стяжка на цементно-піщаному розчині – 30 мм, з/б плита перекриття товщиною 180 мм.

Характеристики кожного шару конструкції:

1. ПВХ-мембрана:

$$\delta = 0,007 \text{ м}, \lambda = 0,17 \text{ Вт / (мК)}$$

2. Стяжка з цем-піщ. розчину:

$$\delta = 0,03 \text{ м}, \lambda = 0,93 \text{ Вт / (мК)}$$

3. Утеплювач – мінераловатні плити:

$$\delta = x \text{ м}, \lambda = 0,042 \text{ Вт / (мК)}$$

4. Пароізоляційна плівка:

$$\delta = 0,005 \text{ м}, \lambda = 0,17 \text{ Вт / (мК)}$$

5. Стяжка з цем-піщ. розчину:

$$6. \delta = 0,03 \text{ м}, \lambda = 0,93 \text{ Вт / (мК)}$$

7. Залізобетонна плита:

$$\delta = 0,18 \text{ м}, \lambda = 1,69 \text{ Вт / (мК)}$$

Визначаємо:

$$R_q = 0,115 + \frac{0,007}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{x}{0,042} + \frac{0,03}{0,93} + 0,043 =$$

$$= 0,263 + \frac{x}{0,042} (\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}) \geq 7,0 (\text{м}^2 \text{К} / \text{Вт})$$

$$x \geq 283 \text{ мм}$$

За каталогом продукції приймаємо товщину утеплювача $\delta=300$ мм.

Перевіряємо умову:

$$R_q = 7,41 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт} > 7,0 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт} - \text{умова виконується.}$$

1.5. Техніко-економічні показники

Площа забудови	м ²	976,82
Кількість поверхів	шт	10+2 підз.
Загальна площа квартир	м ²	6728,40
Житлова площа квартир	м ²	6563,12
Площа офісних приміщень	м ²	1055,65
Загальний будівельний об'єм, у т.ч.:		34940,80
-вище позначки 0,000	м ³	30401,00
-нижче позначки 0,000		4539,80
Кількість квартир, у т.ч.:		81
-1-но кімнатних		27
-2-х кімнатних	шт	27
-3-х кімнатних		18
-4-х кімнатних		9

Розділ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Проектування будівлі у програмі КОМПОНОВКА

Для статичного та конструктивного розрахунків самої будівлі та винесених на проектування конструктивних елементів було застосовано програмне забезпечення – ПК МОНОМАХ САПР [9]. Усі програми, що входять до цього програмного комплексу, якнайкраще підходять для розробки тематики багатопверхових будівель бакалаврських робіт.

Так, для статичного розрахунку просторового каркасу багатопверхового житлового будинку використали програму КОМПОНОВКА, у якій створили скінченно-елементну модель, задавши усі діючі навантаження.

Збір навантажень на покриття і перекриття наведено у таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1. Збір навантажень від покриття

№ шару	Вид навантаження	Характеристичне, кН/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове, кН/м ²
	Постійне			
1	ПВХ-мембрана $\delta = 7 \text{ мм}, \rho = 1,1 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,008	1,2	0,01
2	Цементно-піщана стяжка $\delta = 30 \text{ мм}, \rho = 16 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,48	1,2	0,576
3	Мінеральна вата $\delta = 300 \text{ мм}, \rho = 0,7 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,21	1,3	0,273
4	Пароізоляція $\delta = 5 \text{ мм}, \rho = 1,1 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,006	1,2	0,007
5	Цементно-піщана стяжка $\delta = 30 \text{ мм}, \rho = 16 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,48	1,2	0,576
6	Плита покриття монолітна $\delta = 180 \text{ мм}, \rho = 25 \text{ кН} / \text{м}^3$		-	
	<i>Всього постійне:</i>	1,184		1,442
	Снігове	1,260	1,14	1,436

Снігове навантаження

Для м. Шептицького нормативне (характеристичне) значення снігового навантаження становить 1260 Па (згідно з [5]).

Таблиця 2.2. Збір навантажень на перекриття

№ шару	Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження, кН/м ²
	Постійне			
1	Плиткове покриття $\delta = 20 \text{ мм}, \rho = 19 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,38	1,2	0,456
2	Гідроізоляційний шар $\delta = 5 \text{ мм}, \rho = 1,1 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,06	1,2	0,072
3	Цементно-піщана стяжка $\delta = 40 \text{ мм}, \rho = 16 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,64	1,2	0,768
4	ППС плити $\delta = 50 \text{ мм}, \rho = 0,35 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,017	1,2	0,02
5	Цементно-піщана стяжка $\delta = 40 \text{ мм}, \rho = 16 \text{ кН} / \text{м}^3$	0,64	1,2	0,768
6	Плита перекриття монолітна $\delta = 180 \text{ мм}, \rho = 25 \text{ кН} / \text{м}^3$		-	
	<i>Всього постійне:</i>	1,737		2,084
	Змінне			
	Короткочасне	1,15	1,2	1,38
	Довготривале (квазіпостійне)	0,35	1,2	0,42
	<i>Всього змінне:</i>	1,50		1,80

При створенні моделі ці навантаження задавали рівномірно розподіленими по площі, відповідно на покриття і перекриття. Що стосується власної ваги конструкцій при заданні постійного навантаження, то програма обчислює їх сама, перемножуючи задані розміри конструктивних елементів на питому вагу матеріалу (залізобетону) – 2,5 т/м³ чи 25 кН/м³.

Вітрове навантаження

Для м. Шептицького нормативне (характеристичне) значення вітрового навантаження становить 510 Па (згідно з [5]).

Розрахунок будівлі. Результати розрахунку

Щоб зменшити розмірність задачі та час розрахунку, спершу моделювали типовий поверх, розраховували його, потім копіювали поверх з результатами розрахунку стільки разів, скільки загалом поверхів у будівлі (разом з підвальними – 12). Виконували коригування підвальних поверхів і технічного і вже тоді розраховували будівлю повністю. Попередній розрахунок усієї будівлі дає змогу проаналізувати правильність побудови розрахункової моделі, виконати збір усіх навантажень, передати їх на нижчорозташовані конструктивні елементи. Якщо все правильно – програма виконає підбір перерізів або їх перевірку (залежно від того, чи фіксували розміри). Після цього можна виконувати остаточний розрахунок МСЕ. Створену розрахункову модель (рис. 2.1) та результати розрахунку МСЕ (рис. 2.2) переглядають у спадному меню *Вид*.

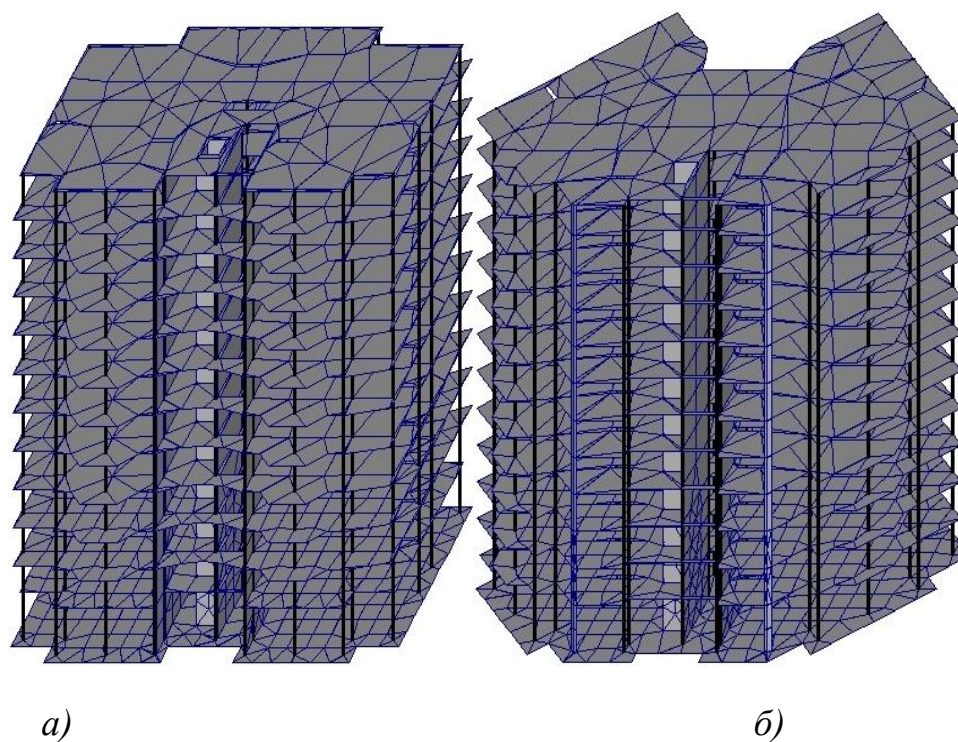


Рис. 2.1. Створені програмою розрахункові моделі *а)* – секції 1, *б)* – секції 2

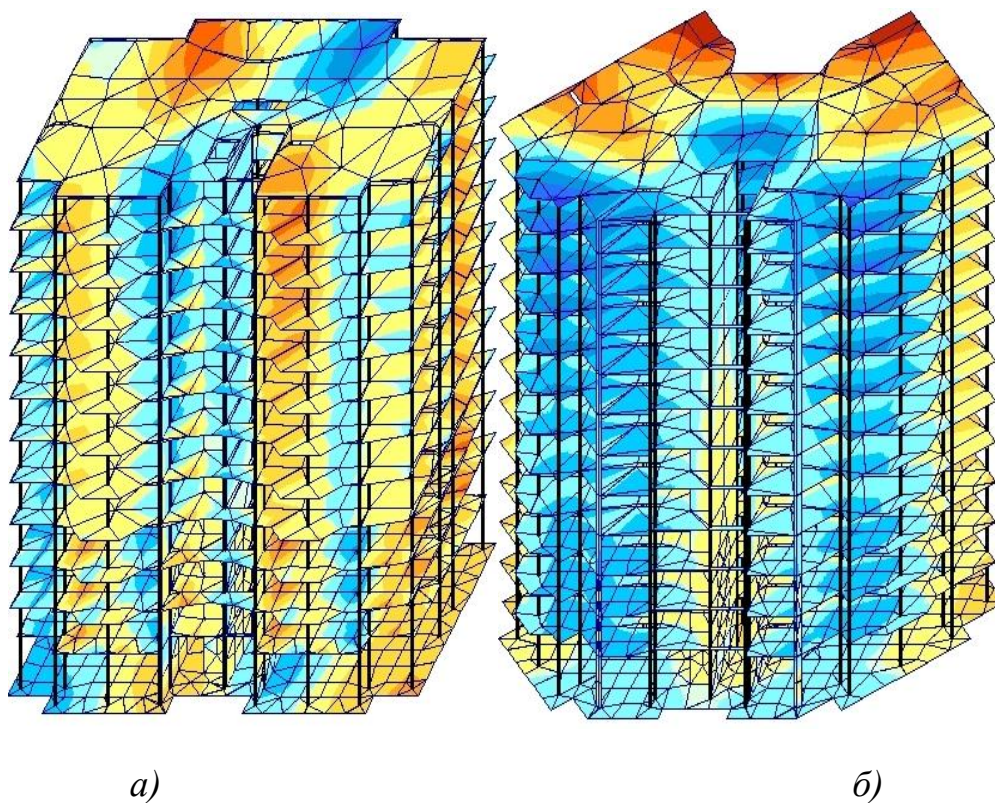


Рис. 2.2. Результати розрахунку МСЕ: а) – секції 1, б) – секції 2

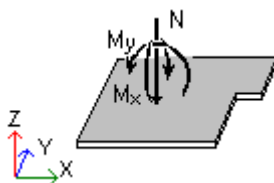
Текст розрахункової записки (фрагмент) виводимо на друк (див. нижче).

Секція 1

Сумарні вертикальні навантаження

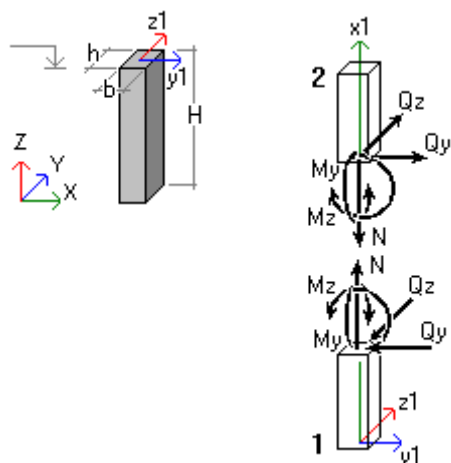
Постійне, кН	Довготривале, кН	Короткочасне, кН
Навантаження на відмітці низу стін і колон 1-го поверху		
52303.105	1873.581	6690.777
Власна вага фундаментних плит і додаткові навантаження на них		
10103.331	172.634	567.226

Фундаментні плити



N	Завантаження	Форма/ комбінація	N(кН)	Mx(кН*м)	My(кН*м)	Px(кН)	Py(кН)
Поверх N1 Фундаментна плита N1 b=0.8м, S=493.24м2, 1. Фунд плита, C1Min=1961.36кН/м3, C1Max=1961.36кН/м3, C1Ave=1961.361кН/м3, C2Min=19613.6кН/м2, C2Max=19613.6кН/м2, C2Ave=19613.588кН/м2							
1_1	Постійне		62406.445	18021.168	-6181.023	0	-0
	Довготривале		2046.215	709.214	316.762	-0	0
	Короткочасне		7258.005	2414.089	1073.263	-0	-0

Колони

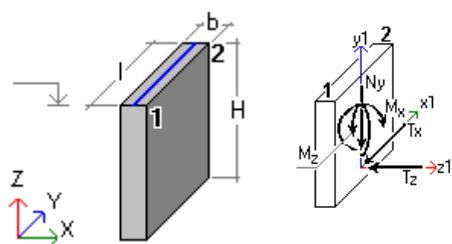


N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(кН)	Qz(кН)	My(кН*м)	Qy(кН)	Mz(кН*м)
Поверх N1 Колона N1								
1_1	Постійне		0	-973.204	7.434	-25.148	-5.46	-14.779
			3.6	-962.392	7.434	1.614	-5.46	4.877
	Довготривале		0	-35.099	0.219	-0.864	-0.032	-0.183
			3.6	-35.099	0.219	-0.076	-0.032	-0.066
	Короткочасне		0	-122.182	0.74	-2.905	-0.099	-0.586
			3.6	-122.182	0.74	-0.24	-0.099	-0.231
Поверх N1 Колона N2								
1_2	Постійне		0	-1303.726	12.061	-42.146	-6.863	-15.995
			3.6	-1289.604	12.061	1.273	-6.863	8.713
	Довготривале		0	-52.425	0.278	-1.316	-0.144	-0.341
			3.6	-52.425	0.278	-0.316	-0.144	0.178
	Короткочасне		0	-183.99	0.979	-4.513	-0.444	-1.046
			3.6	-183.99	0.979	-0.986	-0.444	0.551
Поверх N1 Колона N3								
1_3	Постійне		0	-1605.716	23.91	-59.308	2.097	-0.624
			3.6	-1591.594	23.91	26.769	2.097	-8.172
	Довготривале		0	-64.383	0.495	-1.521	0.004	-0.26
			3.6	-64.383	0.495	0.262	0.004	-0.274
	Короткочасне		0	-227.523	1.773	-5.348	-0.006	-0.917
			3.6	-227.523	1.773	1.034	-0.006	-0.895
Поверх N1 Колона N4								
1_4	Постійне		0	-630.725	19.966	-42.3	-1.424	-3.949
			3.6	-619.913	19.966	29.577	-1.424	1.177
	Довготривале		0	-19.689	0.556	-1.189	-0.082	-0.286
			3.6	-19.689	0.556	0.813	-0.082	0.008
	Короткочасне		0	-71.483	1.939	-4.157	-0.296	-1.002
			3.6	-71.483	1.939	2.822	-0.296	0.063
Поверх N1 Колона N5								
1_5	Постійне		0	-1739.714	18.882	-58.405	-0.508	-0.928
			3.6	-1725.592	18.882	9.57	-0.508	0.901
	Довготривале		0	-58.747	0.348	-1.492	-0.133	-0.287
			3.6	-58.747	0.348	-0.24	-0.133	0.191
	Короткочасне		0	-207.066	1.318	-5.355	-0.456	-0.99
			3.6	-207.066	1.318	-0.611	-0.456	0.652

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(кН)	Qz(кН)	My(кН*м)	Qy(кН)	Mz(кН*м)
Поверх N1 Колона N6								
1_6	Постійне		0	-827.362	10.828	-22.722	-1.281	-2.586
			3.6	-819.418	10.828	16.258	-1.281	2.025
	Довготривале		0	-29.716	0.3	-0.652	-0.031	-0.062
			3.6	-29.716	0.3	0.427	-0.031	0.049
	Короткочасне		0	-106.863	1.072	-2.317	-0.108	-0.217
			3.6	-106.863	1.072	1.542	-0.108	0.173
Поверх N1 Колона N7								
1_7	Постійне		0	-1739.747	22.535	-64.868	-5.698	-13.071
			3.6	-1725.625	22.535	16.258	-5.698	7.443
	Довготривале		0	-58.087	0.519	-1.748	-0.069	-0.141
			3.6	-58.087	0.519	0.121	-0.069	0.109
	Короткочасне		0	-204.944	1.902	-6.245	-0.244	-0.498
			3.6	-204.944	1.902	0.604	-0.244	0.381
Поверх N1 Колона N8								
1_8	Постійне		0	-681.871	22.026	-47.228	-1.585	-2.51
			3.6	-671.059	22.026	32.065	-1.585	3.195
	Довготривале		0	-20.989	0.583	-1.287	-0.026	0.024
			3.6	-20.989	0.583	0.812	-0.026	0.116
	Короткочасне		0	-75.963	2.061	-4.545	-0.082	0.09
			3.6	-75.963	2.061	2.876	-0.082	0.384
Поверх N1 Колона N9								
1_9	Постійне		0	-1574.548	32.14	-73.233	-2.828	-4.313
			3.6	-1560.426	32.14	42.471	-2.828	5.867
	Довготривале		0	-60.942	0.741	-1.889	-0.049	0.018
			3.6	-60.942	0.741	0.779	-0.049	0.196
	Короткочасне		0	-215.962	2.634	-6.662	-0.168	0.066
			3.6	-215.962	2.634	2.821	-0.168	0.671
Поверх N1 Колона N10								
1_10	Постійне		0	-1395.387	17.048	-53.289	2.874	8.056
			3.6	-1381.265	17.048	8.083	2.874	-2.291
	Довготривале		0	-51.729	0.318	-1.37	-0.191	-0.369
			3.6	-51.729	0.318	-0.226	-0.191	0.319
	Короткочасне		0	-181.877	1.151	-4.784	-0.697	-1.37
			3.6	-181.877	1.151	-0.643	-0.697	1.139
Поверх N1 Колона N11								
1_11	Постійне		0	-973.09	10.873	-32.472	3.733	10.584
			3.6	-962.278	10.873	6.671	3.733	-2.854
	Довготривале		0	-27.239	0.183	-0.774	-0.146	-0.236
			3.6	-27.239	0.183	-0.114	-0.146	0.29
	Короткочасне		0	-95.572	0.643	-2.659	-0.51	-0.839
			3.6	-95.572	0.643	-0.344	-0.51	0.996
Поверх N1 Колона N12								
1_12	Постійне		0	-878.538	-0.518	5.327	-3.588	-11.881
			3.6	-867.726	-0.518	3.46	-3.588	1.036
	Довготривале		0	-31.516	0.137	-0.056	0.186	0.176
			3.6	-31.516	0.137	0.437	0.186	-0.492
	Короткочасне		0	-113.391	0.377	-0.014	0.608	0.562
			3.6	-113.391	0.377	1.343	0.608	-1.627
Поверх N1 Колона N13								

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(кН)	Qz(кН)	M _y (кН*м)	Q _y (кН)	M _z (кН*м)
1_13	Постійне		0	-1324.214	1.813	3.173	-6.21	-15.019
			3.6	-1310.092	1.813	9.701	-6.21	7.338
	Довготривале		0	-56.024	0.206	-0.061	0.039	0.042
			3.6	-56.024	0.206	0.682	0.039	-0.097
	Короткочасне		0	-201.86	0.587	0.021	0.138	0.158
			3.6	-201.86	0.587	2.135	0.138	-0.338
Поверх N1 Колона N41								
1_41	Постійне		0	-1244.323	-8.18	22.208	3.947	12.4
			3.6	-1233.511	-8.18	-7.239	3.947	-1.808
	Довготривале		0	-48.057	-0.208	0.723	-0.04	0.116
			3.6	-48.057	-0.208	-0.026	-0.04	0.26
	Короткочасне		0	-169.232	-0.713	2.457	-0.119	0.422
			3.6	-169.232	-0.713	-0.11	-0.119	0.852
Поверх N1 Колона N42								
1_42	Постійне		0	-797.583	-6.528	21.006	6.474	17.141
			3.6	-786.771	-6.528	-2.495	6.474	-6.166
	Довготривале		0	-21.872	-0.146	0.673	-0.016	0.074
			3.6	-21.872	-0.146	0.149	-0.016	0.131
	Короткочасне		0	-77.228	-0.493	2.264	-0.048	0.265
			3.6	-77.228	-0.493	0.49	-0.048	0.437

Стіни



N	Завантаження	Форма/ комбінація	N _y (кН)	T _x (кН)	M _z (кН*м)	T _z (кН)	M _x (кН*м)
Поверх N1 Стіна N1 b=0.25м, l=6.8м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_1	Постійне		3041.556	534.289	1522.665	-2.619	4.744
	Довготривале		103.333	15.343	44.403	-0.077	0.124
	Короткочасне		366.523	53.484	153.831	-0.265	0.431
Поверх N1 Стіна N2 b=0.25м, l=1.2м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_2	Постійне		266.906	-23.53	-55.579	0.247	-1.222
	Довготривале		8.881	-0.933	-2.239	-0.043	0.043
	Короткочасне		32.175	-3.206	-7.697	-0.134	0.126
Поверх N1 Стіна N3 b=0.25м, l=4.4м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_3	Постійне		1320.069	-120.073	-314.5	2.678	-7.009
	Довготривале		45.721	-3.393	-8.511	-0.09	0.051
	Короткочасне		163.078	-11.383	-28.615	-0.283	0.134
Поверх N1 Стіна N4 b=0.25м, l=4.4м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_4	Постійне		1005.783	-105.912	-440.265	-1.655	3.456
	Довготривале		27.288	-2.292	-10.919	-0.014	0.023
	Короткочасне		97.943	-8.267	-39.202	-0.044	0.076
Поверх N1 Стіна N7 b=0.25м, l=2.14м, H=3.6м, 4. Стіна							

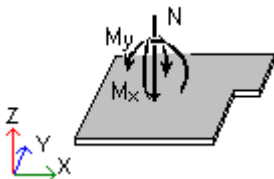
1_7	Постійне		473.857	36.903	98.742	3.507	-3.722
	Довготривале		13.165	0.815	2.317	0.077	-0.068
	Короткочасне		47.188	2.913	8.318	0.278	-0.246
Поверх N1 Стіна N8 b=0.25м, l=1.84м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_8	Постійне		357.745	-25.215	-46.715	1.719	-0.743
	Довготривале		10.296	-0.607	-1.218	0.051	-0.021
	Короткочасне		36.993	-2.226	-4.48	0.181	-0.075
Поверх N1 Стіна N9 b=0.25м, l=2.14м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_9	Постійне		549.711	-35.368	-84.349	3.471	-4.573
	Довготривале		15.413	-0.795	-1.972	0.077	-0.089
	Короткочасне		55.289	-2.806	-6.918	0.282	-0.325
Поверх N1 Стіна N10 b=0.25м, l=1.84м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_10	Постійне		522.473	7.393	20.343	2.997	-3.626
	Довготривале		14.277	0.002	0.415	0.086	-0.091
	Короткочасне		51.13	0.029	1.467	0.303	-0.326
Поверх N1 Стіна N11 b=0.25м, l=6.4м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_11	Постійне		1755.789	-323.871	-1250.264	-2.65	8.833
	Довготривале		56.917	-9.182	-38.681	0.262	-0.301
	Короткочасне		204.461	-32.449	-135.867	0.84	-0.939

Витрати матеріалів.Всього							
Матеріали	Фундаменти	Стіни	Колони	Балки	Плити	Перегородки	Всього
Бетон, м3	394.59	0.00	100.22	0.00	937.12	16.10	1448.04
Арматура, кг	43405	0	9939	0	41006	25	94375
4. Стіна, м3	-	259.48	-	-	-	-	259.48
5. Перегородка, м3	-	-	-	-	-	269.72	269.72

Секція 2

Сумарні вертикальні навантаження

Постійне, кН	Довготривале, кН	Короткочасне, кН
Навантаження на відмітці низу стін і колон 1-го поверху		
51491.902	1828.29	6605.611
Власна вага фундаментних плит і додаткові навантаження на них		
11647.272	195.33	641.8



N	Завантаження	Форма/комбінація	N(кН)	Mx(кН*м)	My(кН*м)	Rx(кН)	Ry(кН)
Поверх N1 Фундаментна плита N1 b=0.8м, S=558.09м2, 7. Фунд. плита, C1Min=1961.36кН/м3, C1Max=1961.36кН/м3, C1Ave=1961.36кН/м3, C2Min=19613.6кН/м2, C2Max=19613.6кН/м2, C2Ave=19613.617кН/м2							
1_1	Постійне		63139.18	-12907.104	1091.776	0	-0
	Довготривале		2023.62	636.848	114.625	0	-0
	Короткочасне		7247.412	2300.93	414.154	0	-0

Колони

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(кН)	Qz(кН)	M _y (кН*м)	Q _y (кН)	Mz(кН*м)
Поверх N1 Колона N1 Прямокутник b=0.25 h=0.25м, H=3.6м, l. Колона, μ=1.26%								
1_1	Постійне		0	-526.543	-6.014	10.724	0.035	1.765
			3.6	-520.918	-6.014	-10.926	0.035	1.637
	Довготривале		0	-25.042	-0.233	0.405	-0.018	0.05
			3.6	-25.042	-0.233	-0.435	-0.018	0.113
	Короткочасне		0	-90.711	-0.808	1.413	-0.042	0.203
			3.6	-90.711	-0.808	-1.496	-0.042	0.356
Поверх N1 Колона N2 Прямокутник b=0.25 h=0.25м, H=3.6м, l. Колона, μ=1.39%								
1_2	Постійне		0	-554.724	-6.006	10.709	0.95	0.656
			3.6	-549.099	-6.006	-10.914	0.95	-2.765
	Довготривале		0	-24.856	-0.244	0.424	0.031	-0.003
			3.6	-24.856	-0.244	-0.455	0.031	-0.116
	Короткочасне		0	-89.845	-0.85	1.485	0.094	-0.035
			3.6	-89.845	-0.85	-1.576	0.094	-0.372
Поверх N1 Колона N3 Прямокутник b=0.25 h=0.25м, H=3.6м, l. Колона, μ=1.14%								
1_3	Постійне		0	-526.928	-5.564	9.884	-0.597	-0.23
			3.6	-521.303	-5.564	-10.146	-0.597	1.919
	Довготривале		0	-22.015	-0.223	0.393	-0.08	-0.114
			3.6	-22.015	-0.223	-0.409	-0.08	0.173
	Короткочасне		0	-79.905	-0.778	1.38	-0.268	-0.384
			3.6	-79.905	-0.778	-1.421	-0.268	0.581
Поверх N1 Колона N4 Прямокутник b=0.25 h=0.25м, H=3.6м, l. Колона, μ=0.84%								
1_4	Постійне		0	-500.945	-4.211	7.367	0.289	-0.452
			3.6	-495.32	-4.211	-7.793	0.289	-1.494
	Довготривале		0	-21.322	-0.195	0.338	-0.052	-0.156
			3.6	-21.322	-0.195	-0.362	-0.052	0.029
	Короткочасне		0	-76.746	-0.675	1.181	-0.192	-0.565
			3.6	-76.746	-0.675	-1.247	-0.192	0.127
Поверх N1 Колона N5 Прямокутник b=0.25 h=0.25м, H=3.6м, l. Колона, μ=0.50%								
1_5	Постійне		0	-404.702	-0.637	1.102	0.663	0.764
			3.6	-399.077	-0.637	-1.191	0.663	-1.623
	Довготривале		0	-12.388	-0.06	0.117	-0.083	-0.176
			3.6	-12.388	-0.06	-0.101	-0.083	0.121
	Короткочасне		0	-45.729	-0.208	0.401	-0.302	-0.637
			3.6	-45.729	-0.208	-0.346	-0.302	0.449
Поверх N1 Колона N6 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.6м, l. Колона, μ=0.96%								
1_6	Постійне		0	-1451.266	-7.834	14.511	4.824	3.657
			3.6	-1436.866	-7.834	-13.693	4.824	-13.709
	Довготривале		0	-53.536	-0.431	0.852	-0.292	-0.895
			3.6	-53.536	-0.431	-0.699	-0.292	0.156
	Короткочасне		0	-192.036	-1.479	2.936	-1.09	-3.244
			3.6	-192.036	-1.479	-2.386	-1.09	0.681
Поверх N1 Колона N7 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.6м, l. Колона, μ=1.30%								
1_7	Постійне		0	-1473.974	-18.58	40.494	0.859	8.339
			3.6	-1459.574	-18.58	-26.395	0.859	5.246
	Довготривале		0	-54.462	-0.623	1.374	-0.252	-0.325
			3.6	-54.462	-0.623	-0.868	-0.252	0.581
	Короткочасне		0	-197.573	-2.195	4.849	-0.822	-1.042
			3.6	-197.573	-2.195	-3.052	-0.822	1.915
Поверх N1 Колона N8 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.6м, l. Колона, μ=1.44%								

N	Завантаження	Форма/ комбінація	a(м)	N(кН)	Qz(кН)	M _y (кН*м)	Q _y (кН)	M _z (кН*м)
1_8	Постійне		0	-1480.193	-21.646	46.622	0.759	-4.312
			3.6	-1465.793	-21.646	-31.302	0.759	-7.045
	Довготривале		0	-60.251	-0.639	1.414	-0.056	-0.428
			3.6	-60.251	-0.639	-0.885	-0.056	-0.227
	Короткочасне		0	-218.488	-2.256	4.997	-0.274	-1.635
			3.6	-218.488	-2.256	-3.124	-0.274	-0.647
Поверх N1 Колона N9 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.6м, 1. Колона, μ=1.52%								
1_9	Постійне		0	-1544.151	-18.753	37.587	-0.334	8.47
			3.6	-1529.751	-18.753	-29.924	-0.334	9.672
	Довготривале		0	-70.038	-0.517	0.987	-0.047	0.333
			3.6	-70.038	-0.517	-0.876	-0.047	0.502
	Короткочасне		0	-253.07	-1.783	3.399	-0.097	1.26
			3.6	-253.07	-1.783	-3.019	-0.097	1.61
Поверх N1 Колона N10 Прямокутник b=0.4 h=0.4м, H=3.6м, 1. Колона, μ=0.80%								
1_10	Постійне		0	-1385.778	7.9	-17.771	8.047	9.078
			3.6	-1371.378	7.9	10.67	8.047	-19.891
	Довготривале		0	-50.931	0.108	-0.244	-0.236	-0.925
			3.6	-50.931	0.108	0.145	-0.236	-0.075
	Короткочасне		0	-183.476	0.434	-0.978	-0.918	-3.394
			3.6	-183.476	0.434	0.585	-0.918	-0.089

Стіни

N	Завантаження	Форма/ комбінація	N _y (кН)	T _x (кН)	M _z (кН*м)	T _z (кН)	M _x (кН*м)
Поверх N1 Стіна N1 b=0.4м, l=0.27м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_1	Постійне		294.109	-4.102	-9.995	-2.798	3.777
	Довготривале		12.241	0.048	-0.039	-0.087	0.097
	Короткочасне		42.918	0.163	-0.125	-0.293	0.328
Поверх N1 Стіна N2 b=0.26м, l=0.2м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_2	Постійне		83.591	-4.389	-9.215	-0.003	0.095
	Довготривале		2.965	0.026	0.009	0.001	0.002
	Короткочасне		10.523	0.085	0.022	0.003	0.005
Поверх N1 Стіна N3 b=0.28м, l=0.31м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_3	Постійне		161.105	6.467	13.934	-0.315	0.549
	Довготривале		5.112	-0.024	0.038	0.001	-0.003
	Короткочасне		18.142	-0.08	0.134	0.003	-0.011
Поверх N1 Стіна N4 b=0.38м, l=0.2м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_4	Постійне		187.743	-7.04	-17.468	0.817	-1.366
	Довготривале		6.891	0.141	0.09	0.008	-0.013
	Короткочасне		23.878	0.443	0.241	0.034	-0.057
Поверх N1 Стіна N5 b=0.32м, l=0.31м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_5	Постійне		267.981	5.902	9.598	-1.177	2.299
	Довготривале		9.073	0.04	-0.017	0.001	0.004
	Короткочасне		31.441	0.098	-0.121	-0.004	0.028
Поверх N1 Стіна N6 b=0.12м, l=0.31м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_6	Постійне		85.417	-0.926	-1.537	-0.111	0.189
	Довготривале		3.175	-0.116	-0.211	-0.002	0.003
	Короткочасне		11.094	-0.411	-0.75	-0.007	0.009
Поверх N1 Стіна N7 b=0.16м, l=0.2м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_7	Постійне		69.338	-5.428	-9.162	0.137	-0.23

N	Завантаження	Форма/ комбінація	Ny(кН)	Tx(кН)	Mz(кН*м)	Tz(кН)	Mx(кН*м)
	Довготривале		2.854	-0.037	-0.001	0.004	-0.006
	Короткочасне		9.988	-0.115	0.014	0.014	-0.02
Поверх N1 Стіна N8 b=0.34м, l=0.32м, H=3.6м, 4. Стіна							
1_8	Постійне		303.472	-7.425	-8.793	1.961	-2.862
	Довготривале		12.473	-0.259	-0.273	0.054	-0.064
	Короткочасне		43.716	-0.856	-0.911	0.183	-0.216

Витрати матеріалів.Всього							
Матеріали	Фундаменти	Стіни	Колони	Балки	Плити	Перегородки	Всього
Бетон, м3	446.47	0.00	83.38	0.00	1025.74	0.00	1555.59
Арматура, кг	49112	0	12852	0	42939	0	104902
Опалубка, м2	644.03	0.00	1267.76	0.00	5698.56	0.00	7610.35
4. Стіна, м3	0.00	258.40	0.00	0.00	0.00	0.00	258.40

Для подальшого конструювання несучих елементів будівлі потрібно експортувати одержані результати розрахунку в програмі КОМПОНОВКА до конструювальних програм КОЛОНА та ПЛИТА.

2.2. Розрахунок і конструювання плит перекриття на відм. +6.000 секцій 1,2

Для статичного та конструктивного розрахунків використали програму ПЛИТА ПК МОНОМАХ САПР. Після імпорту з КОМПОНОВКИ плити були завантажені та готові до розрахунку. Матеріалами плит задано бетон класу С20/25 і арматуру А400С.

На рис. 2.3, 2.4 наведено ізополя згинальних моментів M_x , M_y у плитах обох секцій.

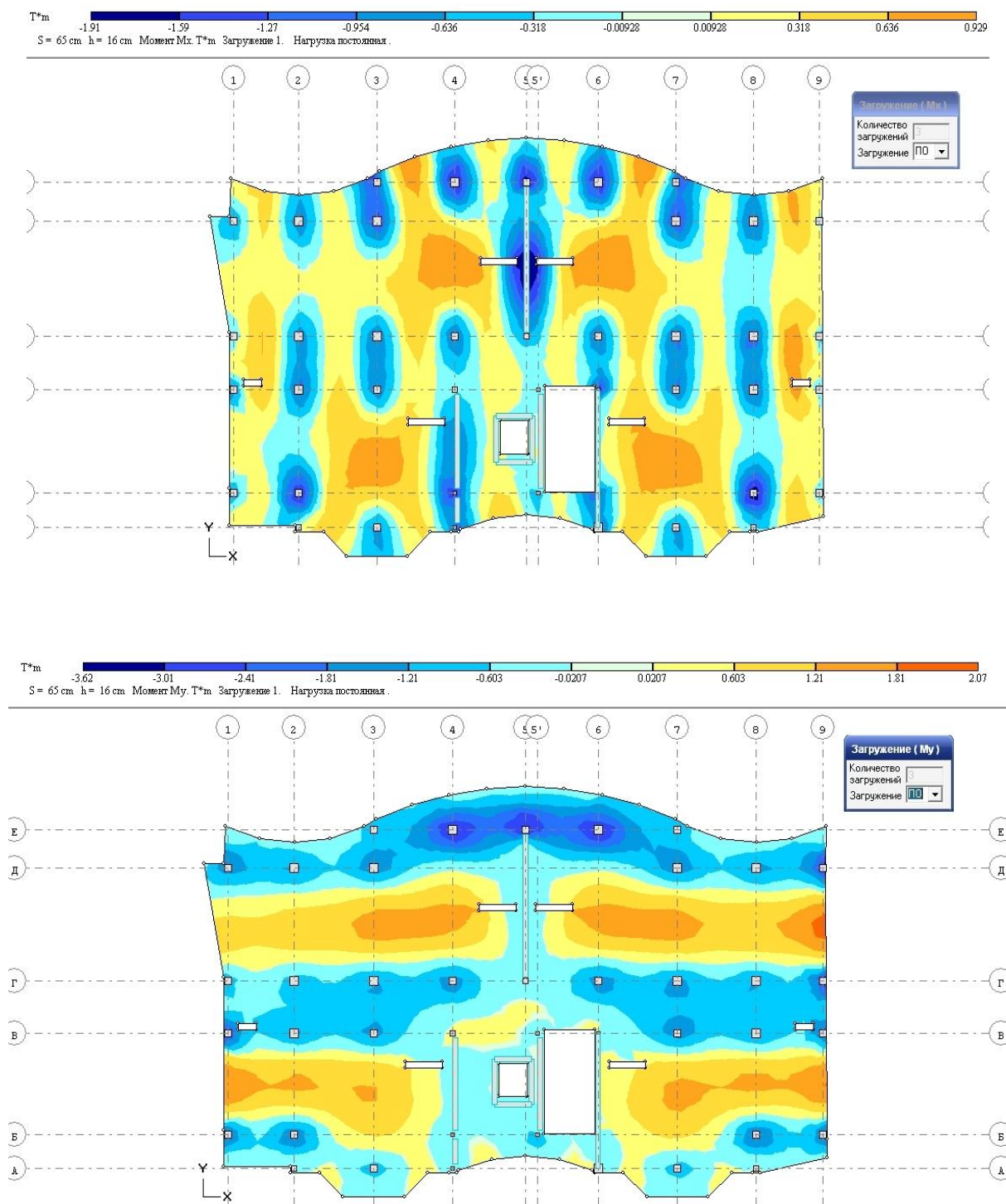


Рис. 2.3. Ізополя згинальних моментів M_x , M_y від дії постійного навантаження (секція 1)

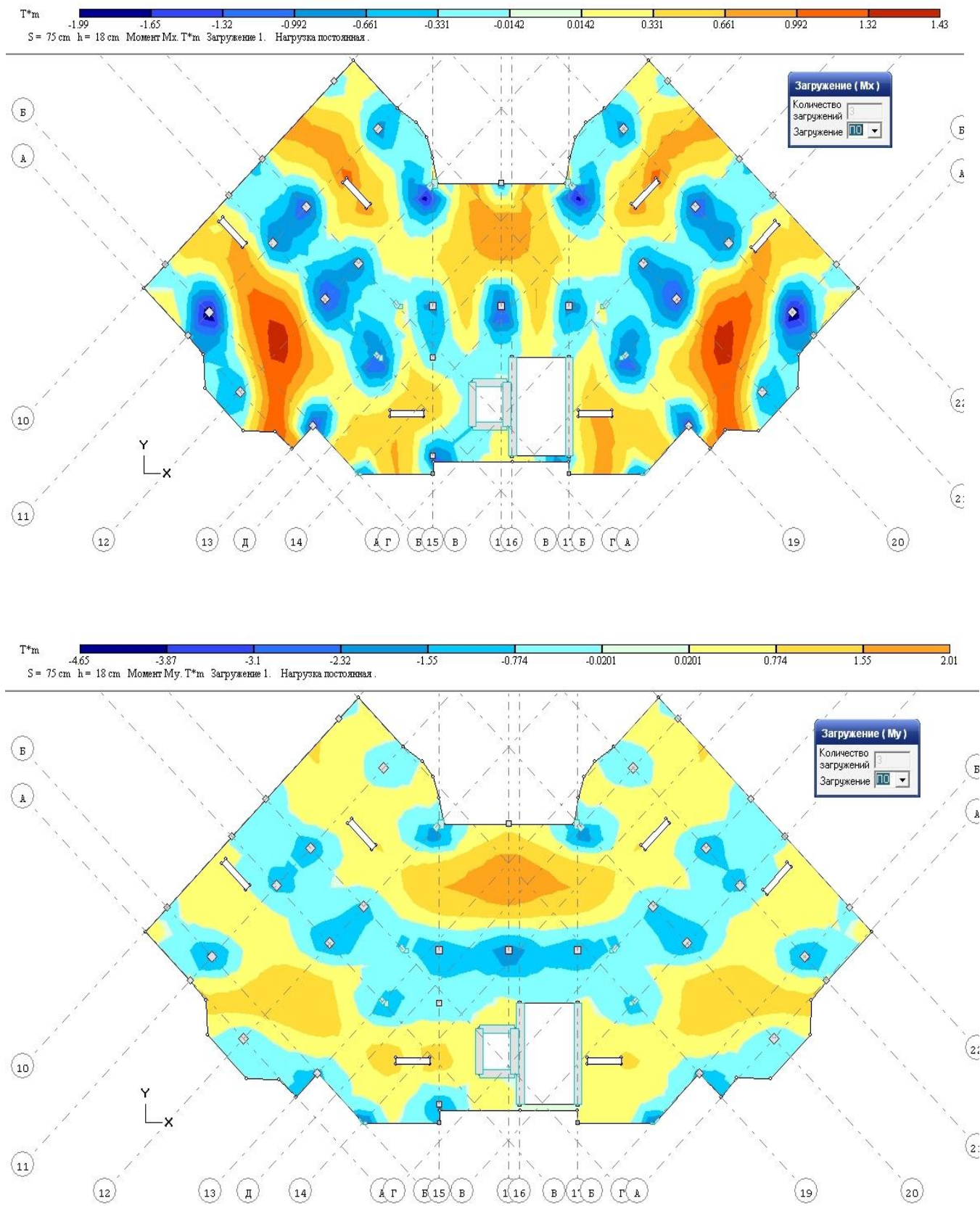


Рис. 2.4. Ізополя згинальних моментів M_x , M_y від дії постійного навантаження (секція 2)

Результати конструктивного розрахунку (секція 1)

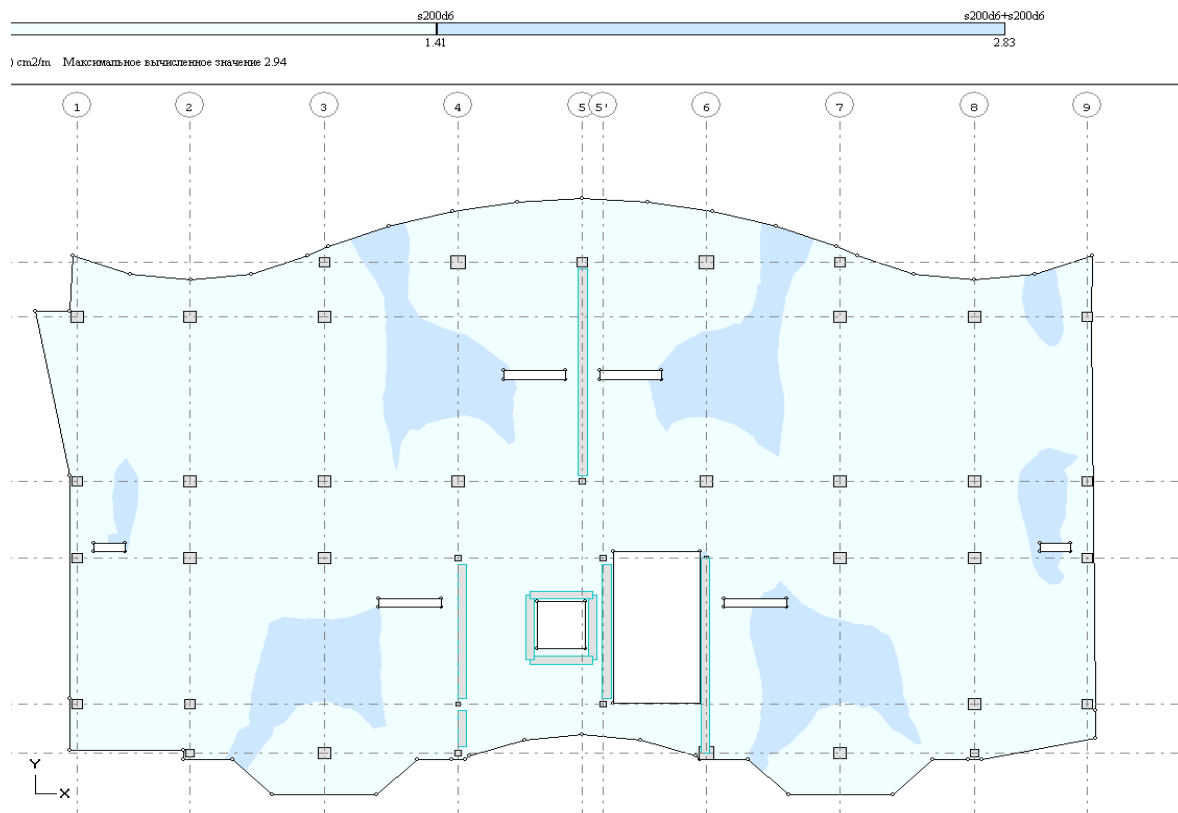


Рис. 2.5. Армування нижнє по Х

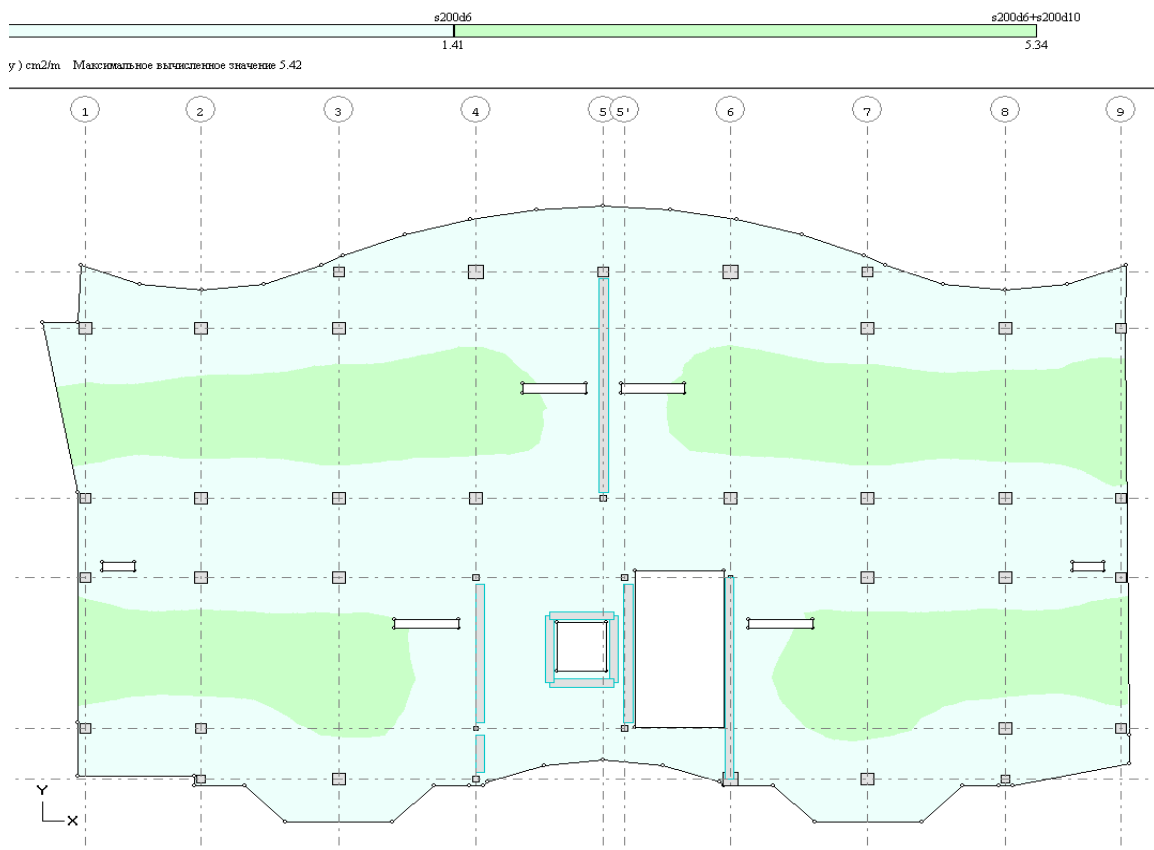


Рис. 2.6. Армування нижнє по У

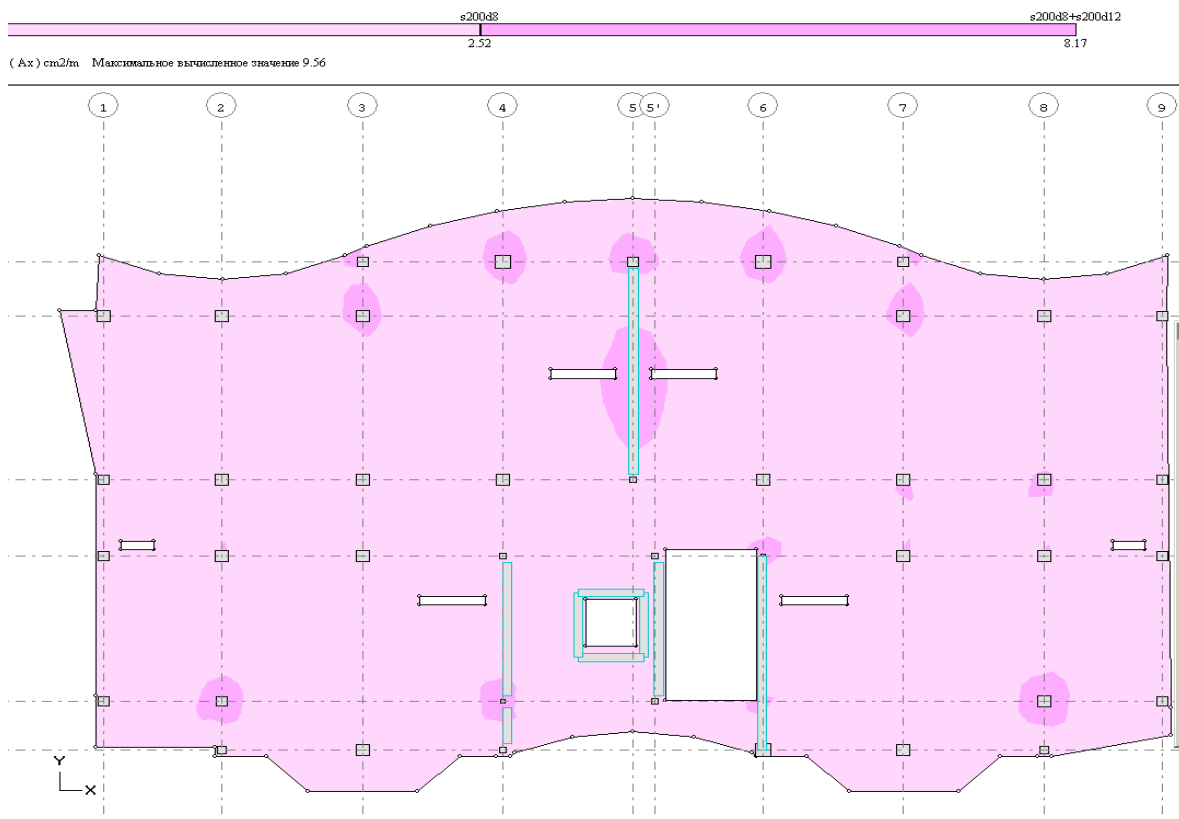


Рис. 2.7. Армування верхнє по X

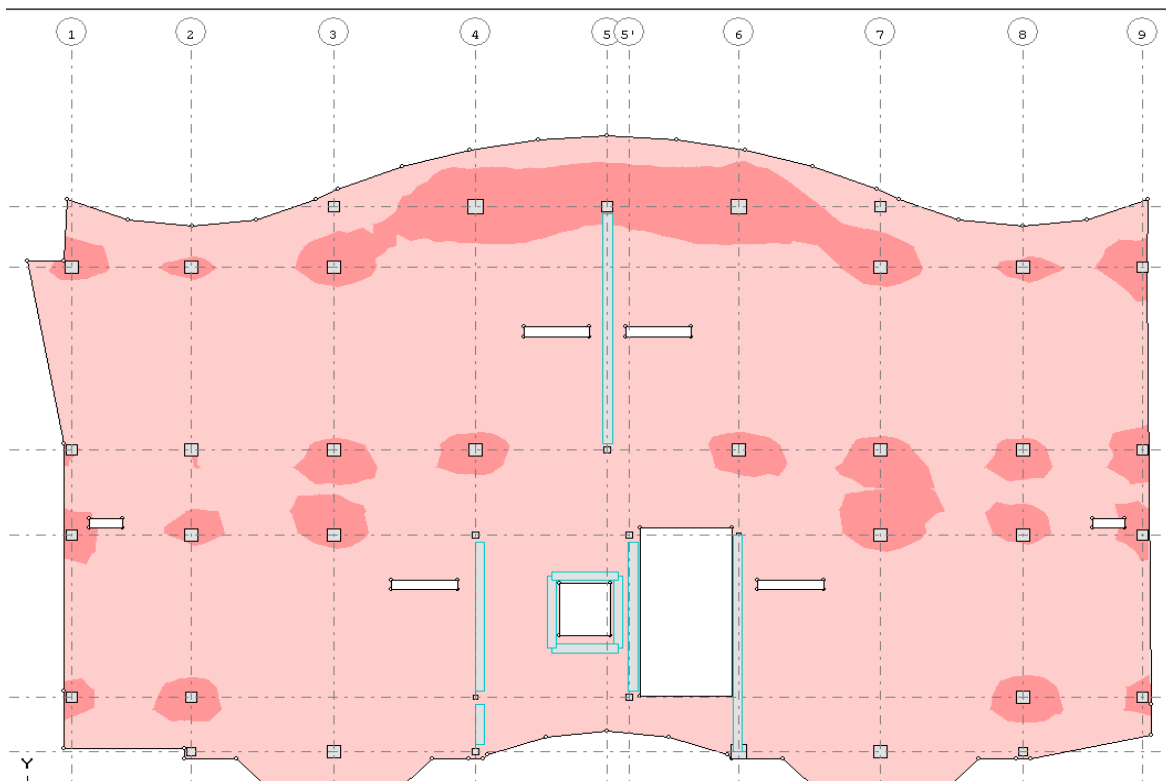


Рис. 2.8. Армування верхнє по Y

Переміщення (екстремуми)							
Ноузла	X (см)	Y (см)	Перемещение Z (мм)	Ноузла	X (см)	Y (см)	Перемещение Z (мм)
96	1470.0	1819.0	-7.731706	267	2220.0	-136.0	1.699008

Сполучення зусиль (екстремуми)						
№тр.	Mx	My	Mxy	Qx	Qy	R
987	-3.08	-3.97	0.74	5.49	7.97	0.00
657	-2.60	-4.75	0.76	8.32	8.30	0.00
658	-2.35	-3.32	-1.75	-2.06	-58.82	0.00
1880	0.26	-4.08	-0.39	35.86	18.80	0.00
1545	0.11	-0.19	0.05	15.10	60.72	0.00
1	0.17	-0.13	0.21	0.21	-0.45	0.00

Армування (екстремуми)									
№тр.	Xc (см)	Yc (см)	Угол	AX низ (см)	AY низ (см)	AX верх (см)	AY верх (см)	AX поп. (см)	AY поп. (см)
1723	2048.3	457.1	0.0	4.09	3.54	0.80	0.80	0.01	0.01
1893	2938.2	1160.5	0.0	0.80	7.81	0.80	0.80	0.01	0.01
658	1486.5	1589.5	0.0	0.80	0.80	9.70	11.57	0.01	115.14
657	1486.3	1649.1	0.0	0.80	0.80	8.05	13.01	0.01	0.01
1880	2933.4	1442.7	0.0	0.80	0.80	0.80	10.57	44.42	9.04
1545	1543.3	168.3	0.0	0.80	0.80	0.80	0.80	7.26	120.03

Результати конструктивного розрахунку (секція 2)

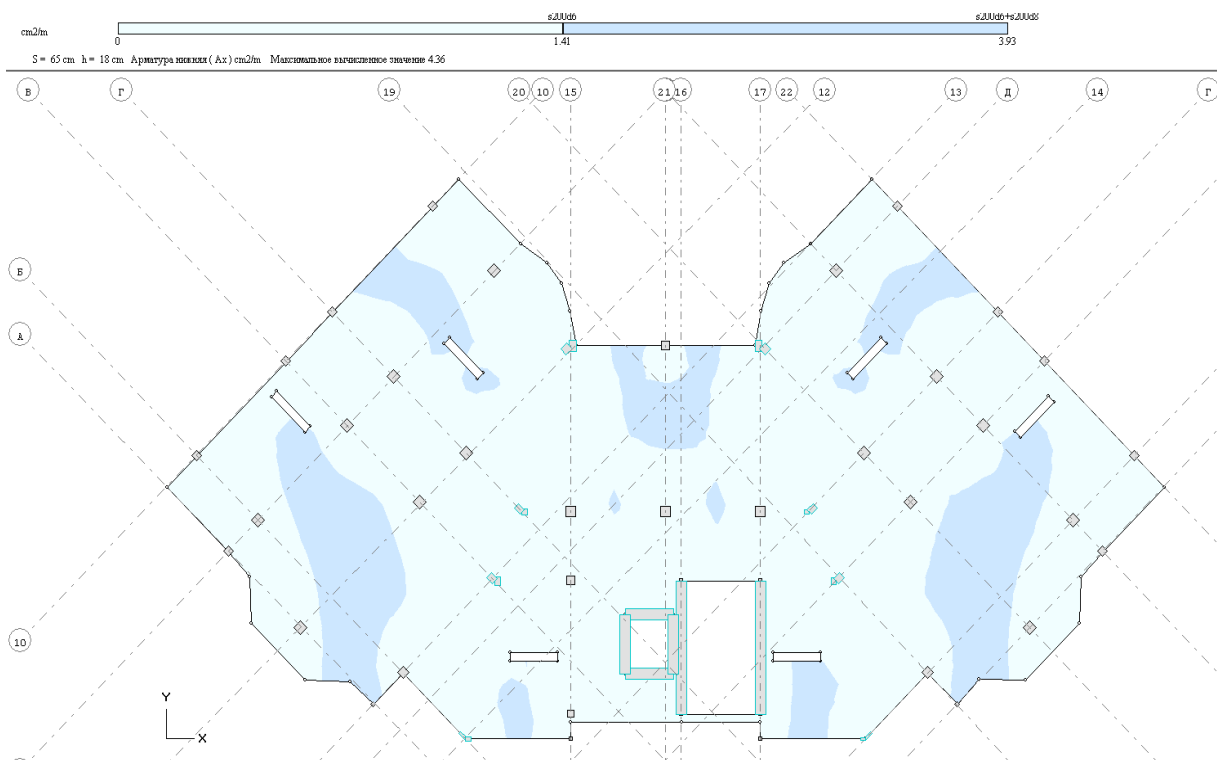


Рис. 2.9. Армування нижнє по X

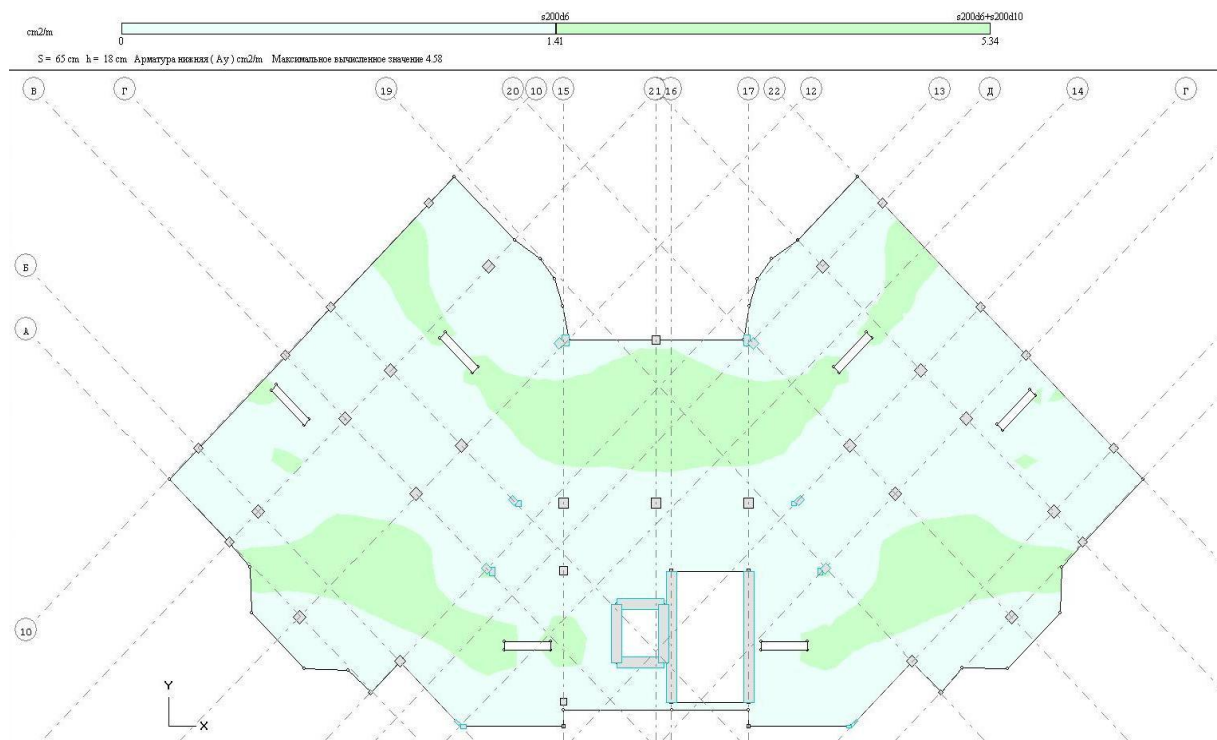


Рис. 2.10. Армування нижче по У

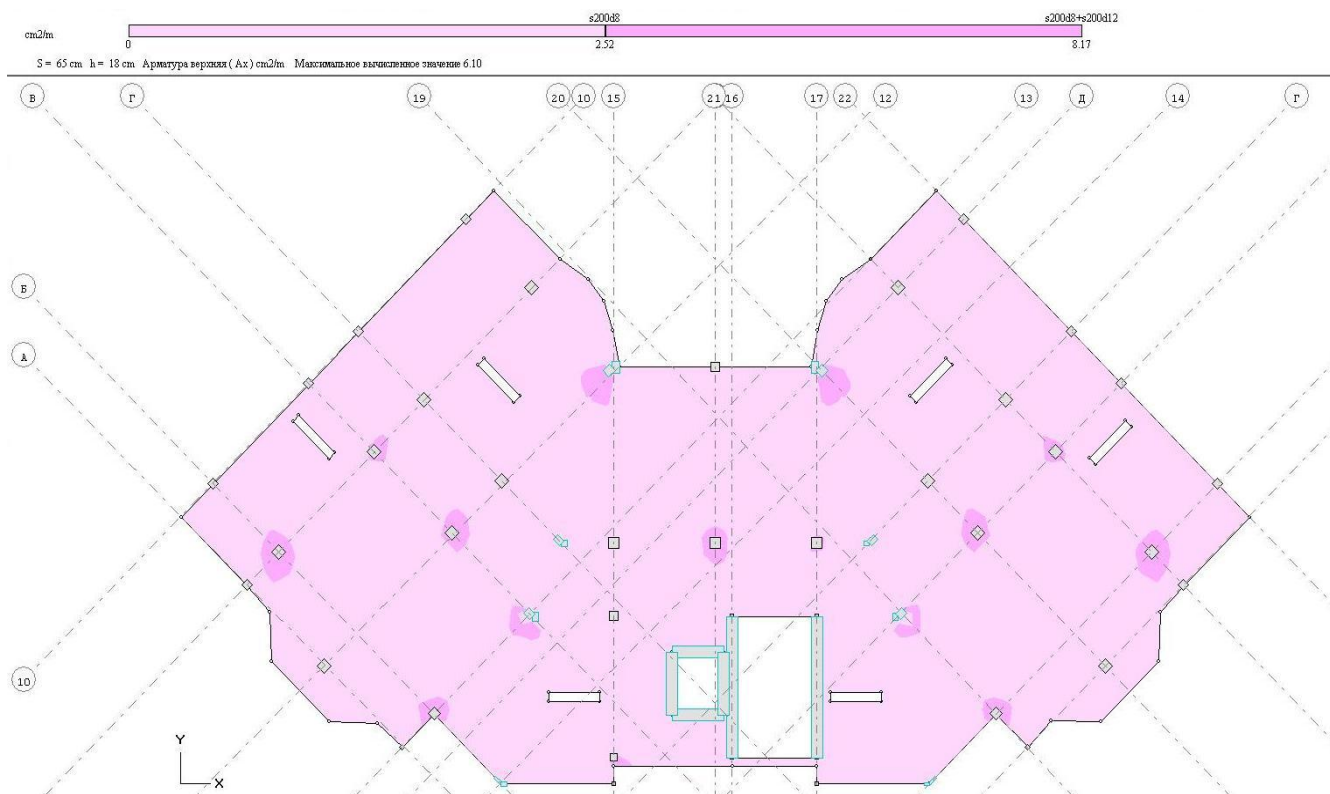


Рис. 2.11. Армування верхня по Х

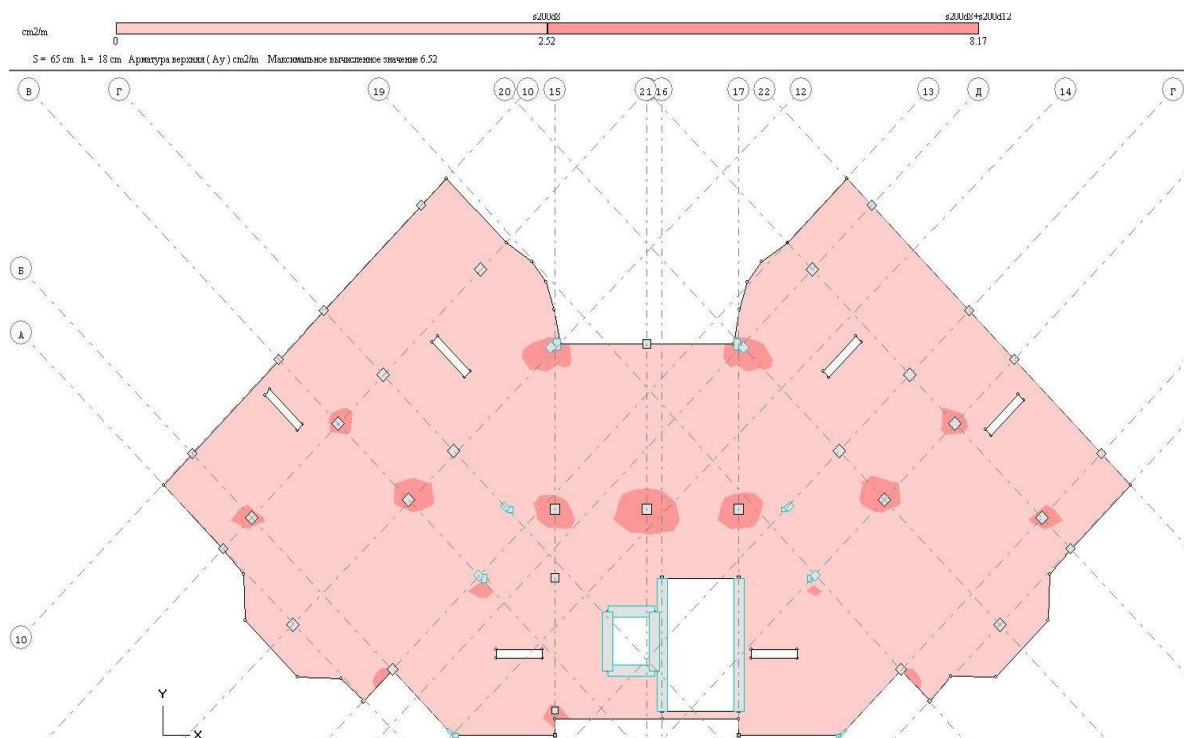


Рис. 2.12. Армування верхнє по У

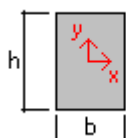
Висновок з підбраного армування плит перекриття. Клас робочої арматури - А400С. Основне армування у нижній зоні прийнято стержнями діам. 6 мм по Х і по У з кроком 200 мм. У верхній зоні – діам. 8 мм, так само в обох напрямках. Додаткове армування діам. 12-14 мм прийнято над колонами, де плита працює на протискання (поз. 11,12). Нижня зона армована додатковою арматурою між колонами в осях А-В, Г-Д діам. 6,10 мм. Навколо отворів передбачене додаткове армування – по три стержні діам. 10, 12 і 14 мм.

2.3. Розрахунок і конструювання монолітних колон

Для статичного та конструктивного розрахунків колон використали однойменну програму – КОЛОНА – ПК МОНОМАХ САПР. Після імпорту з КОМПОНОВКИ усіх необхідних файлів з результатами навантажень і зусиль колони розраховували у програмі КОЛОНА. Матеріали колон: бетон класу С16/20, поздовжня робоча арматура класу А400С. Схему маркування колон див на арк. 5.

Колона Км 5. Результати розрахунку

Переріз



Розміри, мм:	
b	400
h	400
Площа, см ²	1600

Відм.

	Км 1 5 (1 5)	Км 1 5 (2 5)	Км 1 5 (3 5)
Висота пов., мм	3600	3000	3000
Висота перекриття, мм	180	180	180
Відм., м:			
низу колони	-3,600	0,000	+3,000
верху перекриття	0,000	+2,800	+5,600

Розрахункова довжина

	Км 1 5 (1 5)	Км 1 5 (2 5)	Км 1 5 (3 5)
Коеф. розрах. довжини:			
m X	0.7	1	1
m Y	0.7	1	1
Розрах. довжина, мм:			
Lo X	2720	3000	3000
Lo Y	2720	3000	3000
Гнучкість:			
Lo/h X	6.30	7.00	7.00
Lo/h Y	6.30	7.00	7.00

Навантаження

Результати МКЕ розрахунку

Км 1 5 (1 5)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Січення
Постійне	177	5.96	-0.0946	-0.0518	1.93		1 5.1
	176	-0.976	0.0919	-0.0518	1.93		1 5.2
Довготривале	5.99	0.152	-0.0293	-0.0135	0.0355		1 5.1
	5.99	0.0245	0.0194	-0.0135	0.0355		1 5.2
Короткочасне	21.1	0.546	-0.101	-0.0465	0.134		1 5.1
	21.1	0.0623	0.0664	-0.0465	0.134		1 5.2
Км 1 5 (2 5)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Січення
Постійне	171	-2.24	0.00246	-0.107	-0.477		2 5.1
	170	-0.9	0.302	-0.107	-0.477		2 5.2
Довготривале	5.64	-0.164	0.00043	-0.00304	-0.0833		2 5.1
	5.64	0.069	0.00894	-0.00304	-0.0833		2 5.2
Короткочасне	20	-0.547	0.00322	-0.00902	-0.277		2 5.1
	20	0.227	0.0285	-0.00902	-0.277		2 5.2
Км 1 5 (3 5)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Січення
Постійне	154	2.9	-0.0529	-0.0414	1.92		3 5.1
	153	-2.48	0.063	-0.0414	1.92		3 5.2
Довготривале	5.08	-0.0149	0.00441	0.00255	-0.0177		3 5.1
	5.08	0.0346	-0.00274	0.00255	-0.0177		3 5.2

Км 1_5 (3_5)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Січення
Короткочасне	18.1	-0.0483	0.0205	0.0127	-0.0581		3_5.1
	18.1	0.114	-0.015	0.0127	-0.0581		3_5.2

Розрахункові сполучення навантажень

Км 1_5 (1_5)

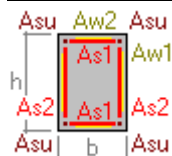
Група 1	225	7.31	-0.246	-0.123			1_5.1
	210	6.93	-0.176	-0.09			
Група 2	225	7.31	-0.246	-0.123			1_5.1
	210	6.93	-0.176	-0.09			
Група 3	202	6.59	-0.213	-0.107			1_5.1
	190	6.27	-0.154	-0.0793			
Група 4	202	6.59	-0.213	-0.107			1_5.1
	190	6.27	-0.154	-0.0793			

Км 1_5 (2_5)

Група 1	217	-3.24	0.00667	-0.131			2_5.1
	203	-2.85	0.00441	-0.125			
	215	-0.666	0.373	-0.131			2_5.2
	201	-0.826	0.353	-0.125			
Група 2	217	-3.24	0.00667	-0.131			2_5.1
	203	-2.85	0.00441	-0.125			
	215	-0.666	0.373	-0.131			2_5.2
	201	-0.826	0.353	-0.125			
Група 3	195	-2.89	0.00577	-0.118			2_5.1
	183	-2.57	0.00388	-0.113			
	194	-0.63	0.336	-0.118			2_5.2
	182	-0.763	0.319	-0.113			
Група 4	195	-2.89	0.00577	-0.118	-0.805		2_5.1
	183	-2.57	0.00388	-0.113	-0.644		
	194	-0.63	0.336	-0.118	-0.805		2_5.2
	182	-0.763	0.319	-0.113	-0.644		

Км 1_5 (3_5)

Група 1	195	3.12	-0.0311	-0.029	2.03		3_5.1
	182	3.16	-0.0455	-0.0379	2.07		
	170	3.19	-0.0582	-0.0456	2.12		3_5.1
	170	3.19	-0.0582	-0.0456	2.12		
Група 2	195	3.12	-0.0311	-0.029	2.03		3_5.1
	182	3.16	-0.0455	-0.0379	2.07		
	170	3.19	-0.0582	-0.0456	2.12		3_5.1
	170	3.19	-0.0582	-0.0456	2.12		
Група 3	175	2.84	-0.0303	-0.0276	1.85		3_5.1
	165	2.87	-0.0423	-0.035	1.89		
	154	2.9	-0.0529	-0.0414	1.92		3_5.1
	154	2.9	-0.0529	-0.0414	1.92		
Група 4	175	2.84	-0.0303	-0.0276	1.85		3_5.1
	165	2.87	-0.0423	-0.035	1.89		
	154	2.9	-0.0529	-0.0414	1.92		3_5.1
	154	2.9	-0.0529	-0.0414	1.92		

Розрахункове армування

	Км 1 5 (1 5)	Км 1 5 (2 5)	Км 1 5 (3 5)
Asu	5.93	3.61	2.17
Поздовжня арматура, см2:			
повна	23.724	14.444	8.684
за міцністю	23.724	14.444	8.684
% армування	1.48	0.90	0.54
Поперечна арматура, см2/м	0.0810004	0.0128865	0.0683496
Ширина розкриття тріщин, мм:			
нетривала			
тривала			

Розстановка позд. арматури

Армування симетричне. Випуски у верхню колону

	Км 1 5 (1 5)	Км 1 5 (2 5)	Км 1 5 (3 5)
кутові	4Ø28	4Ø22	4Ø18
Всього	4Ø28	4Ø22	4Ø18
Площа арматури, см2	24.6301	15.2053	10.1788
% армування	1.54	0.95	0.64

Анкерування позд. арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерування мм	Довжина напустки, мм
28	680	810
22	530	640
18	440	520

Розстановка поперечної арматури

	Км 1 5 (1 5)	Км 1 5 (2 5)	Км 1 5 (3 5)
Зона анкерування, мм:	5Ø8	5Ø8	5Ø6
крок	250	200	150
привязка 1-го	50	50	50
зона розкладки	1000	800	600
привязка останнього	1050	850	650
Основна зона, мм:	5Ø8	5Ø8	7Ø6
крок	400	300	250
привязка 1-го	1450	900	250
зона розкладки	1600	1200	1500
привязка останнього	3050	2350	2400
Добірний, мм:	1Ø8	1Ø8	1Ø6
крок	340	240	190
привязка	3390	2590	2590
Відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см2/м	2.51327	3.35103	2.26195

Колона Км 13. Результати розрахунку**Переріз**

Розміри, мм:	
b	400
h	400
Площа, см2	1600

Відм.

	Км 1 13 (1 13)	Км 1 13 (2 13)	Км 1 13 (3 13)
Висота пов., мм	3600	3000	3000
Висота перекриття, мм	180	180	180
Відм., м:			
низу колонны	-3,600	0,000	+3,000
верху перекриття	0,000	+2,800	+5,600

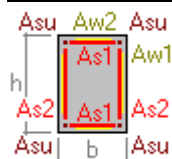
Навантаження

Результати МКЕ розрахунку

Км 1 13 (1 13)							
Постійне	134	-0.239	-1.5	-0.619	0.231	0	1_13.1
	133	-1.07	0.732	-0.619	0.231	0	1_13.2

Км 1_13 (1_13)							
Довготривале	5.67	0.00779	0.00271	0.00338	0.0222	0	1_13.1
	5.67	-0.0722	-0.00948	0.00338	0.0222	0	1_13.2
Короткочасне	20.4	0.00325	0.00974	0.0117	0.0639	0	1_13.1
	20.4	-0.227	-0.0325	0.0117	0.0639	0	1_13.2
Км 1_13 (2_13)							
Постійне	122	1.48	-0.104	-0.145	0.937	0	2_13.1
	121	-1.33	0.33	-0.145	0.937	0	2_13.2
Довготривале	5.11	0.0898	0.018	0.0124	0.057	0	2_13.1
	5.11	-0.0811	-0.0193	0.0124	0.057	0	2_13.2
Короткочасне	18.6	0.294	0.0624	0.0432	0.186	0	2_13.1
	18.6	-0.264	-0.0673	0.0432	0.186	0	2_13.2
Км 1_13 (3_13)							
Постійне	111	0.936	-0.282	-0.178	0.634	0	3_13.1
	110	-0.965	0.253	-0.178	0.634	0	3_13.2
Довготривале	4.61	0.0687	0.0295	0.019	0.0461	0	3_13.1
	4.61	-0.0696	-0.0276	0.019	0.0461	0	3_13.2
Короткочасне	17	0.22	0.104	0.067	0.148	0	3_13.1
	17	-0.224	-0.0972	0.067	0.148	0	3_13.2
Розрахункові сполучення навантажень							
Км 1_13 (1_13)							
Група 1	175	-1.51	0.759	-0.665	0.349		1_13.2
	161	-1.35	0.782	-0.673	0.304		
	176	-0.251	-1.63	-0.665	0.349		1_13.1
	162	-0.253	-1.64	-0.673	0.304		
	148	-0.263	-1.65	-0.681	0.254		1_13.1
	148	-0.263	-1.65	-0.681	0.254		
Група 2	175	-1.51	0.759	-0.665	0.349		1_13.2
	161	-1.35	0.782	-0.673	0.304		
	176	-0.251	-1.63	-0.665	0.349		1_13.1
	162	-0.253	-1.64	-0.673	0.304		
	148	-0.263	-1.65	-0.681	0.254		1_13.1
	148	-0.263	-1.65	-0.681	0.254		
Група 3	157	-1.34	0.693	-0.605	0.31		1_13.2
	145	-1.21	0.712	-0.612	0.272		
	158	-0.229	-1.49	-0.605	0.31		1_13.1
	146	-0.231	-1.49	-0.612	0.272		
	134	-0.239	-1.5	-0.619	0.231		1_13.1
	134	-0.239	-1.5	-0.619	0.231		
Група 4	157	-1.34	0.693	-0.605	0.31		1_13.2
	145	-1.21	0.712	-0.612	0.272		
	158	-0.229	-1.49	-0.605	0.31		1_13.1
	146	-0.231	-1.49	-0.612	0.272		
	134	-0.239	-1.5	-0.619	0.231		1_13.1
	134	-0.239	-1.5	-0.619	0.231		
Км 1_13 (2_13)							
Група 1	160	2.05	-0.0261	-0.0982	1.3		2_13.1
	147	1.84	-0.0699	-0.129	1.17		
	159	-1.84	0.269	-0.0982	1.3		2_13.2
	146	-1.66	0.316	-0.129	1.17		
	134	1.63	-0.114	-0.159	1.03		2_13.1
	134	1.63	-0.114	-0.159	1.03		

Км 1_13 (2_13)						
Група 2	160	2.05	-0.0261	-0.0982	1.3	2_13.1
	147	1.84	-0.0699	-0.129	1.17	
	159	-1.84	0.269	-0.0982	1.3	2_13.2
	146	-1.66	0.316	-0.129	1.17	
	134	1.63	-0.114	-0.159	1.03	2_13.1
	134	1.63	-0.114	-0.159	1.03	
Група 3	144	1.83	-0.0304	-0.0939	1.16	2_13.1
	133	1.66	-0.0669	-0.119	1.05	
	143	-1.64	0.251	-0.0939	1.16	2_13.2
	132	-1.49	0.291	-0.119	1.05	
	122	1.48	-0.104	-0.145	0.937	2_13.1
	122	1.48	-0.104	-0.145	0.937	
<i>T_x ПО</i>						
Група 4	144	1.83	-0.0304	-0.0939	1.16	2_13.1
	133	1.66	-0.0669	-0.119	1.05	
	143	-1.64	0.251	-0.0939	1.16	2_13.2
	132	-1.49	0.291	-0.119	1.05	
	122	1.48	-0.104	-0.145	0.937	2_13.1
	122	1.48	-0.104	-0.145	0.937	
Км 1_13 (3_13)						
Група 1	146	1.35	-0.164	-0.102	0.91	3_13.1
	134	1.19	-0.237	-0.149	0.806	
	122	1.03	-0.31	-0.196	0.697	3_13.1
	122	1.03	-0.31	-0.196	0.697	
Група 2	146	1.35	-0.164	-0.102	0.91	3_13.1
	134	1.19	-0.237	-0.149	0.806	
	122	1.03	-0.31	-0.196	0.697	3_13.1
	122	1.03	-0.31	-0.196	0.697	
Група 3	131	1.2	-0.16	-0.0998	0.811	3_13.1
	121	1.07	-0.221	-0.139	0.724	
	111	0.936	-0.282	-0.178	0.634	3_13.1
	111	0.936	-0.282	-0.178	0.634	
Група 4	131	1.2	-0.16	-0.0998	0.811	3_13.1
	121	1.07	-0.221	-0.139	0.724	
	111	0.936	-0.282	-0.178	0.634	3_13.1
	111	0.936	-0.282	-0.178	0.634	

Розрахункове армування

	Км 1_13 (1_13)	Км 1_13 (2_13)	Км 1_13 (3_13)
Asu	2.01	2.01	2.01
Поздовжня арматура, см2:			
повна	8.044	8.044	8.044
за міцністю	8.044	8.044	8.044

% армування	0.50	0.50	0.50
Поперечна арматура, см ² /м	0	0.0256324	0.0126293
Ширина розкриття тріщин, мм: нетривала			
тривала			

Розстановка позд. арматури

Армування симетричне. Випуски у верхню колону

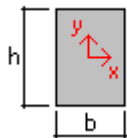
	Км 1_13 (1_13)	Км 1_13 (2_13)	Км 1_13 (3_13)
кутові	4Ø16	4Ø16	4Ø16
Всього	4Ø16	4Ø16	4Ø16
Площа арматури, см ²	8.04248	8.04248	8.04248
% армування	0.50	0.50	0.50

Анкерування поздовжньої арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерування мм	Довжина напруги, мм
16	390	470

Розстановка поперечної арматури

	Км 1_13 (1_13)	Км 1_13 (2_13)	Км 1_13 (3_13)
Зона анкерування, мм:	4Ø6	4Ø6	4Ø6
крок	150	150	150
привязка 1-го	50	50	50
зона розкладки	450	450	450
привязка останнього	500	500	500
Основна зона, мм:	14Ø6	11Ø6	11Ø6
крок	200	200	200
привязка 1-го	700	700	200
зона розкладки	2600	2000	2000
привязка останнього	3300	2700	2700
Добірний, мм:	1Ø6	1Ø6	1Ø6
крок	90	90	90
привязка	3390	2790	2790
Відстань до верху	50	50	50
Площа арматури, см ² /м	2.82743	2.82743	2.82743

Колона Км 41. Результати розрахунку**Переріз**

Розміри, мм:	
b	400
h	400
Площа, см ²	1600

Навантаження

Результати МКЕ розрахунку

Км 1_41 (1_41)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Січення
Постійне	127	-2.24	1.17	0.355	-0.821		1_41.1
	126	0.715	-0.114	0.355	-0.821		1_41.2
Довготривале	4.89	-0.0732	0.0113	-0.00451	-0.0209		1_41.1
	4.89	0.00188	0.0276	-0.00451	-0.0209		1_41.2
Короткочасне	17.2	-0.249	0.0413	-0.0136	-0.0716		1_41.1
	17.2	0.00884	0.0903	-0.0136	-0.0716		1_41.2
Км 1_41 (2_41)							
Постійне	115	0.66	-0.685	-0.36	0.499		2_41.1
	114	-0.836	0.396	-0.36	0.499		2_41.2
Довготривале	4.31	0.0588	-0.0595	-0.0348	0.0369		2_41.1
	4.31	-0.0518	0.0448	-0.0348	0.0369		2_41.2
Короткочасне	15.3	0.196	-0.198	-0.116	0.123		2_41.1
	15.3	-0.174	0.15	-0.116	0.123		2_41.2
Км 1_41 (3_41)							
Постійне	102	0.594	-0.21	-0.175	0.462		3_41.1

Км 1_41 (3_41)						
	101	-0.791	0.316	-0.175	0.462	3_41.2
Довготривале	3.78	0.0361	-0.0387	-0.0291	0.028	3_41.1
	3.78	-0.0479	0.0486	-0.0291	0.028	3_41.2
Короткочасне	13.6	0.121	-0.13	-0.098	0.094	3_41.1
	13.6	-0.161	0.164	-0.098	0.094	3_41.2

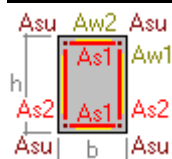
Розрахунків сполучення навантажень

Км 1_41 (1_41)						
Група 1	164	-2.81	1.34	0.371	-1	1_41.1
	152	-2.64	1.31	0.38	-0.953	
	140	-2.46	1.28	0.391	-0.903	1_41.1
	140	-2.46	1.28	0.391	-0.903	
Група 2	164	-2.81	1.34	0.371	-1	1_41.1
	152	-2.64	1.31	0.38	-0.953	
	140	-2.46	1.28	0.391	-0.903	1_41.1
	140	-2.46	1.28	0.391	-0.903	
Група 3	147	-2.53	1.21	0.339	-0.905	1_41.1
	137	-2.39	1.19	0.347	-0.863	
	127	-2.24	1.17	0.355	-0.821	1_41.1
	127	-2.24	1.17	0.355	-0.821	
Група 4	147	-2.53	1.21	0.339	-0.905	1_41.1
	137	-2.39	1.19	0.347	-0.863	
	127	-2.24	1.17	0.355	-0.821	1_41.1
	127	-2.24	1.17	0.355	-0.821	

Км 1_41 (2_41)						
Група 1	147	-1.17	0.649	-0.561	0.724	2_41.2
	136	-1.04	0.544	-0.48	0.637	
	148	1	-1.04	-0.561	0.724	2_41.1
	137	0.867	-0.896	-0.48	0.637	
Група 2	147	-1.17	0.649	-0.561	0.724	2_41.2
	136	-1.04	0.544	-0.48	0.637	
	148	1	-1.04	-0.561	0.724	2_41.1
	137	0.867	-0.896	-0.48	0.637	
Група 3	132	-1.04	0.574	-0.498	0.645	2_41.2
	123	-0.94	0.486	-0.43	0.572	
	133	0.892	-0.92	-0.498	0.645	2_41.1
	124	0.777	-0.804	-0.43	0.572	
Група 4	132	-1.04	0.574	-0.498	0.645	2_41.2
	123	-0.94	0.486	-0.43	0.572	
	133	0.892	-0.92	-0.498	0.645	2_41.1
	124	0.777	-0.804	-0.43	0.572	

Км 1_41 (3_41)						
Група 1	130	-1.1	0.579	-0.332	0.641	3_41.2
	121	-0.986	0.464	-0.263	0.575	
	131	0.825	-0.416	-0.332	0.641	3_41.1
	122	0.74	-0.325	-0.263	0.575	
Група 2	130	-1.1	0.579	-0.332	0.641	3_41.2

Км 1 41 (3 41)						
	121	-0.986	0.464	-0.263	0.575	
	131	0.825	-0.416	-0.332	0.641	3_41.1
	122	0.74	-0.325	-0.263	0.575	
Група 3						
	117	-0.982	0.509	-0.291	0.573	3_41.2
	109	-0.888	0.413	-0.234	0.518	
	118	0.737	-0.364	-0.291	0.573	3_41.1
	110	0.666	-0.288	-0.234	0.518	
Група 4						
	117	-0.982	0.509	-0.291	0.573	3_41.2
	109	-0.888	0.413	-0.234	0.518	
	118	0.737	-0.364	-0.291	0.573	3_41.1
	110	0.666	-0.288	-0.234	0.518	

Розрахункове армування

	Км 1 41 (1 41)	Км 1 41 (2 41)	Км 1 41 (3 41)
Asu	2.99	2.01	2.01
Поздовжня арматура, см2:			
повна	11.964	8.044	8.044
за міцністю	11.964	8.044	8.044
% армування	0.98	0.66	0.66
Поперечна арматура, см2/м	0.0237028	0.0123207	0
Ширина розкриття тріщин, мм:			
нетривала			
тривала			

Розстановка позд. арматури

Армування симетричне. Випуски у верхню колону

	Км 1 41 (1 41)	Км 1 41 (2 41)	Км 1 41 (3 41)
кутові	4Ø20	4Ø16	4Ø16
Всього	4Ø20	4Ø16	4Ø16
Площа арматури, см2	12.5664	8.04248	8.04248
% армування	1.03	0.66	0.66

Анкеровка продольної арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерування мм	Довжина напруги, мм
20	490	580
16	390	470

Розстановка поперечної арматури

Зона анкерування, мм:	4Ø6	5Ø6	4Ø6
крок	200	150	150
привязка 1-го	50	50	50
зона розкладки	600	600	450
привязка останнього	650	650	500
Основна зона, мм:	9Ø6	10Ø6	11Ø6
крок	300	200	200
привязка 1-го	950	700	200
зона розкладки	2400	1800	2000
привязка останнього	3350	2650	2700
Добірний, мм:		1Ø6	1Ø6
крок		140	90
привязка		2790	2790
Відстань до верху	90	50	50
Площа арматури, см2/м	1.88496	2.82743	2.82743

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт

Таблиця 3.1. Об'єми виконання робіт

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Коефіцієнт одиниці виміру	Об'єм робіт
<u>А. Підземна частина</u> <u>Земляні роботи</u>				
1	Планування площ бульдозерами	м ²	1000	2,5878
2	Розроблення ґрунту екскаваторами	м ³	1000	13,89
3	Розроблення ґрунту у відвал	м ³	1000	2,78
4	Доробка ґрунту вручну	м ³	100	6,94
5	Зворотня засипка та ущільнення	м ³	1000	2,78
6	Влаштування ущільненої основи під фундаменти	м ³	100	7,57
7	Влаштування монолітної ФП	м ³	100	17,41
8	Влаштування випусків під несучі конструкції	м ³	100	0,45
9	Влаштування монолітних колон підвалу	м ³	100	1,38
10	Влаштування монолітних стін підвалу	м ³	100	6,82
11	Влаштування бетонної підлоги підвалу	м ²	100	18,13
12	Влаштування монолітного перекриття	м ³	100	5,26
13	Влаштування горизонтальної гідроізоляції у 2 шари	м ²	100	4,05
14	Влаштування вертикальної гідроізоляції	м ²	100	17,05
<u>Б. Надземна частина</u>				
15	Влаштування монолітних колон	м ³	100	3,83

16	Влаштування монолітних стін	м ³	100	2,21
17	Улаштування монолітних перекриттів	м ³	100	13,46
18	Кладка зовнішніх складних стін	м ³	100	19,7
19	Влаштування збірних з/б сходових площадок	шт	1	28
20	Влаштування збірних з/б сходових маршів	шт	1	55
21	Кладка внутрішніх несучих стін	м ³	100	5,56
22	Кладка цегляник перегородок	м ²	100	35,84
23	Влаштування скляних перегородок (головний вхід)	м ²	100	0,29
24	Влаштування монолітної плити покриття	м ³	100	2,75
<u>Покрівельні роботи</u>				
25	Влаштування пароізоляції	м ²	100	20,12
26	Влаштування стяжки	м ²	100	20,12
27	Утеплення покрівлі	м ³	100	6,04
28	Влаштування покриття з ПВХ мембрани	м ²	100	20,12
29	Влаштування покрівель з металочерепиці	м ²	100	0,78
30	Заповнення віконних прорізів	м ²	100	4,64
31	Заповнення дверних прорізів	м ²	100	10,76
<u>Внутрішнє оздоблення</u>				
32	Тинькування стін і перегородок	м ²	100	134,53
33	Влаштування наливних підлог	м ²	100	22,17
34	Влаштування цементно-піщаних стяжок	м ²	100	85,71
35	Шпаклювання стін	м ²	100	104,8
36	Поліпшене фарбування стін	м ²	100	104,8

37	Лицювання стін плиткою	м ²	100	29,72
38	Шпаклювання стель	м ²	100	82,73
39	Поліпшене фарбування стель	м ²	100	82,73
40	Влаштування підвісних стель	м ²	100	2,98
41	Улаштування підлог з керамоплитки	м ²	100	33,87
42	Улаштування підлог з паркетної дошки	м ²	100	43,52
<u>Зовнішнє оздоблення</u>				
43	Лицювання цоколю	м ²	100	2,42
44	Монтаж огороження ганків	м.п.	1	57,5
45	Влаштування відмостки з бруківки	м ²	100	2,01
46	Благоустрій	%	2	
47	Електротехнічні роботи	%	3	
48	Санітарно-технічні роботи	%	5	
49	Невраховані роботи	%	7	

3.2. Вибір методів виконання робіт

Для забезпечення ритмічної роботи на будмайданчику, без простоїв і різного роду непередбачуваних ситуацій, проектом виробництва робіт (ПВР) передбачено використання сучасних методів виконання будівельних робіт, відповідно до вимог чинних нормативних документів України.

ПВР на об'єкті чітко визначено підготовчий та основний періоди будівництва. Так, підготовчий період спрямований на створення безпечної та ефективної бази для основного будівництва. Сюди можна віднести геодезичні роботи з розбивки осей, облаштування тимчасових під'їзних шляхів і внутрішньо майданчикових доріг, а також створення адміністративно-побутового містечка. Також потрібно перенести за межі будмайданчика існуючі повітряні лінії зв'язку та електропередачі, які можуть перешкоджати БМР чи порушувати габарити безпечного руху будівельних машин.

Земляні роботи. Для розробки ґрунту застосовують екскаватор зі зворотною лопатою з місткістю ковша 1,0 м³. Переміщення ґрунту - бульдозером ДЗ-259. Також важливо виконати обстеження підземних комунікацій, огородити котловани сигнальними бар'єрами та встановити попереджувальні знаки. Для забезпечення стійкості укосів потрібно укріпити стінки котловану та забезпечити складування ґрунту на відстані понад півметра від бровки.

Бетонні та залізобетонні роботи

Для забезпечення високої швидкості та багаторазового використання застосовують інвентарну опалубку. Армування стін виконують спільно з монтажем опалубки. Арматуру подають до місця встановлення баштовим краном і в'яжуть на місці у просторові каркаси. Армування перекриттів розпочинається після встановлення опалубки. Арматуру в'яжуть у сітки, виставляють на бетонних фіксаторах для дотримання захисного шару, закріплюють і вивіряють. Бетонну суміш доставляють на майданчик

бетоновозами Skania з об'ємом барабана 6,5 м³. Подачу бетонної суміші виконують бетонопроводами. Обов'язково контролюють клас бетону та час його доставки.

При виконанні **кам'яно-монтажних робіт** акцент роблять на якості матеріалів і точності геометрії кладки. Усі матеріали та вироби повинні відповідати стандартам. Категорично заборонено транспортувати цеглу та блоки навалом з розвантаженням скиданням, а також вивантаження розчину безпосередньо на ґрунт.

Перед початком кладки виконують розбиття осей поздовжніх і торцевих стін за допомогою теодоліта та контрольних осьових реперів. Упродовж усього часу виконання робіт ведуть постійний контроль якості, а результати контролю фіксують актом із зазначенням допустимих відхилень. Контроль ведуть на:

- Якість розчину та його розшарування.
- Наявність та відповідність сертифікатів на будівельні матеріали.
- Дотримання правил транспортування та розвантаження цегли/блоків.
- Перевірка геометричних розмірів (вертикаль і горизонталь).
- Контроль товщини швів.

Оздоблювальні роботи виконують із застосуванням потоково-циклічного методу, що є оптимальним для скорочення термінів та підвищення якості. Весь комплекс цих робіт включає чотири послідовні цикли:

1. Штукатурні роботи.
2. Установка вікон і дверей.
3. Підготовка поверхонь під фарбування.
4. Роботи з улаштування підлоги.

3.3. Підбір монтажних кранів

Для зведення багатоповерхового житлового будинку у м. Шептицькому планується використати баштовий кран. Потрібно визначити, який. Для цього маємо зважати на три основні характеристики: вантажопідйомність, висоту підйому гака та виліт стріли.

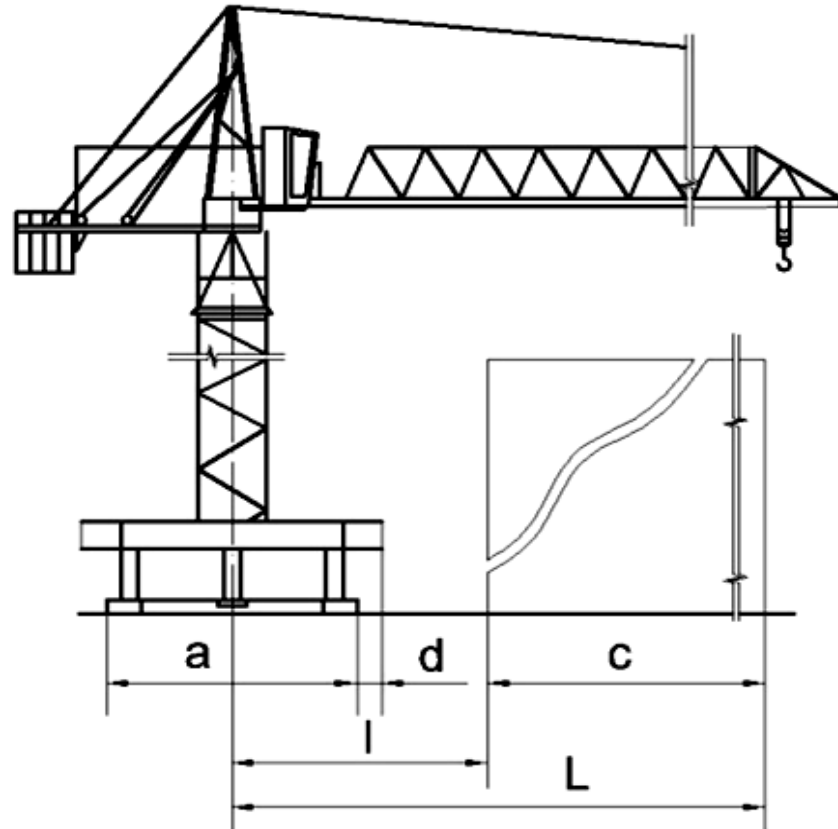


Рис. 3.3. Схема до визначення монтажних характеристик баштового крана

$$C = 40,1\text{м};$$

$$r_{\Gamma}^H = 4,5\text{м};$$

$$b = 1,2\text{м};$$

$$r_{\Gamma}^B = 2,0\text{м};$$

$$a = 6\text{м};$$

$$a/2 + b > r_{\Gamma}^H + 0,75\text{м};$$

$$6/2 + 1,2 > 3,45 + 0,75\text{м};$$

$$a/2 + b > r_{\Gamma}^B + 0,5\text{м};$$

$$6/2 + 1,2 > 1,4 + 0,5\text{м};$$

Вантажопідйомність: $3 + (0,5+0,2) = 3,7\text{ т};$

Висота монтажу: $38,25 + 0,5 + 3,5 + 2,0 = 44,25\text{м};$

Виліт стріли: $a/2 + b + c = 6/2 + 1,2 + 40,2 = 44,4\text{м};$

За технічними параметрами обираємо кран QTZ160 [6516] - баштовий, пересувний, повнопривідний кран з поворотною баштою і поворотною стрілою. Має електричний привід від двигуна потужністю 160 кВт.

Характеристики крану QTZ160 [6516]:

Вантажопідйомність	10 т
Максимальний вантажний момент	280 тсм
Максимальна висота підйому	52,3 м
Максимальний виліт стріли	47,5 м
База крану	6 м
Коля	6 м
Вага крану	165 т

3.4. ТК на влаштування покрівлі з ПВХ-мембрани

У випускній роботі розроблено техкарту на комплекс робіт з улаштування мембранної покрівлі з урахуванням нижченаведеного:

- ПВХ-мембрана марки Canlon FM 1,5 мм (армована), загальна площа – 2012 м²;
- геотекстиль, загальна площа – 2012 м²;
- мінеральна вата ROCKWOOL, загальна кількість – 603,6 м³;
- роботи ведуть у теплу пору року, до початку зими, у 2 зміни.

Організація і технологія будівельного процесу наведена в додатку В.

3.5. Календарний план

Нормативний термін виконання робіт на будмайданчику складає за [17] 462 дні, фактична тривалість склала 456 днів. Середня кількість робітників при зведенні об'єкту – 26 чоловік, максимальна кількість – 42 чоловіка.

3.6. Проектування будгенплану

Таблиця 3.7. Чисельність працюючих на будмайданчику

Кількість робітників за календарним планом	ІТР	Службовці	МОП і охорона	Розрахункова кількість працюючих
42	3	2	1	48

Таблиця 3.7. Розрахунок тимчасових споруд

№	Номенклатура споруд	Од. вим.	Нормат. показник	К-сть працюючих	Площа, м ²
1	Контора	м ²	4,0	6	24
2	Гардеробні	м ²	0,60	42	25,2
3	Умивальня	м ²	0,06	48	2,9
4	Приміщення для прийому їжі	м ²	0,25	48	12,0
5	Приміщення для обігріву робітників	м ²	0,5	42	21
6	Медичний пункт	м ²	0,05	48	2,4
7	Душова з переддушовою	м ²	0,82	42	34,5
8	Сушильня	м ²	0,20	42	8,4
9	Туалет	м ²	0,14	48	6,72

Таблиця 3.7. Експлікація тимчасових споруд

Найменування	Розрахункова площа, м ²	Розміри, м	К-сть	Прийнята площа м ²	Характеристики	Використаний типовий об'єкт
Побутові приміщення	89,4	6x5	3	90	Збірно щитова	
Медпункт	2,4	3x2	1	6	Контейнер	ГПО-4
Контора	24	6x4	1	12	Збірно-щитова	
Їдальня	12	3x4	1	12	Автофургон	
Туалет	6,72	2x2	2	10	Збірно- щитова	

Розділ 4

ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

У цьому розділі було складено кошторис на ЗБР зі зведення багатоповерхової житлової будівлі у м. Шептицький Львівської області. Сума на зведення двох секцій склала 214 млн. 950 тис. гривень (див. додаток В).

Розділ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека на будівельному майданчику — це першочергова задача, яка допомагає уникнути нещасних випадків і зберегти здоров'я працівників. Для цього важливо дотримуватися ряду простих, але ефективних правил.

Перш за все, всі працівники мають проходити інструктаж з охорони праці перед початком робіт і знати правила поведінки в екстрених ситуаціях. Важливо використовувати засоби індивідуального захисту: каски, рукавички, спецвзуття, захисні окуляри та засоби захисту слуху при роботах із шумним обладнанням.

Будівельний майданчик повинен бути добре організованим: проходи мають бути вільними від перешкод, небезпечні зони — огороженими. Особливу увагу приділяють безпеці при роботах на висоті — застосовують страхувальні пояси, риштування мають бути надійними й стійкими.

Використання техніки та інструментів допускається лише за наявності відповідної підготовки операторів і регулярного технічного обслуговування обладнання. Заборонено працювати з несправною технікою.

Необхідно контролювати дотримання пожежної безпеки, мати в доступі вогнегасники, а також забезпечити наявність аптечки першої допомоги.

Дотримання цих правил допомагає створити безпечні умови праці, мінімізувати травматизм і підвищити продуктивність роботи на будмайданчику.

Розділ 6

НАУКОВА ЧАСТИНА

Вплив вібрацій від метрополітену на будівлі

6.1. Вступ

Актуальність теми. У містах зі щільною забудовою розвиток систем метрополітену супроводжується зростанням проблеми впливу динамічних навантажень на існуючі будівлі та споруди. Вібрації, які виникають під час руху поїздів, передаються через тунельні конструкції у ґрунт і далі – до фундаментів будівель. Такі впливи можуть викликати не лише дискомфорт мешканців, але й довготривалі структурні пошкодження – мікротріщини в стінах, розуцільнення з'єднань, резонансні ефекти.

Так, у столиці України, де метрополітен проходить безпосередньо під житловими і громадськими спорудами, питання оцінювання і зменшення вібраційного впливу є особливо актуальним. Проблема має не лише технічне, а й соціальне значення, тому що вона пов'язана з безпекою експлуатації будівель і якістю життя мешканців.

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є аналіз впливу вібрацій від руху поїздів метрополітену на будівлі міської забудови та розроблення рекомендацій щодо зменшення їхнього негативного впливу.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

1. Зробити огляд сучасних теоретичних і експериментальних досліджень з проблеми вібраційного впливу метро на споруди.
2. Розглянути нормативні вимоги до допустимих рівнів вібрацій.
3. Дослідити механізми передачі вібрацій від колії до фундаментів будівель.

4. Опрацювати результати польових вимірювань рівнів вібрацій у Київському метрополітені.
5. Провести аналіз отриманих результатів і надати інженерні рекомендації.

Об'єктом дослідження є процес поширення вібрацій від руху поїздів метрополітену в ґрунтовому середовищі.

Предметом дослідження є вплив цих вібрацій на конструктивні елементи будівель, розташованих поблизу тунелів метро.

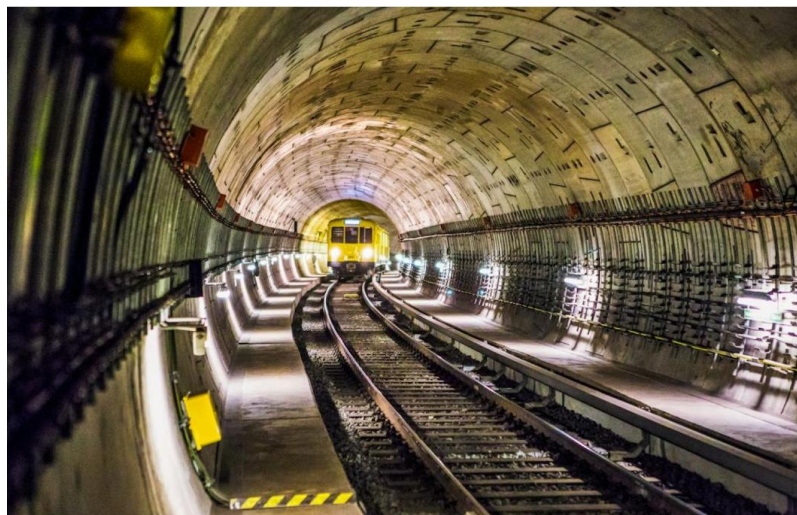
Методи дослідження

У роботі застосовано аналітичні, експериментальні та розрахункові методи:

- аналіз літературних і нормативних джерел;
- вимірювання вібраційних параметрів (віброшвидкість, прискорення, частота);
- математичне моделювання поширення коливань у ґрунтах;
- порівняльний аналіз із допустимими рівнями згідно з чинними нормативами;
- числове моделювання МСЕ

Наукова новизна. Отримані результати узагальнюють сучасні підходи до оцінювання вібродинамічного впливу метро та дозволяють визначити ефективні параметри конструктивних і технологічних заходів віброзахисту.

Практична значущість полягає у можливості використання висновків з даного дослідження при реконструкції та новому проектуванні об'єктів, розташованих поблизу ліній Київського метрополітену.



6.2. Огляд наукових досліджень і нормативної бази

Сучасний стан проблеми

Проблема впливу вібрацій від метрополітену активно досліджується як в Україні, так і за кордоном. Аналіз сучасних досліджень свідчить про те, що найвагоміші результати в галузі оцінювання вібраційного впливу отримано в межах чисельного моделювання та експериментальних спостережень.

Дослідження Барабаш М.С. показують, що навіть при незначних амплітудах коливань тривалий вплив може спричинити накопичення деформацій у конструкціях, особливо у старих цегляних будинках, пам'ятках архітектури [31].

У дисертаційному дослідженні Башинського Я.В. (2019) наведено глибокий аналіз динамічних навантажень від метрополітену на напружено-деформований стан будівельних конструкцій. Автор наводить дані натурних вимірювань, моделювання зон можливого впливу та розроблені методики врахування часу дії навантажень. Підкреслено потребу в інженерних рішеннях, які враховують нелінійність роботи ґрунтів і тривалий вплив вібрацій [32].

Наукові роботи із польовими вимірюваннями в Київському метрополітені (Банах та ін.) зосереджуються переважно на вібраційних впливах руху поїздів на конструкції тунелів і прилеглих будівель. Результати вимірювань показують, що вібрації мають частотний спектр від 2 до 100 Гц з амплітудами, що змінюються залежно від конструкції та стану тунелю. Вібрації викликають суттєві динамічні навантаження на несучу конструкцію, що підкреслює важливість моніторингу та контролю технічного стану інфраструктури метро, однак існуюча система контролю в Києві є застарілою і не відповідає сучасним вимогам безпеки [33].

За низкою досліджень у Київському метрополітені проводилися заміри вібрації на коліях, тунелях, а також на будівлях поблизу ліній метро. Доведено, що необхідно проводити також інженерно-геологічний аналіз, що враховує

геологічні умови, вплив підземних вод і обґрунтувань на конструкцію метро (Петренко та ін.) [34]. В окремих роботах (Іщенко, Ю., Вусатюк) зафіксовано проблему високих рівнів вібрації, що може призвести до дискомфорту та пошкодження будівель [35].

У праці Тугай та ін. виконане дослідження, безпосередньо пов'язане з будівництвом ділянки Сирецько-Печерської лінії метрополітену та зміцненням фундаментів оточуючих будівель [36].

У праці Luo et al. (2024) досліджено розповсюдження вібрацій, спричинених рухом поїздів метрополітену, у двоповерхових депо. Модель на основі методу скінченних елементів дозволила простежити передачу динамічних коливань через ґрунт та несучі конструкції. Визначено, що головними чинниками є тип рейкової підсистеми, жорсткість фундаменту й частота руху поїздів [37].

У праці Liu et al. (2024) автори пропонують аналітичну модель, яка допомагає користувачу оцінити реакцію надземних споруд на вплив вібрацій від підземного транспорту. Модель враховує пружно-пластичну поведінку ґрунтового масиву та динамічну взаємодію «ґрунт-фундамент-споруда». Дослідження показало, що резонансні ефекти можуть виникати при співпадінні власних частот будівлі з домінуючими частотами коливань від потягів метро (10–30 Гц) [38].

У праці Wang et al. (2023) на основі натурних випробувань на лінії метро Тяньцзіня автори запропонували методику прогнозування і контролю рівнів вібрації у житлових і громадських будівлях, розташованих безпосередньо над коліями метро. Застосовано 3D-моделювання [39].

У роботі Vogiatzis & Mouzakis (2018) було досліджено передачу коливань від Афінського метро. Це один із найдетальніших європейських аналізів шуму та вібрацій, спричинених метрополітеном, з урахуванням конструктивних особливостей багатоповерхових залізобетонних будівель. Встановлено, що амплітуда коливань суттєво залежить від товщини плит перекриття й

наявності протишумових бар'єрів. Автори пропонують стандартизовані граничні рівні вібрації (≤ 0.3 мм/с) для житлової забудови поблизу метро [40].

Автори Yang et al. (2018) поєднали моделювання та натурні вимірювання у Пекінському метро, довівши, що інтенсивність коливань зменшується в геометричній прогресії з віддаленням від тунелю. Встановлено, що на відстані 30–40 м від джерела досягається зменшення амплітуди на 50%, а глибина залягання тунелю суттєво впливає на вертикальну складову вібрацій [41].

У дослідженні [42] в лабораторних умовах змодельовано різні типи рейкових шляхів – монолітну плиту, плаваючу плиту, колії на щебеневій основі. Визначено, що системи з плаваючою плитою зменшують передачу вібрацій до поверхневих будівель на 40–60 %. Отримані дані можуть бути використані при проектуванні нових ліній метро під житловими районами.

Праця [43] залишається фундаментальною для моделювання впливу метро на споруди культурного значення. Модель «грунт-будівля» з використанням пружно-демпфуючих параметрів дає змогу прогнозувати деформації фундаментів при інтенсивному русі поїздів. Особливу увагу приділено збереженню архітектурної спадщини.

У роботі [44] проаналізовано польові дані індійського метро в Ахмедабаді. Виявлено, що рівень горизонтальних прискорень у фундаменті будівель зростає в 2,5 рази при жорсткому контакті рейки з баластом. Автори пропонують конструктивне рішення – гумові вставки у вузлах кріплення колії.

У [45] досліджено вплив транспортних вібрацій (зокрема, від метро) на комфорт людей у приміщеннях. Розроблено кореляційну залежність між частотою коливань і рівнем дискомфорту (на основі ISO 2631). Результати важливі для визначення допустимих рівнів вібрацій у громадських і житлових будівлях поблизу ліній метро.

У [46] виконано повномасштабні випробування та моделювання вібрацій будівель, розташованих безпосередньо над тунелями метрополітену. Аналіз показав, що навіть при сучасних антивібраційних технологіях амплітуда

коливань може сягати 0,4 мм/с. Запропоновано метод прогнозування на основі частотно-амплітудних характеристик колійного полотна.

Для ефективного управління впливом метро на навколишню забудову необхідне комплексне застосування нормативів та наукових підходів, що включають: моніторинг вібраційних параметрів на місцевості, використання чисельних моделей для прогнозування зон впливу, впровадження інженерних заходів для зниження динамічних навантажень, забезпечення відповідності проектів будівель і ремонту діючих споруд чинним нормам.

Вітчизняні норми оцінки вібрації

На сьогодні в Україні немає універсальних державних норм, які б прямо регулювали вібрацію від метро для будівель. З 2016 року скасовано старі санітарні норми, які регламентували вібрацію для житлових будинків. Нові ДБН не дають конкретних значень для всіх типів вібраційних впливів (транспорт, метро, ґрунтові хвилі), натомість дають загальні зобов'язання забезпечити «нормовані умови».

Так, ДБН [21] – норматив, який на практиці дає загальні настанови і часто використовується лише для шуму.

У ДБН [22] практичні рекомендації щодо зонування територій навколо метрополітену та обмежень будівництва базуються на визначенні технічних зон з урахуванням параметрів проектування ліній і глибини їх закладання (додатки та розділи щодо технічних зон).

Стандарт [23] (в Україні перекладений як [24]) призначений для оціночних вимірювань вібрацій у будівлях (1–80 Гц), коли важлива комфортність перебування людей, а не ймовірність структурних пошкоджень. Він дає методику вимірювань і зважування частот, вказує, як виміряти вібрацію, які параметри фіксувати (СКВ-прискорення, віброшвидкість, доза вібрації тощо). Проте стандарт не встановлює жодних обов'язкових чи рекомендованих граничних (допустимих) рівнів вібрації для будівель. Тобто дає методику, але не дає значень «допустимо/недопустимо». У самому

документі зазначено, що питання структурного пошкодження конструкцій він не розглядає – для цього існує інший стандарт – [25] (в Україні – [26]).

Отже, через відсутність чітких державних норм проектувальники, забудовники, інженери змушені орієнтуватися на міжнародні стандарти (наприклад, ISO, DIN) або власні інженерні розрахунки та експертизи. При оцінці вібраційного впливу метро на будівлі часто виконують інструментальні заміри та моделювання, а не спираються на офіційні граничні значення.

Міжнародні норми оцінки вібрації

1. Оцінка ризику пошкодження конструкцій (DIN 4150-3:2016)

Оцінюваний параметр: **Peak Particle Velocity (PPV)**, мм/с – пікова швидкість частинок

Таблиця 6.1. Рекомендовані граничні значення PPV для запобігання пошкодженням конструкцій

Категорія будівель	Частота, Гц	Граничне PPV, мм/с
1. Дуже чутливі будівлі (історичні, архітектурна спадщина, аварійні)	1–10	3 мм/с
	10–50	3–8 мм/с
	50–100	8–10 мм/с
2. Звичайні житлові будівлі	1–10	5 мм/с
	10–50	5–15 мм/с
	50–100	15–20 мм/с
3. Промислові та малочутливі будівлі	1–10	10 мм/с
	10–50	10–20 мм/с
	50–100	20–40 мм/с

Ці межі означають рівні, за яких конструктивні пошкодження малоймовірні. Перевищення порогів не гарантує руйнування – це «рівні запобігання».

2. Допустимі рівні вібрацій для людей у будівлях (DIN 4150-2:1999, ISO 2631-2:2003)

Оцінювані параметри:

- **RMS віброприскорення, м/с² (ISO)** – середньоквадратичне прискорення
- **VDV (Vibration Dose Value), мм/с (DIN)** – значення дози вібрації
- **Velocity RMS** – середньоквадратичне відхилення швидкості

Таблиця 6.2. ISO 2631-2 – рекомендовані рівні вібрації, за яких люди не відчують дискомфорту

Тип приміщення	Ранкові/денні години	Нічні години
Житлові приміщення (спальні)	0.005–0.012 м/с ² (RMS, ISO)	0.003–0.008 м/с ²
Житлові кімнати (денне перебування)	0.008–0.02 м/с ²	-
Офіси	0.02–0.04 м/с ²	-
Промислові приміщення	0.1–0.2 м/с ²	-

ISO 2631-2 не встановлює жорстких меж, а надає рекомендовані пороги сприйняття та межі комфорту.

Таблиця 6.3. DIN 4150-2 – орієнтовні пороги відчутності/дискомфорту

Оцінка VDV (vibration dose value- значення дози вібрації), мм/с ^{1.75}	Рівень дискомфорту
0.1–0.2	Практично не відчувається
0.2–0.4	Відчутно, але прийнятно
0.4–0.8	Помітний дискомфорт
>1.0	Сильний дискомфорт

6.4. Порівняння параметрів, що застосовуються у світовій практиці

Параметр	Документ	Що оцінює	Використання
PPV, мм/с	DIN 4150-3	Ризик пошкодження конструкцій	Метро, залізниця, будівництво
RMS acceleration, м/с ²	ISO 2631-2	Комфорт людини	Внутрішні приміщення
VDV, мм/с ^{1.75}	DIN 4150-2	Сумарний ефект вібрації (комфорт)	Житлові / офісні будівлі
Velocity RMS, мм/с	ISO / DIN	Комфорт і комерційні будівлі	Станції метро, лікарні

Отже, ISO 2631-2 застосовують для оцінки комфортності вібрацій, а не конструктивної безпеки будівель. DIN 4150-3 є основним стандартом оцінки ризику пошкоджень будівель від техногенних вібрацій.

У випадках оцінки впливу від метро чи транспорту за кордоном і часто – в Україні приймають такі орієнтовні граничні значення:

- ✓ Пікова швидкість коливань (PPV) ~ 3–5 мм/с для житлових будинків, ~8–10 мм/с для промислових споруд (так як у DIN 4150-3).
- ✓ Рівень віброприскорення або віброшвидкості, перерахований у дБ за стандартами типу ISO 2631 - для оцінки комфорту/здоров'я людей.
- ✓ Часто орієнтуються на локальні вимірювання та порівняння з «фоном» - щоб визначити, чи перевищує вібрація реальну прийнятну межу в конкретному випадку.

6.3. Теоретичні основи передачі вібрацій

Механізм утворення коливань. Основним джерелом вібрації є рух поїздів метро, що створюють механічні коливання у рейках, шпалах і тунельних конструкціях. Ці коливання передаються в ґрунт і далі – до фундаментів сусідніх будівель. Частота вібрацій зазвичай у діапазоні 5-80 Гц.

Амплітуда невелика, але при триваловалому впливі може накопичуватись. Коливання мають хвильовий характер, поширюючись у вигляді поздовжніх, поперечних хвиль і поверхневих хвиль Релея.

Основними факторами, що впливають на рівень вібрацій, є: відстань від тунелю до будівлі (найважливіший чинник), фізико-механічні властивості ґрунтів (піски глушать коливання краще, ніж скельні породи), маса та швидкість поїзда, тип колійного шару (баласт / безбаласт), конструкція тунелю (глибина, матеріал оправи), конструктивна схема і стан будівлі (нові споруди з монолітного залізобетону краще витримують вібрації).

Вібрації можуть мати на будівлі фізичний і експлуатаційний вплив. Фізичний – мікротріщини в стінах, особливо в старих або цегляних будинках, ослаблення з'єднань у кладці та перекриттях, поступове зниження міцності матеріалів. Експлуатаційний (комфортний) – шум і тремтіння, що відчуваються мешканцями; вібраційне навантаження на прилади, меблі, техніку; психологічний дискомфорт (тремтіння підлоги).

Вібрації мають гармонічний характер і описуються рівнянням:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

де A – амплітуда, ω – кутова частота, φ – початкова фаза.

Поширення вібрацій у ґрунтах. Ґрунт є неоднорідним середовищем, у якому хвилі затухають з відстанню за законом:

$$A(r) = A_0 e^{-\alpha r},$$

де A_r – амплітуда коливань на відстані r від джерела, A_0 – амплітуда біля колії, α – коефіцієнт затухання ($0,05-0,15 \text{ м}^{-1}$ для глинистих ґрунтів), r – відстань від тунелю до точки спостереження.

У міських умовах величина коефіцієнта затухання залежить від вологості та типу ґрунту: у піщаних відкладеннях загасання швидше, ніж у щільних суглинках.

Резонансні ефекти у конструкціях. Якщо власна частота будівлі збігається з частотою збудження від метро, виникає резонанс, що багаторазово підсилює вібрації.

Для спрощеної оцінки власної частоти будівлі можна використовувати вираз:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}},$$

де k – жорсткість конструкції, m – маса будівлі.

Для малоповерхових цегляних споруд $f_0 = 8 - 12 \text{ Гц}$, для залізобетонних каркасів – $f_0 = 12 - 20 \text{ Гц}$. Типові частоти коливань від поїздів метро становлять $10-40 \text{ Гц}$, тому ризик резонансного підсилення існує переважно для малоповерхових будівель. Щоб уникнути резонансу, необхідно забезпечити відмінність власних частот будівель і частот коливань від метро щонайменше на 20–25 %.

6.4. Методика оцінки вібраційного впливу метрополітену

Для оцінки вібраційного впливу метрополітену у всьому світі використовують два основні підходи – польові випробування та чисельне моделювання.

З появою потужних комп'ютерних інструментів можливості моделювання значно зросли, і сьогодні цей напрям стрімко розвивається. Водночас реальні вимірювання залишаються ключовим елементом досліджень: вони дають змогу побачити фактичну картину коливань, перевірити точність моделей і сформувати надійні рішення щодо зниження вібрацій.

На відміну від польових випробувань, числове моделювання дає змогу врахувати значно ширший спектр умов – різні типи ґрунтів, варіанти фундаментів і конструктивних рішень будівель [37-41], [42-43]. Залежно від поставленого завдання дослідники використовують різні типи моделей: комплексні системи «рейки-колія-тунель-ґрунт-будівля», моделі з урахуванням ґрунтової товщі та надземної частини споруд, а також моделі, що описують лише реакцію будівлі.

В Україні для числової оцінки поширення хвиль застосовують метод скінченних елементів (МСЕ) з використанням вітчизняних програмних комплексів ЛІРА-САПР і SCAD. Розрахункову модель створюють за допомогою підсистеми ДИНАМІКА+. При цьому використовують «метод прямого інтегрування рівнянь руху. Це ітераційний кроковий метод, який дозволяє отримати компоненти НДС конструкцій у будь-який момент часу з урахуванням нелінійності» [32]. Задають модель ґрунту, інтервал руху поїзда, вертикальне динамічне навантаження, амплітуду та кількість форм коливань, крок і час інтегрування. Вплив вібрації оцінюють за віброприскоренням, порівнюючи отримані значення з нормативними.

Дослідженнями встановлено, що «постійно діючі коливання від метрополітену, особливо при гальмуванні, викликають перевищення

допустимих середніх квадратичних значень віброприскорень, коливання всієї споруди та можуть призвести до утворення, поширення і розкриття тріщин в несучих конструкціях, а з часом – і до руйнування останніх» [32].

Також встановлено, що найбільше реагують на динамічні навантаження перекриття верхніх поверхів будівлі. Товщина перекриття теж має вплив на горизонтальні переміщення – зі збільшенням товщини плити вдвічі (до 400 мм) вони зменшуються у 25 разів, тобто, будівля стає стійкішою до вібрацій. На верхніх поверхах будівлі прискорення від рухомого складу можуть вдвічі перевищувати допустимі, тому дуже важливо на етапі проектування та будівництва урахувати ці моменти, прийнявши певні конструктивні заходи та застосувавши демпферні пристрої [32, 40].

Для практичного аналізу було обрано ділянку Київського метрополітену між станціями «Лук'янівська» та «Дорогожичі» Сирецько-Печерської лінії. Ця ділянка проходить під щільною житловою на глибині 18–28 м.

- Тип ґрунтів: лесовидні суглинки, місцями піски середньої крупності.
- Вологість ґрунту: 16–20 %.
- Рівень ґрунтових вод: 25–30 м.
- Будівлі поблизу: цегляні 5–9-поверхові житлові будинки, споруди радянського періоду (1960–1980 рр.).
- Відстань до тунелю метро: 10–25 м.

Ділянка вибрана тому, що тут зафіксовано найбільш відчутні коливання від руху поїздів, особливо у нічний час, коли зменшується загальний шумовий фон. Вимірювання проводилися за допомогою віброперетворювачів типу ВП-3М (виробництво «Тензор», Україна). Прилади розміщувалися у підвальному приміщенні будинку (на фундаментній плиті); на рівні першого поверху; на зовнішній поверхні стіни, орієнтованій до траси метро. Режим вимірювань: безперервна реєстрація протягом 24 годин у різні години доби.

Зібрані дані оброблялися методом спектрального аналізу з побудовою амплітудно-частотних характеристик.

Результати вимірювань

Таблиця 6.5. Показники вібрацій поблизу лінії метро [34, 35]

№	Відстань до тунелю, м	Середня віброшвидкість, мм/с	Пікове прискорення, мм/с ²	Домінантна частота, Гц
1	10	0,45	30	25
2	15	0,32	18	28
3	20	0,21	12	30
4	25	0,16	9	32

Аналіз результатів

- Максимальні значення віброшвидкості спостерігаються при відстані до 10 м від тунелю (0,45 мм/с), що перевищує граничне значення для житлових будинків (0,3 мм/с у частотному діапазоні 8–80 Гц).
- На відстані понад 20 м амплітуда вібрацій знижується майже вдвічі.
- Частотний спектр коливань знаходиться в межах 20–35 Гц, що збігається з власними частотами несучих конструкцій старих цегляних будівель (25–40 Гц), тобто існує ризик резонансу.

Моделювання зони вібраційного впливу виконували за спрощеною експоненціальною моделлю загасання:

$$V(r) = V_0 e^{-\alpha r},$$

де $V_0 = 45 \text{ мм/с}$ (на відстані 10 м).

Результати розрахунку:

- на 15 м $\rightarrow V(r) = 0,45e^{-0,045 \cdot 5} = 0,35 \text{ мм} \setminus \text{с},$
- на 20 м $\rightarrow V(r) = 0,45e^{-0,045 \cdot 10} = 0,27 \text{ мм} \setminus \text{с},$
- на 25 м $\rightarrow V(r) = 0,45e^{-0,045 \cdot 15} = 0,21 \text{ мм} \setminus \text{с},$

Порівняння показує, що зона, де ($v > 0,3 \text{ мм/с}$), простягається приблизно на 12–17 м від осі тунелю. Саме цю межу слід враховувати при проектуванні нових будівель у зоні метро. Ділянки, що розташовані ближче ніж за 12 м до тунелю, перевищують допустимий рівень вібрацій. Необхідно застосовувати додаткові заходи віброзахисту на ділянках із мінімальним покриттям ґрунту між тунелем і фундаментом будинку.

Динамічний розрахунок багатоповерхової будівлі у ПК МОНОМАХ-САПР

У працях [31, 32] йдеться про те, що найстійкішими до вібрацій в умовах динамічних впливів є монолітні каркасні будівлі. Автори пояснюють це властивістю роботи монолітних конструкцій – останні можуть сприймати не резонанси, а м'якші резонансні впливи.

Зі збільшенням товщини перекриттів і використанням у якості фундаментів суцільних з/б плит ефективність таких конструктивних схем підвищується. В ідеалі фундаментну плиту посадити на палі. Таке конструктивне рішення дозволить суттєво зменшити вплив ґрунтової основи з її неоднорідностями на будівлю в цілому.

Для проведення числового експерименту за основу було взято проєктовану 10-поверхову будівлю з двома підземними поверхами. Будівля монолітно-каркасна, товщина фундаментної плити 800мм, клас бетону С16\20, клас робочої арматури А400С. Низ фундаментної плити знаходиться на відмітці -4,400 мм. Товщина монолітного перекриття становить 180 мм.

Числовий експеримент виконували у програмному комплексі МОНОМАХ [9] з урахуванням:

- вітрових і снігових навантажень відповідно до району будівництва (м. Київ – вітровий район – I, 400 Па; сніговий район – V, 1600 Па);
- довготривалих і короткочасних навантажень на плити перекриття типових поверхів і на покриття;

Так як коливання ґрунтів основи будинку поблизу метрополітену відповідають 6-7-ми бальному землетрусу [31, 32], то для врахування вібраційних навантажень задавали сейсмічні навантаження у 7 балів для другої категорії ґрунтів (м. Київ).

Для того, щоб отримати горизонтальні переміщення верхніх поверхів будівлі, частоту та період коливань будівлі та виконати порівняльний аналіз, розрахунок виконували за різних товщин плит перекриття: 180 мм, 280 мм та 380 мм.

Результати розрахунку будівлі на динамічне навантаження у програмному комплексі MOHOMAX наведено в таблиці 6.6.

На рисунках 1-6 зображено фрагменти анімації коливання будівлі та мозаїки горизонтальних переміщень від динамічного навантаження (10 поверхів).

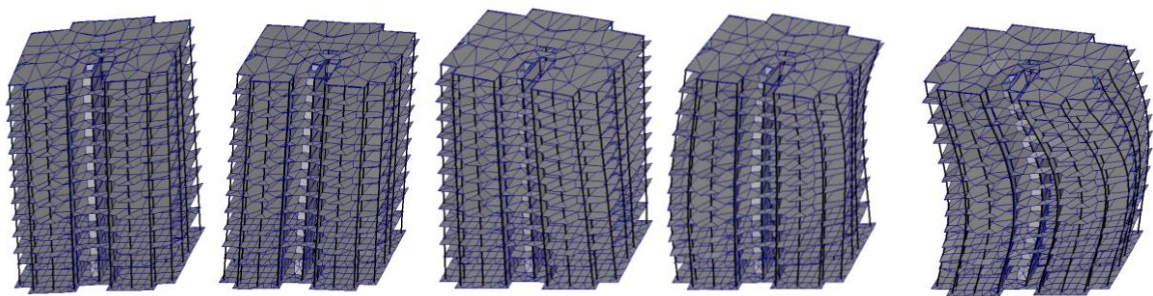


Рис.6.1. Форми коливань будівлі (товщина плити – 180 мм)

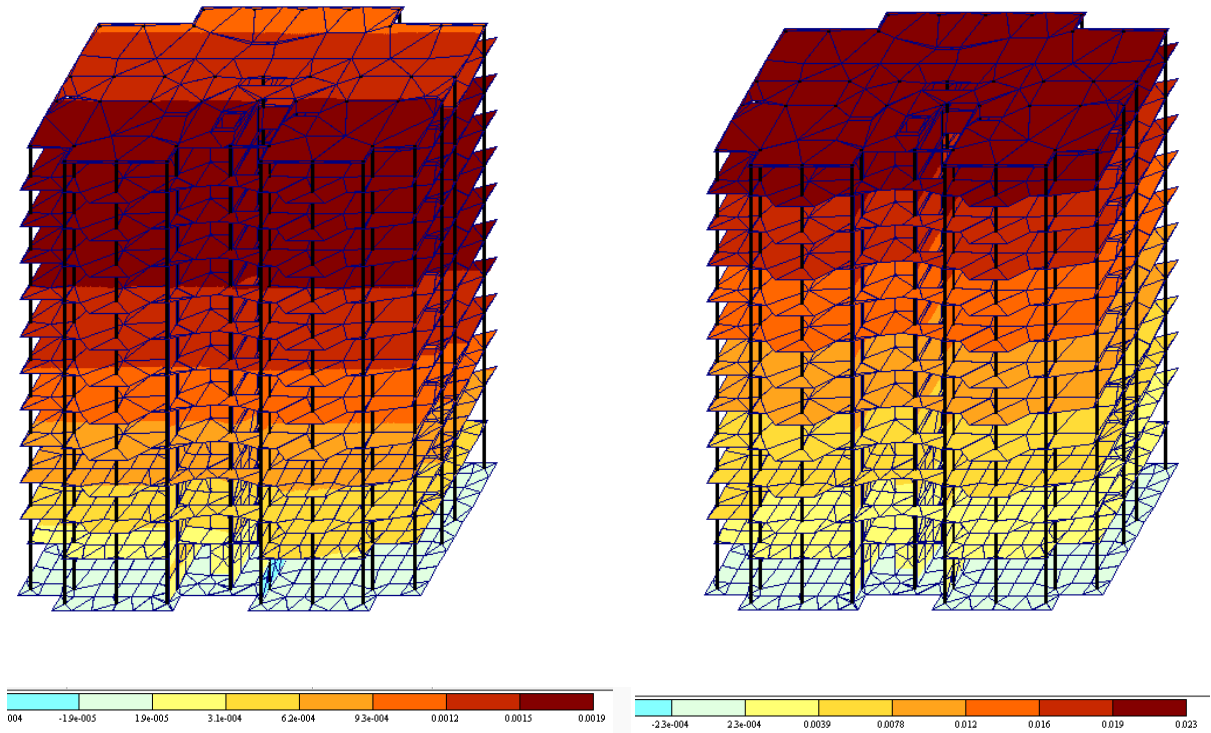


Рис.6.2. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 180 мм): а – по осі X, б – по осі Y

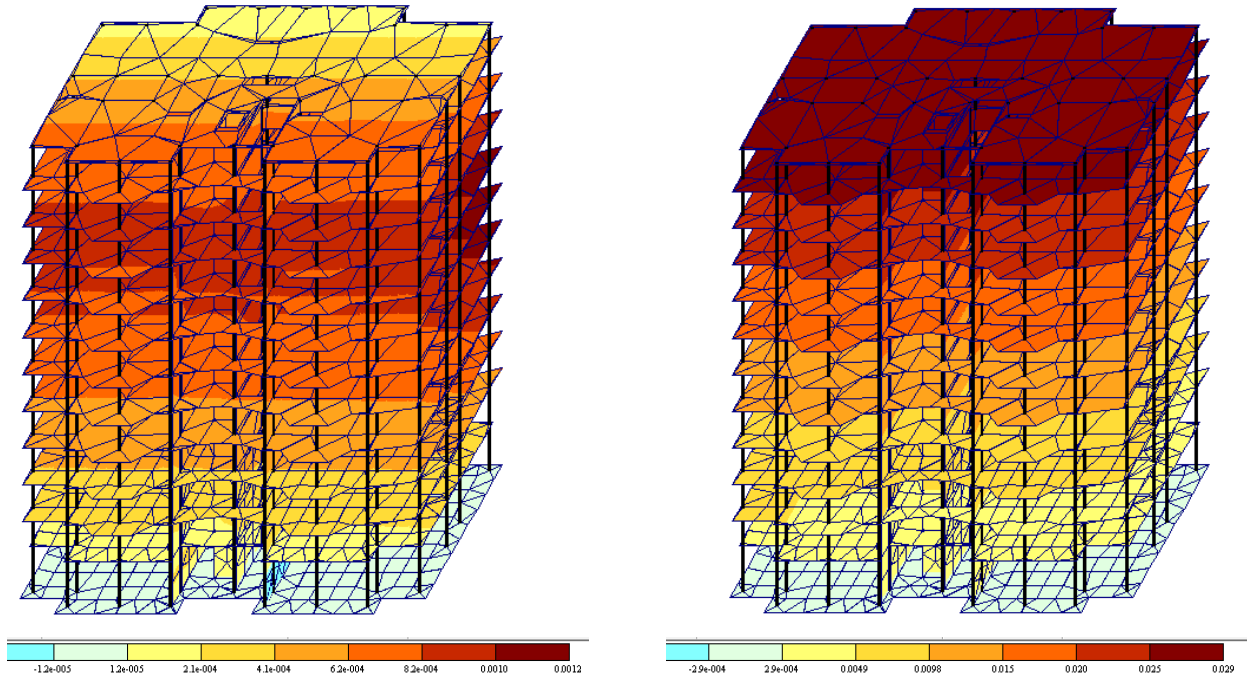


Рис. 6.3. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 280 мм): а – по осі X, б – по осі Y.

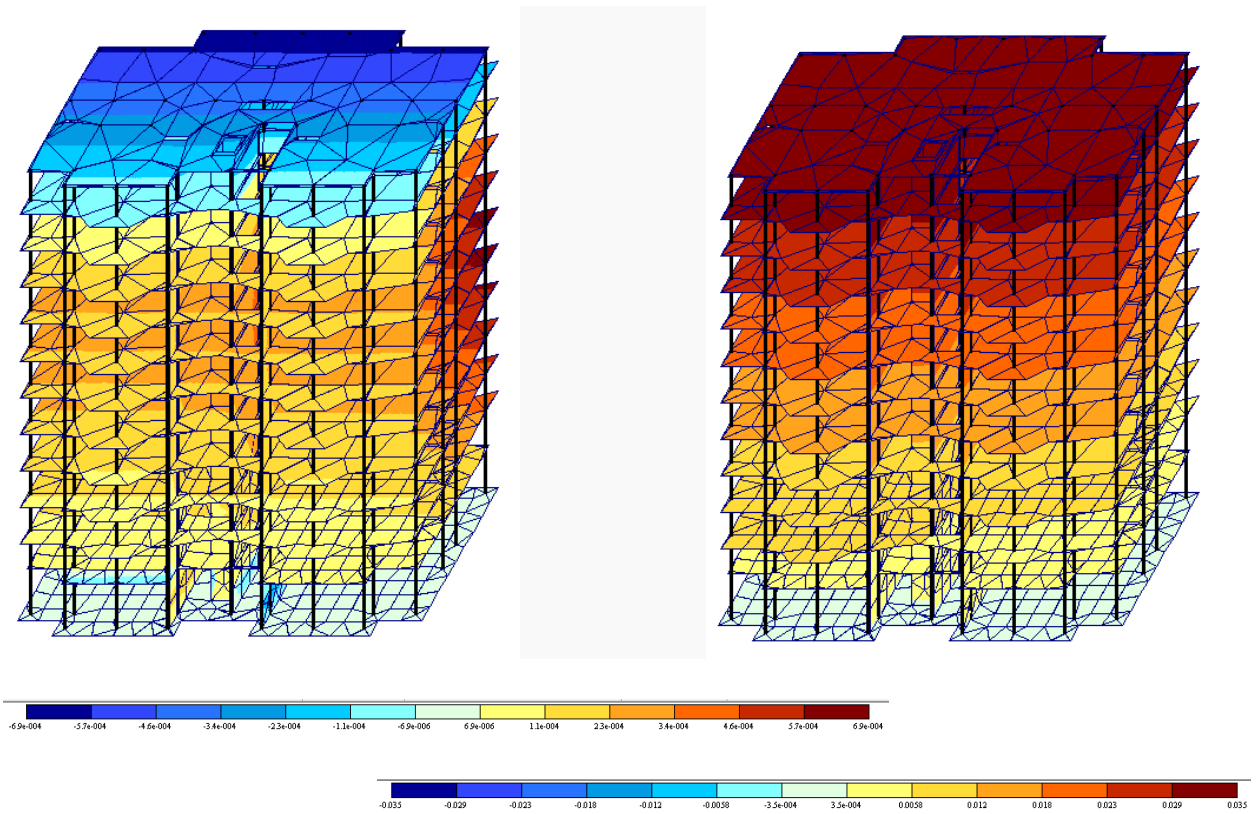


Рис. 6.4. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 380 мм): а – по осі X, б – по осі Y

Так як у столиці здебільшого зводять будинки підвищеної поверховості, то для порівняння збільшуємо висоту з 10 поверхів до 18-ти. Також розглянемо та порівняємо горизонтальні переміщення верхівки будівлі та її коливання. Розрахунок проводимо у програмному комплексі MOHOMAX, змінюючи товщину плити перекриття: 180 мм, 280 мм, 380 мм.

Для порівняння розглянемо горизонтальні переміщення по осі X та по осі Y на 5, 9, 12 та 18 поверхах. Дані занесені в таблицю 6.7.

На рисунках 7-12 зображено фрагмент анімації коливання будівлі та мозаїка горизонтальних переміщень від динамічного навантаження (18 поверхів).

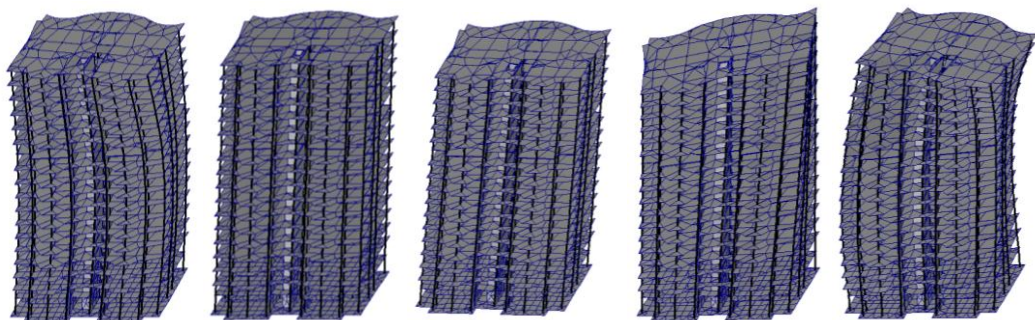


Рис.6.5. Форми коливань будівлі (товщина плити – 180 мм)

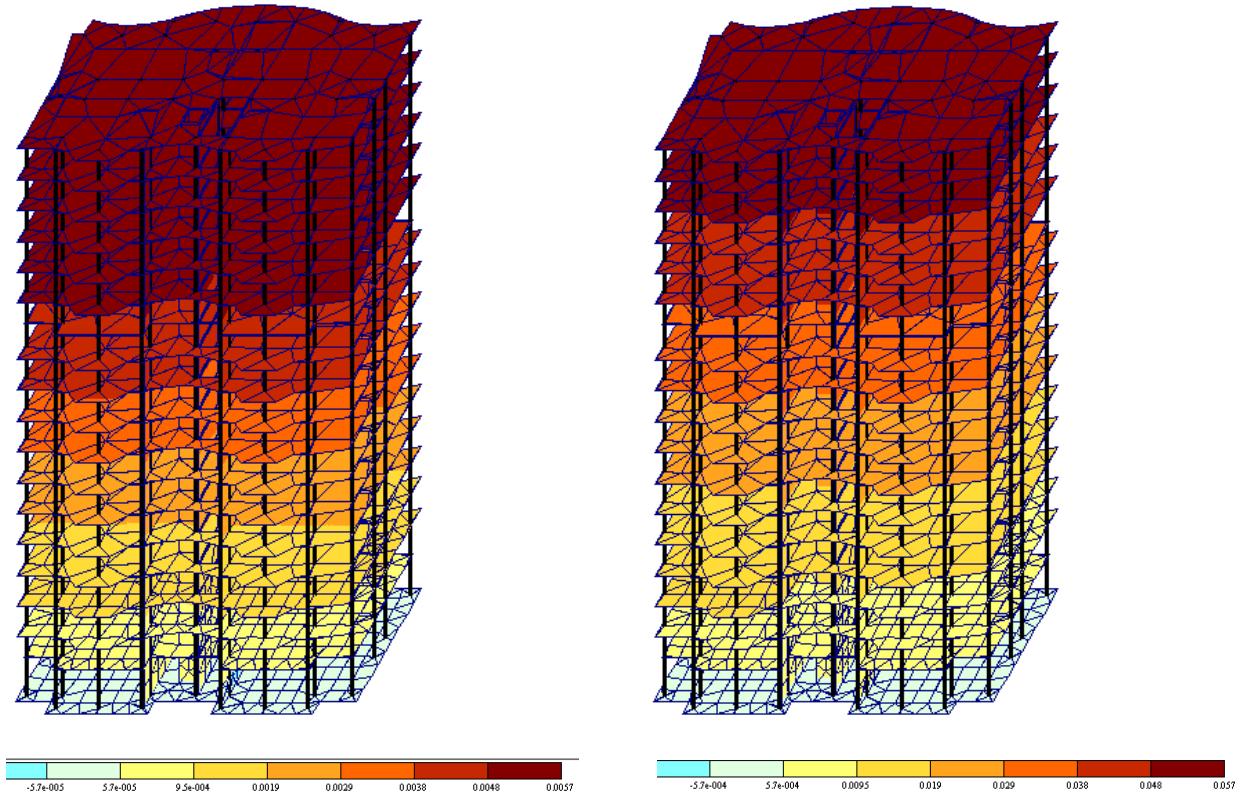


Рис. 6.6. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 180 мм): а – по осі X, б – по осі Y

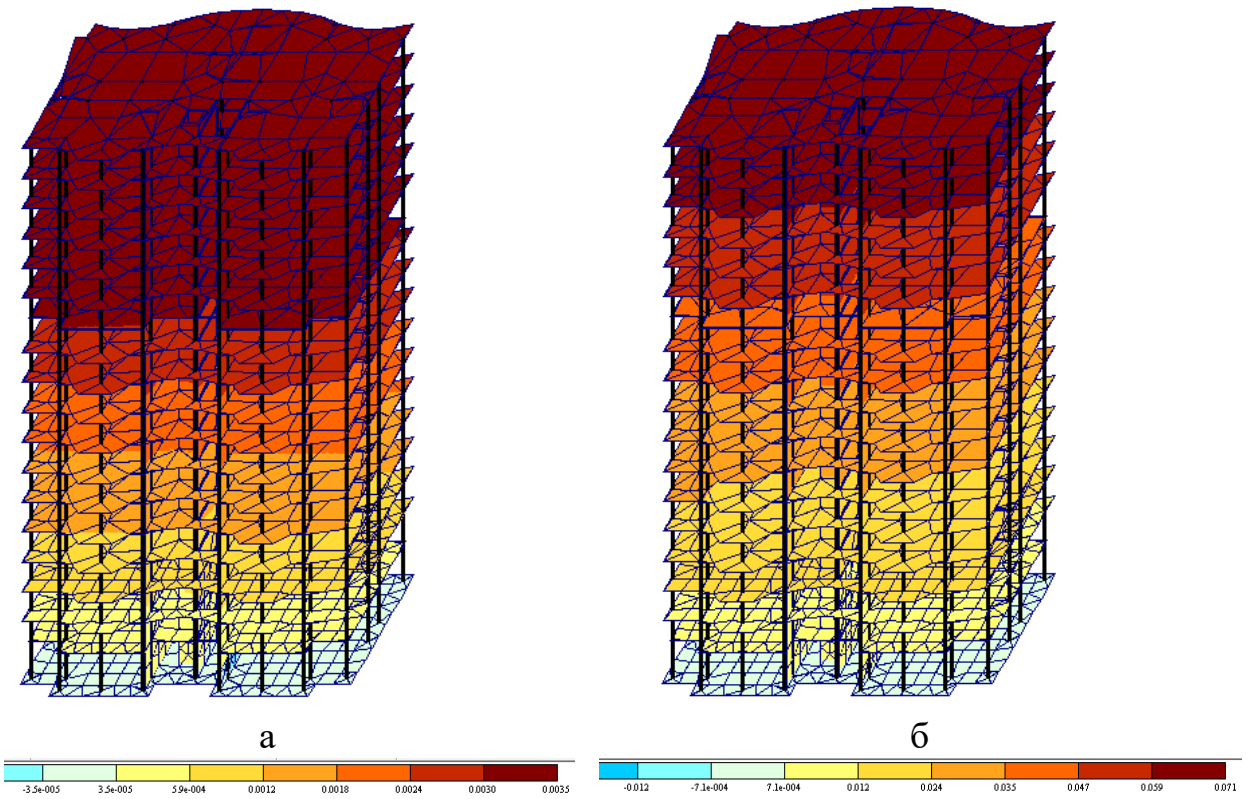


Рис. 6.7. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 280 мм): а – по осі X, б – по осі Y

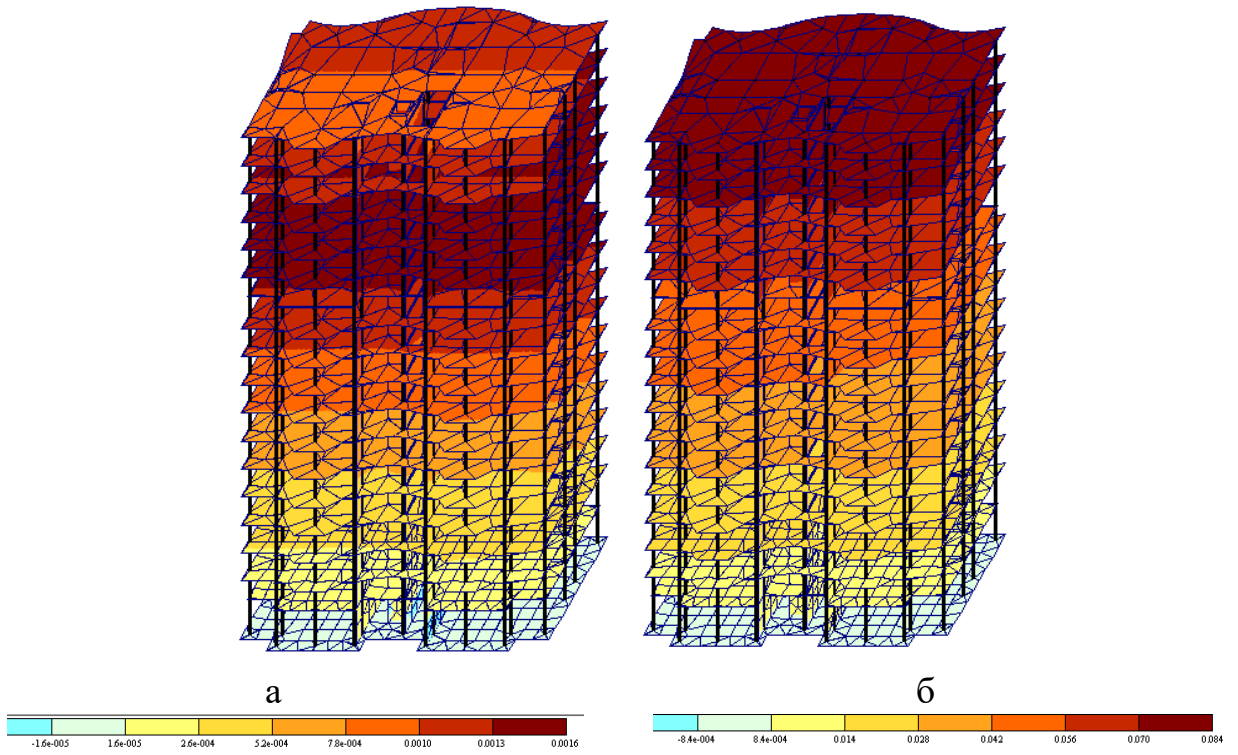


Рис. 6.8. Горизонтальні переміщення від динамічного навантаження (товщина плити – 380 мм): а – по осі X, б – по осі Y

Табл. 6.6. Таблиця частот та періодів коливань у разі зміни товщини плити перекриття (10 поверхів)

Товщина плити, мм	180 мм				280 мм				380 мм			
Форма коливань	Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м		Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м		Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м	
			Вісь X	Вісь Y			Вісь X	Вісь Y			Вісь X	Вісь Y
1	3,9	2,5759	0,0019	0,023	3,9	2,5959	0,0012	0,029	3,7	2,6683	0,00069	0,035
2	3,9	2,5679			4,4	2,2603			4,6	2,1628		
3	4,3	2,3216			5,3	1,9033			5,9	1,6839		
4	12,0	0,8348			13,7	0,7299			14,6	0,6830		
5	13,3	0,7492			15,6	0,6423			15,1	0,6640		

Табл. 6.7. Таблиця частот та періодів коливань у разі зміни товщини плити перекриття (18 поверхів).

Товщина плити, мм	180 мм				280 мм				380 мм			
Форма коливань	Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м		Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м		Частота, Гц	Період, с	Горизонтальні переміщення, м	
			Вісь X	Вісь Y			Вісь X	Вісь Y			Вісь X	Вісь Y
1	2,4	4,2462	0,0057	0,057	2,3	4,3617	0,0035	0,071	2,2	4,5809	0,0016	0,084
2	2,7	3,6867			3,0	3,3192			3,0	3,2813		
3	3,3	3,0526			4,3	2,3471			5,0	2,0057		
4	9,0	1,1158			10,8	0,9261			12,0	0,8315		
5	9,5	1,0564			11,5	0,8676			12,0	0,8307		

Аналіз результатів числових досліджень

За результатами числових розрахунків обох моделей можна зробити порівняльний аналіз отриманих даних.

За допомогою програмного комплексу МОНОМАХ отримали результати розрахунку будівлі на динамічне навантаження: величини горизонтальних переміщень, частоти та періоди коливань. Досліди проводили за різних товщин плити – 180 мм, 280 мм та 380 мм та за різних висот будівлі – 10 і 18 поверхів.

Висновки:

- при збільшенні поверховості (від 10 до 18 поверхів) горизонтальні переміщення верхніх поверхів по Х збільшуються: за товщини перекриття 180 мм – на 66,7%, за товщини 280 мм – на 65,7%, за товщини 380 мм – на 56,3%;
- зі збільшенням товщини плити перекриття зі 180 мм до 380 мм (у 2,1 рази) спостерігається зменшення горизонтальних переміщень верхніх поверхів по Х: 10-ти пов. будівлі – у 2,8 разів, 18-ти пов. будівлі – у 3,6 разів;
- за збільшення товщини плити перекриття частота коливань має тенденцію до збільшення (2-5 форми коливань), а період коливань зменшується.

6.5. Інженерно-технічні рішення для зниження вібраційного впливу метрополітену на будівлі

Інженерні заходи зниження вібраційного впливу метрополітену поділяють на три групи:

1. **Заходи на рівні джерела** — зменшення динамічного навантаження, що виникає під час руху поїзда.
2. **Заходи на рівні шляху передачі** — зниження енергії коливань у ґрунтовому масиві.

3. **Заходи на рівні приймача (будівлі)** — підвищення віброізоляційних властивостей конструкцій.

Технічні рішення на рівні джерела

- **Плаваюча плита (Floating Slab Track, FST)** – бетонна плита із гумовими або еластомерними вставками (як у нових тунелях Сирецько-Печерської лінії) дозволяє знизити амплітуду вібрацій **на 40–60 %**.
- **Пружні кріплення рейок (resilient fasteners)** — ефективні для зниження високочастотних компонентів (>25 Гц).
- **Безбаластна колія з еластомірними матами (floating slab with rubber mat)** — стандартна технологія, прийнята у Відні, Лондоні, Празі; забезпечує зниження амплітуди коливань до 40%.
- **Використання коліс із зменшеним дисбалансом і пружних колісних вставок** знижує рівень збудження до 15% [38, 39].

Заходи на шляху передачі коливань

- **Зниження швидкості руху поїздів** у нічний час;
- **технічне обслуговування колій** для зменшення нерівностей і ударних навантажень.
- **Вертикальні траншеї**, заповнені піском або полімером, ефективно зменшують амплітуду хвиль на 30–50% у межах 10–30 Гц (дослідження *Li & Zhai, 2022*).
- **Бентонітові або поліуретанові стіни** використовують як бар'єр між тунелем і фундаментом будівлі.
- **Заміна м'яких шарів** підшви на ущільнені піщані подушки.
- Влаштування **віброізоляційного прошарку** під фундаментом із гумових або поліуретанових блоків.

Заходи на рівні будівель (приймачів)

- Улаштування **вставок з еластомерів** у фундаментних блоках або стовпах, улаштування **демпфуючих прокладок** під фундаментами нових споруд;
- створення **віброізоляційних швів** між будівлями, що межують із тунелем.
- Застосування **подвійних фундаментів** («floating foundation») із шаром демпфуючого матеріалу.
- Улаштування **діафрагм жорсткості** на рівні перекриттів.
- Використання **монолітних ядер жорсткості** в каркасних будівлях, що підвищує власну частоту та віддаляє її від резонансних режимів метро.
- **Локальне зміцнення** фундаментів полімер-ін'єкцією.
- Демпфування коливань внутрішніх **перегородок** (використання сендвіч-панелей з віброізоляційним прошарком).

Таблиці 6.8. Порівняння ефективності заходів

№	Технічне рішення	Зниження амплітуди, %	Орієнтовна вартість, \$/м.п.	Доцільність для Києва
1	Плаваюча плита (FST)	40–60	1200–1500	висока
2	Еластомерні мати	30–50	800–1100	середня
3	Бар'єрні траншеї	20–40	500–700	середня
4	Фундаментні віброізолятори	50–70	1500–2000	висока
5	Локальне зміцнення основи	10–25	300–500	обмежена

Висновки

1. Проведено системний аналіз сучасних досліджень вібродинамічного впливу метрополітену на будівлі. Встановлено, що основними

- факторами, які визначають інтенсивність вібрацій, є тип колійної системи, глибина тунелю, геологічна будова ґрунтів та конструктивна схема будівлі.
2. Для проєктів реконструкції чи новобудов у зонах впливу метро необхідна індивідуальна оцінка з урахуванням ґрунтів, глибини тунелю, конструкції будівлі тощо.
 3. Рівні вібрацій у центральних районах Києва, за даними моніторингу [34, 35], переважно не перевищують гранично допустимих значень за [24], проте у старій забудові можливі перевищення у 1,3–1,6 разів.
 4. Ґрунти Києва (суглинки, лесовидні відклади) характеризуються помірним загасанням коливань, що потребує додаткового віброзахисту.
 5. Найбільш ефективними заходами захисту є плаваюча колія (FST) та фундаментні віброізолятори, що дозволяють знизити рівень вібрацій на 40–70%.
 6. Для існуючих будівель доцільним є застосування локального підсилення фундаментів та демпфувальних вставок у несучих конструкціях.
 7. Запровадження систем постійного моніторингу (вібродатчики, цифрові геофони) у зоні впливу метро є необхідною умовою безпечної експлуатації міських будівель.
 8. Для підвищення комфортності середовища й довговічності споруд доцільно впровадити національні рекомендації з оцінки вібраційних навантажень від метрополітену, гармонізовані з європейськими нормами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Будівництво та цивільна інженерія», спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія на тему: «Житловий будинок у м. Шептицький Львівської області» складається із шести розділів, літератури, додатків.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-просторове та архітектурно-конструктивне рішення споруди. Графічна частина представлена двома аркушами (плани поверхів, розрізи, фасади, вузли, деталі).

У розрахунково-конструктивному розділі виконано розрахунок багатоповерхової житлової будівлі в програмі КОМПОНОВКА ПК МОНОМАХ-САПР, конструювання монолітної плити перекриття 2-го поверху, монолітних колон трьох нижніх поверхів.

У розділі «Технологія та організація будівництва» підраховано об'єми робіт, підібрано монтажний кран, розроблено технологічну карту на влаштування покрівлі з ПВХ-мембрани, складено календарний графік будівництва, запроєктовано будгенплан.

У науковій частині виконано аналіз впливу вібрацій від метрополітену на будівлі міської забудови. Встановлено, що основними факторами, які визначають інтенсивність вібрацій, є тип колійної системи, глибина тунелю, геологічна будова ґрунтів та конструктивна схема будівлі. Для проєктів реконструкції чи новобудов у зонах впливу метро необхідна індивідуальна оцінка з урахуванням ґрунтів, глибини тунелю, конструкції будівлі тощо. Найбільш ефективними заходами захисту є плаваюча колія (FST) та фундаментні віброізолятори, що дозволяють знизити рівень вібрацій на 40–70%. Для існуючих будівель доцільним є застосування локального підсилення фундаментів та демпфувальних вставок у несучих конструкціях. Запровадження систем постійного моніторингу (вібродатчики, цифрові геофони) у зоні впливу метро є необхідною умовою безпечної експлуатації міських будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 43 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Зі зміною № 1. К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
4. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: Мінрегіонбуд, 2017.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: МІНБУД України, 2006. 75с.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Введений в дію 01.09.2021 р. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України 2022 р.
7. ДБН В.2.5-39:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 54 с.
8. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування. Київ: Мінрегіон України, 2018. 22 с.
9. Автоматизоване проектування та BIM-технології у будівництві. Методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. С. Ротко, В. Самчук. Луцьк: ЛНТУ, 2023. 232 с.
10. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018. 36 с.
11. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
12. ДСТУ Б В.2.6.-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
13. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель та споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
14. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. К.: ДП «Укр НДНЦ», 2019.
15. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 47 с.
16. НАСТАНОВА з визначення вартості будівництва | Кошторисні норми України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/book/nastanova_z_viznachennja_vartosti_budivnictva/64-1-0-1964
17. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ: Мінрегіон України, 2014. 30 с.
18. Випускна кваліфікаційна робота бакалавра: методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19

Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (спеціалізація «Промислове та цивільне будівництво») денної та заочної форм навчання / уклад. О.А. Ужегова, С.В. Ротко. Луцьк: Луцький НТУ, 2020. 104 с.

19. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до оформлення кваліфікаційних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти всіх освітніх програм денної та заочної форм навчання / уклад. Н.В. Ковальчук, Ю.Г. Фесіна, І.Л. Заблоцька Луцьк: ЛНТУ, 2023. 46 с.

20. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.

21. ДБН В.1.2-10:2021 Захист від шуму та вібрації.

22. ДБН В.2.3-7:2018 "Метрополітени". К.: Мінрегіон, 2018.

23. ISO 2631-2:2003. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)

24. ДСТУ ISO 2631-2:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінювання впливу загальної вібрації на людину. Частина 2. Вібрація в будівлях (від 1 Гц до 80 Гц).

25. ISO 4866:1990. Mechanical Vibration and Shok. Building Vibration.

26. ДСТУ ISO 4866:2008 Вібрація та удар механічні. Вібрація будівель. Настанова щодо вимірювання вібрації та оцінювання її впливу на будівлі (ISO 4866:1990, IDT)

27. EN 12299:2020. Railway applications – Ride comfort for passengers – Measurement and evaluation.

28. ДСТУ EN 12299:2022 Залізничний транспорт. Комфорт для пасажирів під час поїздки. Вимірювання та оцінювання (EN 12299:2009, IDT)

29. DIN 4150-2:1999. Structural vibration - Part 2: Human exposure to vibration in buildings from Intertek Inform. - Структурна вібрація - Частина 2. Вплив вібрації на людину в будівлях (Німеччина).

30. DIN 4150-3-2016. Vibrations in buildings - Part 3: Effects on structures. Вібрації у будівництві. Частина 3. Вплив на будівельні конструкції (Німеччина).

31. Барабаш М.С. (2013). Численное моделирование воздействия динамических нагрузок метрополитена на близстоящие здания / М. С. Барабаш, В. Овчарова, Ю. В. Гензерский // Містобудування та територіальне планування. Вип. 48. С. 46-51. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2013_48_9.

32. Башинський Я.В. Вплив динамічних навантажень метрополітену на напружено-деформований стан будівель. Дисертація, К.: НАУ, 2019. <https://nau.edu.ua/site/variables/news/2019/10/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%AF.%D0%91%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf>

33. Банах А., Яковенко І., Банах В., Половецький В., Мешков К., Штокал Д. (2025). Вібродинамічний моніторинг впливу поїздів метрополітену та руху автотранспорту під час будівництва та експлуатації торгово-розважального центру. *18-та Міжнародна конференція «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану навколишнього середовища»*, квітень 2025 р., с. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510019>

34. Petrenko, V. D., Tiutkin, A. L., Kulazhenko, Y. Y., & Petrenko, V. I. (2017). Моніторинг деформацій оправи Сирецько-Печерської лінії Київського метрополітену та заходи

- щодо їх зменшення. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, (11), 42–51. <https://doi.org/10.15802/bttrp2017/158553>
35. Іщенко, Ю., Вусатюк, А. (2020). Врахування динамічних впливів на геотехнічні конструкції в умовах ущільненої міської забудови на прикладі Києва. *Екологічна безпека та природні ресурси*, 35 (3), 94–110. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.3.94-110>
 36. Тугай А., Григоровський П., Басанський В., та Лялко В. (2021). Ефективність методів зміцнення фундаментів екологічних будівель зі значним впливом будівництва лінії метрополітену. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1 (48), 41–49. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.48\(1\).41-49](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.48(1).41-49)
 37. Y. Luo, X. Jiang, Q. Feng, W. Hu, Q. Tu & Y. Chen (2024). Analysis of Train-Induced Vibration Transmission and Distribution Characteristics in Double-Layer Metro Depot. *Buildings*, 14(6), 1702. <https://doi.org/10.3390/buildings14061702>
 38. Y. Liu, H. Xu, W. Xia, W. Cai & S. Zheng (2024). Research on a Vibration Model of a Superstructure under the Vibration Load of Metro Trains. *Buildings*, 14(8), 2342. <https://doi.org/10.3390/buildings14082342>
 39. T. Wang, B. Jiang & X. Sun (2023). Train-Induced Vibration Prediction and Control of a Metro Depot and Over-Track Buildings. *Buildings*, 13(8), 1995. <https://doi.org/10.3390/buildings13081995>
 40. K. Vogiatzis & H. Mouzakis (2018). Ground-borne noise and vibration transmitted from subway networks to multi-storey reinforced concrete buildings. *Transport*, 33(2), 446-453). <https://doi.org/10.3846/16484142.2017.1347895>
 41. J. Yang, P. Li & Z. Lu (2018). Numerical Simulation and In-Situ Measurement of Ground-Borne Vibration Due to Subway System. *Sustainability*, 10(7), 2439. <https://doi.org/10.3390/su10072439>
 42. Y. Wu, T. Liu, Y. Ai, Q. Liu & L. Song (2021). Experimental study on vibration characteristics of metro tunnels with different track structures. *Vibroengineering Procedia*. [extrica.com/article/21991](https://www.extrica.com/article/21991)
 43. L. Xu Shi & N. Zhang (2011). The Simulation Analysis on Vibration of a Museum Building Nearby Induced by Urban Subway Transit. *Advanced Materials Research*, Vols. 243-249. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.3427>
 44. S. Dahiraria & C.S. Sanghvi (2019). Study the Impact of Metro Rail Induced Vibration on Structures. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science*. [ijtimes.com/article/view/2374](https://www.ijtimes.com/article/view/2374)
 45. Research on Human Exposure to Transport-Induced Vibration in Buildings (2024). *Applied Sciences*, 14(19), 9016. <https://doi.org/10.3390/app14199016>
 46. Field Test and Numerical Study of Train-Induced Vibration of Over-Track Buildings Above Metro Depot (2024). *Urban Rail Transit*, Vol 10, 361-375. <https://doi.org/10.1007/s40864-024-00219-3>

