

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ЗМІНА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ

Виконав: здобувач 2-го курсу, групи 2Б-24м

спеціальності 192 – «Будівництво
та цивільна інженерія»

Тімін Є. В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. БМГА

Меть І. М.

«10» грудня 2025 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри ІСБ

Слободян Н. М.

«10» грудня 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
В. В. Швець

«12» грудня 2025 р.

Вінницький національний технічний університет
факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМГА
Швець В. В.
12 жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Тіміну Євгенію Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) ЗМІНА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД
ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ

керівник роботи Меть І. М., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "24" 09 2025 року №313.

2. Строк подання магістрантом роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості,
нормативна література.

4. Зміст текстової частини:

Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична
цінність результатів, апробація).

Розділ 1 Теоретичні основи оцінки напружено-деформованого стану фундаментних
конструкцій висотних житлових будинків. (Підходи до оцінки напружено-деформованого стану
пальових фундаментів. Нормативно-правове регулювання проектування та будівництва
висотних житлових будівель. Висновки за розділом 1).

Розділ 2. Застосування методу скінченних елементів до оцінки напружено-деформованого стану
пальових фундаментів. (Система "ґрунтова основа-фундамент-будівля", застосування методу
скінченних елементів, моделювання пальового фундаменту методом скінченних елементів.
Висновки за розділом 2).

Розділ 3 Моделювання напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій житлової
будівлі (напружено-деформований стан в реальних ґрунтових умов, напружено-деформований
стан при влаштуванні ґрунто-цементних елементів. Висновки за розділом 3).

Розділ 4 Технічна частина (архітектурно-будівельні рішення, архітектурно-планувальні
рішення, основи і фундаменти, залізобетонні конструкції, організаційно-технологічні рішення.
Висновки за розділом 4).

Розділ 5 Економічна частина. Висновки. Список використаних джерел.

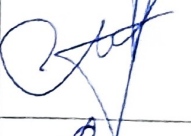
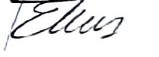
5. Перелік ілюстративно-графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Науково-дослідний розділ – 3 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної
роботи)

2. Архітектурно-будівельні рішення – 7 арк. (Фасад 1-15, план першого та типового поверху, розріз 1-1, план розташування буропіскієвних паль та розвертку, теплотехнічний розріз зовнішньої стінової конструкції)

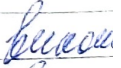
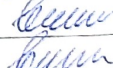
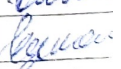
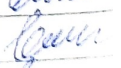
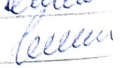
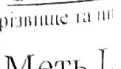
3. Організаційно-технологічні рішення – 2 арк. (організаційні рішення послідовності виконання будівельно-монтажних робіт, технологічна карта на влаштування монолітних конструкцій типового поверху).

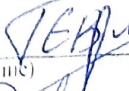
6. Консультанти розділів роботи

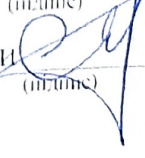
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ, науковий розділ 1-3	Меть І.М. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні рішення	Меть І.М. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Організаційно-технологічні рішення	Христич О.В. к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 12.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	10.10-12.10.25	
2	Науково-дослідна частина	02.09-20.10.25	
3	Містобудівні та архітектурно-будівельні рішення	20.10-03.11.25	
4	Організаційно-технологічні рішення	24.10-03.11.25	
5		06.11-17.11.25	
6	Економічна частина	18.11-23.11.25	
7	Оформлення МКР	24.11-27.11.25	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	27.11-30.11.25	
9	Попередній захист	01-08.12.25	
10	Опонування	05.12-13.12.25	

Здобувач  Тімін С.
(підпис) (прізвище та ім'я)

Керівник роботи  Меть І.
(підпис) (прізвище та ім'я)

АНОТАЦІЯ

УДК624.15.0

Тімін Є. В., Зміна напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій висотної будівлі в залежності від параметрів ґрунтової основи. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 119 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 27 назв; рис.: 47; табл. 13; арк. граф. част.: 12.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню зміни напружено-деформованого стану фундаментів будинку за даними числового моделювання спільної роботи елементів системи «основа – фундамент - будівля» на прикладі покращення деформаційних характеристик та показників міцності ґрунтів основи шляхом застосування бурозмішувальної технології та влаштування ґрунтоцементних елементів.

Проведено варіативне моделювання зведення висотної житлової будівлі з використанням конструкції пальового фундаменту у взаємодії з ґрунтовим масивом та плитної фундаментної конструкції, з урахуванням поліпшених ґрунтових властивостей. Досліджено вплив ідентифікованих параметрів ґрунтового масиву на формування напружено-деформованого стану системи «основа - фундамент - будівля» при розрахунку висотного житлового будинку. Отримано оптимальний результат побудови скінчено-елементної моделі та результати числового моделювання фундаменту висотної житлової будівлі.

В магістерській кваліфікаційній роботі наведено рішення технічного, технологічного та організаційного розділів, проведена економічна оцінка ефективності зведення житлової будівлі .

Ключові слова: житлове будівництво, напружено-деформований стан, пальові фундаменти, скінченно-елементна модель, числове моделювання, система «основа-фундамент-будівля».

ANNOTATION

Timin Evgeniy, Change of the foundation structures stress-strain state of a high-rise building depending on the soil base parameters . Master's qualification work in the specialty 192 - "Construction and civil engineering". Vinnytsia: VNTU, 2025. 113 p.

In Ukrainian. Bibliography: 27 titles; fig.: 47; tab. 13; sheet. graphic part.: 12.

Master's qualification work is devoted to the study of changes in the stress-strain state of the foundations of the house according to the numerical modeling of the joint work of the elements of the system "soil foundation - foundation - building" on the example of improving the deformation characteristics and strength indicators of the soil of the foundation by the use of blending technology and arrangement of soil elements.

The dependence of the stress-strain state of the foundations on the rigidity of the aboveground part of the house and the location of the bearing structures in the plan are analyzed.

In this publication a variant modeling of the high-rise residential construction is discussed. One way is using a pile foundation with soil massif design. The second approach is slab foundation design with improved soil massif design. Influence parameters of the soil massif on the formation of the stress-strain state of the "base - foundation - building" system when calculating a high-rise residential building are analyzed.

In the master's work the decisions of the technical and economic sections for the construction, the feasibility study of the effectiveness of the decisions made, the issues of safety and life safety are given.

Keywords: residential construction, stress-strain state, pile foundations, finite element model, numerical modeling, "base-foundation-building" system.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.	8
1.1 Стан питання оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій.	8
1.2 Нормативно-правове регулювання проектування та будівництва висотних житлових будівель.	12
Висновки до розділу 1.	17
РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ	18
2.1 Система "грунтова основа-фундамент-будівля"	18
2.2 Застосування методу скінченних елементів.	21
2.3 Моделювання пальового фундаменту методом скінченних елементів	24
Висновки до розділу 2	28
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТИЛОВОЇ БУДІВЛІ	29
3.1 Напружено-деформований стан в реальних ґрунтових умов	29
3.2 Напружено-деформований стан при влаштуванні ґрунто-цементних елементів	37
Висновки до розділу 3.	48
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.	49
4.1 Архітектурно-планувальні рішення	49
4.1.1 Вихідні дані для проектування	49
4.1.2 Основні об'ємно-планувальні рішення	50
4.1.3 Характеристика функціонального процесу будинку	50
4.1.4 Об'ємно-планувальні елементи	51
4.1.5 Конструктивні рішення	51

4.1.6	Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожуючих конструкцій	53
4.2	Основи і фундаменти	54
4.2.1	Опис інженерно-геологічних умов майданчика	54
4.2.2	Визначення несучої здатності палі	56
4.2.3	Визначення кількості паль	67
4.2.4	Розрахунок залізобетонних конструкцій.	77
4.2.5	Визначення навантаження та розрахунок плити перекриття	79
4.3	Технологія та організація будівельного виробництва	91
4.3.1	Загальні рішення по організації будівництва	91
4.3.2	Вибір методів виконання робіт по зведенню будівлі	93
4.3.3	Технологічна карта на влаштування монолітних конструкцій типового поверху	97
4.3.4	Організація будівельного процесу.	99
	Висновки до розділу 4.	101
	РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	103
5.1	Техніко-економічне порівняння варіантів фундаментів ефективності розробки	103
5.2	Розрахунок техніко-економічних показників проекту	104
	Висновки до розділу 5	105
	ВИСНОВКИ	107
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	108
	ДОДАТКИ	111
	Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	112
	Додаток Б Відомість графічної частини МКР.	113

ВСТУП

Будівельне виробництво та будівельна галузь в цілому є локомотивом розвитку економіки будь-якої країни та основним фондоутворюючим елементом національного господарства. В сучасних умовах військової агресії надзвичайно важливим є своєчасне відновлення пошкоджених та будівництво нових житлових будинків.

Розвиток сучасного будівельного виробництва, коли перевага віддається зведенню висотних житлових будинків, що в свою чергу має значний вплив на напружено-деформований стан фундаментної основи. В процесі проектування та будівництва багатоповерхових житлових будівель, хмарочосів виникає цілий комплекс задач пов'язаних з тим, що зростання поверховості і розмірів будівлі в плані призводить до кардинальних змін напружено-деформованого стану грантового масиву, конструкцій фундаментів і будівлі в цілому, а отже і спільної роботи системи «грунтова основа – фундамент – надземна частина будівлі».

Процеси деформації та показники міцності основи можуть виявлятися недостатньо високими і не забезпечувати вимоги, які ставлять проектувальники. Це особливо актуально, коли на фундаментні конструкції передається значне навантаження від багатоповерхових житлових будинків, що підвищує значення та ролі ґрунтової основи у системі «основа – фундамент – будівля».

Актуальність теми: в процесі проектування висотних житлових будівель обов'язково необхідно враховувати їх спільну роботу. Так як, нехтування процесом взаємної роботи конструкцій будівлі і ґрунтової основи може привести до значних помилок у визначенні навантаження на ґрунт та його поведінки. Знизити вартість влаштування фундаментних конструкцій можливо за рахунок активного використання ґрунтів, які знаходяться під основою будинку тим самим слугують додатковим матеріалом для влаштування фундаментів. Для покращення показників міцності основи будинку широко застосовують методики просочування ґрунтів цементним розчином. В наслідок чого утворюється досить міцний матеріал, який називають ґрунтоцемент.

У роботі було виконано дослідження на прикладі бурозмішувальної технології для влаштування ґрунтоцементних елементів з метою покращення показників міцності основи.

Зазвичай, для економічності зведення споруди, замість використання пальових фундаментів виконують ґрунтозаміщення, при якому досягається поліпшення властивостей основи шляхом влаштування ґрунтоцементних елементів.

Мета роботи: дослідження та оцінка напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій в залежності від параметрів ґрунтової основи.

Поставлені задачі для розв'язання мети:

- 1) вивчити стан питання оцінки напружено-деформованого стану фундаментів за умови різних характеристик ґрунтової основи;
- 2) узагальнити основні фактори та механізми деформування ґрунтової основи, які формують напружено-деформований стан фундаментних конструкцій в процесі будівництва та експлуатації будинку;
- 3) проаналізувати вплив механічних характеристик ґрунтової основи на напруження у фундаментній плиті будинку;
- 4) визначити деформації будинку в залежності від показника міцності ґрунтів під фундаментом

Об'єктом дослідження є взаємодія елементів системи «ґрунтова основа – фундамент - будівля».

Предметом дослідження є напружено-деформований стан фундаменту будинку за умови покращення показників міцності і деформаційних характеристик ґрунтової основи.

Новизна та інноваційність: проаналізовано вітчизняний досвід зміни напружено-деформованого стану залежно від дії різних факторів впливу на будівлю, узагальнено досвід оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій залежно від ґрунтового середовища, проведено числове моделювання на базі системи «ґрунтова основа-фундамент-надземна частина будинку» в природних та поліпшених характеристиках ґрунтового

середовища, і встановлено, що при закріпленні основи ґрунто-цементними елементами можлива поява зон нерівномірного осідання конструкції. Через такий крен будівлі виникає можливість появи тріщин в несучих конструкцій. Це має бути враховано при проектуванні надземної частини будівлі та фундаменту. Врахування даного фактору дає можливість покращити надійність та довговічність експлуатації будівель і споруд, які зводяться на основі, яка складена із слабких ґрунтів.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для:

- проектування та розрахунок житлової будівлі з різними варіантами моделювання ґрунтового середовища;
- вплив фундаментної основи як несучого елемента на напружено деформований стан житлової будівлі;
- оцінка перерозподілу зусиль в палевих фундаментах залежно від різних варіантів моделювання ґрунтового масиву;
- обґрунтування економічної ефективності проектування різних видів фундаментних основ.

Публікації за результатами дослідження:

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференцій:

Меть І. М., Зміна напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій висотної будівлі в залежності від параметрів ґрунтової основи / Меть І. М., Тімін Є. В // Матеріали науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України», яка відбулася 19-21 листопада 2025 року. Вінниця. ВНТУ. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/view/26393>

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

1.1 Стан питання оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій

В будівельній галузі сьогодні використовують багато вітчизняних і зарубіжних підходів для розв'язання інженерних задач, що пов'язані з проектуванням будівель і споруд, врахуванням конструктивних особливостей об'єкту будівництва, характеру діючих навантажень (статичних, динамічних, циклічних, сезонних), властивостей та експлуатаційних характеристик будівельних матеріалів, які можуть змінювати свій стан в процесі життєвого циклу будинку.

Однією з найбільш інформативних характеристик визначення елементів каркасу будівлі є напружено-деформований стан будівлі (НДС). НДС - набір напружень та деформацій, що впливають на об'єкт та виникають під дією зовнішніх навантажень та впливів навколишнього середовища. Загальна сума всіх таких видів напружень характеризує напружений стан тіла [1].

До основних видів деформаційних процесів щодо напружено-деформованого стану слід віднести:

- розтягування;
- стиск;
- зріз;
- зсув;
- кручення;
- вигин.

НДС визначається аналітичними методами та за допомогою експериментів у вигляді розподілу деформацій та переміщень окремої конструкції та є підставою для оцінки міцності під дією постійних та тимчасових навантажень.

Відповідно до положень державних будівельних норм, напружено-деформований стан фундаментних конструкцій висотної будівлі визначається шляхом комплексного аналізу впливу навантажень від будівлі, а також геологічних умов ґрунтового масиву за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Такий аналіз базується на врахуванні як статичних, так і динамічних навантажень, оцінки довговічності матеріалів та послідовності зведення висотної житлової будівлі[2].

До основних аспектів оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій слід віднести:

- Програмне моделювання, використовується для точного визначення напружено-деформованого стану за допомогою сучасних програмних комплексів, які дозволяють врахувати поетапність будівництва та зміну конструктивної схеми каркаса.

- Типи навантажень, де проводиться оцінка усіх види навантажень, а саме:
 - статичних – власна вага конструкцій, постійні і тимчасові навантаження в процесі експлуатації будівлі.
 - динамічних, з врахуванням вітрових, сейсмічних, що мають особливе значення для висотних житлових будівель.

- Характеристика ґрунтової основи, де враховується поведінка ґрунтового масиву під фундаментом, включаючи його несучу здатність та деформації, що впливають на осідання фундаменту.

- Вибір типу фундаменту: Конструктивні рішення фундаменту (наприклад, пальовий, стрічковий, плитний) обираються залежно від комплексу інженерно-геологічних, статичних та динамічних факторів.

- Нормативні вимоги: Проектні рішення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.2-41:2019 (висотні будівлі), які встановлюють граничні показники для міцності, стійкості та надійності конструкцій.

З метою встановлення напружено-деформованого стану усіх конструктивних елементів будівлі необхідно використовувати програмні продукти, що дають можливість враховувати послідовність зведення будівельно-монтажних робіт та

врахувати зміну розрахункової конструктивної схеми каркасу будівлі. Найбільш популярними на сьогодні програмними комплексами та продуктами для визначення НДС будівлі використовуються програмні комплекси «ЛПРА-САПР», «SCAD Office», «МОНОМАХ – САПР», та інші. За допомогою даних програма відображають логічну послідовність зведення окремих конструктивних елементів житлової будівлі, а також провести комп'ютерне моделювання різних конструкцій, прийняти до уваги збір монтажних навантажень, а також контролювати поетапну реалізацію конструктивної схеми будинку в цілому.

Збільшення поверховості та розмірів житлових будівель в плані впливає на процес формування напружено-деформованого стану основи, фундаментної конструкції та життєвого циклу самої будівлі. Ефективна оцінка стійкості ґрунтових масивів має першочергове значення при проектуванні фундаментів житлових будівель, розрахунки надійності та економічності фундаментних конструкцій визначають успіх будівництва в цілому.

Напружено-деформований стан пальових фундаментних конструкцій висотних будівель є предметом вивчення багатьох вітчизняних дослідників. Так, в роботі авторів Жук В., Шальгача Б. досліджено вплив використання ідентифікованих параметрів ґрунтового середовища на формування напружено-деформованого стану системи «основа - фундамент - надземні конструкції» при розрахунку висотного будинку за допомогою числового моделювання. Авторами в роботі [3] здійснено пошук найбільш раціональної довжини палі, а також проведено дослідження залежності між довжиною паль та деформаціями, їх несучою здатністю та кількістю.

Відповідно до проведених досліджень та отриманих результатів, визначено розподіл пальових елементів за коефіцієнтом використання їх несучої здатності по ґрунтовому масиві. Визначено, що раціональне розташування паль дозволяє зменшити їх кількість на 15-30% та розподіл навантаження між палями периферійної та центральної зони на 15-25% у порівнянні з розташуванням паль по регулярній сітці [3,4].

У роботі В. Рудківського на основі експериментальних досліджень автор проводить аналіз напружено-деформованого стану ґрунтової основи. В результаті числового моделювання встановлена певна невідповідність отриманих значень реальних вертикальних деформацій основи та деформацій виявлених за допомогою числового моделювання. Такі результати свідчать про необхідність більш детального вивчення характеристик ґрунтової основи, а також прийнятої технології влаштування фундаментних конструкцій [5].

В дослідженнях Носенка В. С., Кашоїди О. О. значна увага приділяється питанням оптимального вибору фундаментної основи з урахуванням ґрунтового масиву, порівняння напружено-деформованого стану систем «основа – фундаменти – надземні конструкції», з урахуванням різних варіантів моделювання, а саме:

- без врахування основи (нижній кінець палі жорстко защемлений);
- з урахуванням коефіцієнтів жорсткості основи;
- моделювання ґрунтового середовища об'ємними скінченними елементами.

Отримані авторами результати показали, що саме поздовжні зусилля в досліджуваних палях можна спостерігати при моделюванні за допомогою «перемінних коефіцієнтів жорсткості» та отримати схожі результати як в моделі на «об'ємному ґрунтовому масиві» з пружним законом деформування. Різниця в зусиллях в середній ній палі становлять 20 кН (1,26%), у кутовій палі – 98 кН (2,84%), у тій, що під ядром – 86 кН (3,82%), у периферійній – 206 кН (6,19%). Дані результати належать до варіантів моделювання без врахування фундаментної плити в роботу[6].

Дослідження авторів [7,8] з метою отримання результатів прогнозування напружено-деформованого стану фундаментних основ, показали, що необхідно вибрати таку модель, яка буде максимально наближена до реального ґрунтового середовища з урахуванням розподільчої спроможності та осідання споруди. Показники міцності та умови роботи ґрунтової основи як дисперсного матеріалу (тверді частинки, пори, вода) залежить від сукупності взаємодії цих частинок. Додаткове зволоження чи висихання, а також порушення структури ґрунту

спричиняють різку зміну його властивостей і тоді прикладені до нього навантаження будуть мати лише другорядне значення. В роботі пропонується розрахунково-теоретичний апарат проектування плитних фундаментів, визначення їх напружено-деформованого стану.

Перед початком будівництва будь-якого будинку чи споруди виконують детальний розрахунок та моделювання. Створення так званої імітаційної моделі такого будинку дозволить спрогнозувати її життєздатність та напружено-деформований стан усіх її елементів. На сьогодні існують програмні комплекси, що дозволяють чисельно розрахувати та створити модель майбутньої будівлі.

Слід зазначити, що напружено-деформований стан будь-якої будівлі чи споруди складна взаємопов'язана та взаємозалежна від складових елементів система, робота, якої визначається з урахуванням багатьох вхідних факторів впливу.

1.2 Нормативно-правове регулювання проектування та будівництва висотних житлових будівель

Необхідність відбудови житлових комплексів населених пунктів, зруйнованих внаслідок повномасштабного вторгнення та ведення бойових дій на території нашої країни вимагає нових надійних підходів та методів розрахунку фундаментних конструкцій висотних житлових будинків. Точність отриманих розрахункових значень істотно впливає на показники надійності конструкцій та економічну ефективність зведення. Це обумовлює актуальність дослідження та необхідність оцінки зміни напружено-деформованого стану елементів системи «основа-фундамент-будівля» з урахуванням покращених показників міцності основи.

В будівельній галузі діє цілий комплекс нормативно-правових документів, що регулюють питання вишукування, проектування та будівництво нових висотних житлових будинків. В процесі дослідження було визначено нормативну базу, що необхідна для проектування житлового будинку (таблиця 1.1).

При проектуванні фундаментних конструкцій для висотних житлових будинків, важливим документом є ДБН В.2.1-10-2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення», що регламентує основні вимоги до проектування різних видів фундаментів глибокого закладання, а саме пальових фундаментів [8].

Таблиця 1.1 - Основні види нормативних документів при проектуванні висотних житлових будівель [узагальнено на основі 2, 8-12]

№п/п	Позначення (шифр)	Назва документа	Основні вимоги до проектування
1	<u>ДБН В.2.1-10-2018</u>	«Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»	Окреслено ключові вимоги до проектування пальових фундаментів і фундаментів глибокого закладання, зокрема для складних інженерно-геологічних умов. Сюди входять інженерні вишукування, проектування котлованів, оцінка розрахункових характеристик ґрунтів, визначення кренів і допустимих деформацій споруд, розгляд екологічних аспектів, контроль якості та інші аспекти, які впливають на процес проектування фундаментних конструкцій.
2	<u>ДБН В.1.2-2:2006</u>	«Навантаження і впливи. Норми проектування»	Цей документ визначає основні засади розрахунку навантажень і впливів на будівельні конструкції з метою забезпечення їхньої надійності та безпечної експлуатації. Він встановлює обов'язкові правила проектування, які вимагають комплексного врахування всіх видів навантажень (статичних, динамічних, температурних) та екологічних факторів. Норми охоплюють методи розрахунку власної ваги, вітрового, снігового, сейсмічного та інших видів навантажень, що діють на об'єкти протягом усього їхнього життєвого циклу.
3	<u>ДБН А.2.1-1-2008</u>	"Інженерні вишукування для будівництва"	Документ визначає вимоги та встановлює правила проведення різних видів інженерних вишукувань, необхідних для проектування та будівництва. Він охоплює вивчення природних умов місцевості, таких як геодезичні, геологічні, гідрологічні, екологічні та кліматичні характеристики, з метою обґрунтування технічної й економічної доцільності майбутніх будівельних робіт. Особливу увагу приділено прогнозуванню можливих змін природних умов під впливом запланованої діяльності.

Продовження таблиці 1.1			
4	<u>ДБН В.2.2-41:2019</u>	"Висотні будівлі. Основні положення "	Встановлює вимоги до проектування та будівництва висотних будівель з умовною висотою понад 73,5 м. Документ описує норми для житлових будинків висотою до 100 м та громадських будівель до 150 м, але містить лише рекомендації щодо обмежень висоти, зокрема, не рекомендує будівництво у приаеродромних зонах.
5	<u>ДБН В.2.6-98:2009</u>	"Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення"	Формує базові положення для проектування та будівництва бетонних та залізобетонних конструкцій. Цей нормативний документ встановлює вимоги до міцності, жорсткості, тріщиностійкості та технологічних процесів, а також містить рекомендації щодо розрахунку та випробування матеріалів, конструкцій та споруд.
6	<u>ДБН В.2.6-31:2021</u>	«Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»	Цей документ визначає вимоги до показників енергетичної ефективності будівель, теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, а також до параметрів ефективності інженерного обладнання, враховуючи стадії їх проектування та будівництва. У ньому також встановлено критерії раціонального споживання енергетичних ресурсів для забезпечення опалення і охолодження будівель відповідно до нормативних санітарно-гігієнічних стандартів мікроклімату приміщень та довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації.

Відповідно до нормативних вимог показник глибини прокладання фундаментів слід приймати з урахуванням таких факторів:

- головного призначення та конструктивних особливостей будівель, що проєктуються;
- показника глибини прокладання інженерних комунікацій;
- природнього місцевого рельєфу та геодезичного вивчення території забудови;
- інженерно-геологічних умов ділянки будівництва;
- гідрологічних та геологічних показників ділянки будівництва і можливих їх змін у процесі будівництва та експлуатації житлового будинку;
- значення глибини сезонного промерзання ґрунтів.

В процесі проектування фундаментних конструкцій інженерами враховується ціла низка факторів, серед яких вибір типу конструкції, глибина її закладання, необхідний розмір фундаменту, врахування категорії складності інженерно-геологічних умов, прогнозування деформаційних процесів в процесі експлуатації будівлі.

Головні принципи визначення навантажень та дії інших впливів, що передаються на фундамент споруди, слід встановлювати, виходячи із взаємодії споруди з основою. При цьому враховуються відповідні навантаження, коефіцієнти надійності для них, а також можливі комбінації цих навантажень необхідно приймати згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження та впливи. Норми проектування".

Як відомо, навантаження бувають нормативні та розрахункові. Нормативними є навантаження або впливи близькі за величиною до найбільших серед можливих за умови нормальної експлуатації житлової будівлі. Коефіцієнт надійності враховує відхилення зовнішнього навантаження в реальних умовах від навантажень, прийнятих при проектуванні та визначається як добуток нормативного навантаження на коефіцієнт надійності.

До сполучення повинні входити навантаження, які найбільш несприятливо впливають на конструкції (основи) з точки зору граничного стану, що розглядається. Впливи, які взаємно виключають один одного, не можуть входити до одного сполучення.

Як відомо, сполучення навантажень поділяють на основні та аварійні. Основні види сполучень, що включають постійні та змінні навантаження, останні приймаються з коефіцієнтом сполучень $\psi_1=0,95$ для тривалих навантажень і $\psi_2=0,90$ для короткочасних навантажень.

Коли визначають аварійні сполучення, що включають постійні та не менш як два змінні навантаження, останні приймаються з коефіцієнтом сполучення $\psi_1=0,95$ для тривалих навантажень і $\psi_2=0,80$ для короткочасних навантажень. Аварійне навантаження приймається з коефіцієнтом сполучень $\psi_1=1,00$ [9].

Оцінити розподіл внутрішніх зусиль в основних несучих елементах будівель можливо за моделлю, що включає як підземні так і наземні частини будівель. Норми рекомендують використовувати опосередковане врахування ґрунтових умов і спрощені конструктивні схеми будівель. Для оцінки та оптимізації існуючих конструктивних рішень багатопверхових будівель необхідні:

- розмір масиву ґрунту, включений до розрахункової схеми;
- форма масиву в плані;
- визначення деформаційних, жорсткісних характеристик ґрунтів;
- характер складу ґрунтів, нашарування;
- глибина закладання фундаменту.

Важливим аспектом при проєктуванні житлових будівель на сьогодні є дотримання показників енергетичної ефективності та термічного опору огорожуючих конструкцій.

Так, згідно ДБН В.2.6-31:2021 встановлено мінімальні допустимі значення опору теплопередачі для огорожуючих конструкцій житлових будівель, а саме:

- зовнішні стінові огорожувальні конструкції – 4,0 та 3,5 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для першої та другої температурної зони відповідно;
- суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям – 7,0 та 6,0 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для першої та другої температурної зони відповідно;
- покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні - 6,0 та 5,5 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами – 5,0 та 4,0 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для першої та другої температурної зони відповідно.

При проєктуванні різних видів огорожувальних конструкцій житлових будівель варто проєктувати відповідні теплоізоляційні матеріали, щоб забезпечити відповідний нормативний рівень енергозбереження будівлі.

Проектування та зведення висотних житлових будівель вимагає детального вивчення та аналізу нормативної бази та діючого законодавства в сфері будівництва. Зокрема, ДБН В.2.2-41:2019 "Висотні будівлі. Основні положення", де визначаються містобудівні та архітектурно-планувальні рішення висотних

будівель, особливості інженерних вишукувань, навантаження та впливи, механічний опір та стійкість споруди, основні вимоги до проектування металевих, залізобетонних конструкцій, несучих огорожувальних конструкцій, вузлів та деталей, інженерні та вентиляційні системи та інші вимоги.

Висновки за розділом 1

На сьогодні питання оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій висотної житлової будівлі залишається дискусійним не лише в вітчизняному науковому середовищі, а й залишається актуальним у закордонних дослідників. Багато уваги серед науковців приділяється питанням вибору оптимальних параметрів та ідентифікованих показників моделювання фундаментної основи залежно від ґрунтового середовища. Зокрема варто зазначити, що більшість методів та підходів до числового моделювання орієнтовані на створення моделі поведінки фундаментних конструкцій залежно від ґрунтових умов.

На практиці найбільш поширеною є модель лінійно-деформованого шару скінченної ширини, оскільки для її використання потрібно лише задати деформаційні параметри ґрунту (модуль загальної деформації E та коефіцієнт Пуассона ν). Однак ця модель має значну розподільчу здатність, що може спричинити зайві реакції на краях фундаментів і збільшити моментні навантаження від загального вигину фундаментів, особливо для великорозмірних конструкцій.

В цілому нормативно-законодавча база в будівельній галузі містить цілу низку нормативних вимог, яких необхідно дотримуватись при проектуванні будівель та споруд. В правовому полі врегульовано більшість питань, що виникають при проектуванні висотних житлових будинків.

РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ

2.1 Система "грунтова основа-фундамент-будівля"

Будь-яка будівля є складною технічною системою з конкретними технічними параметрами, які впливають на вибір окремих будівельних конструкцій, будівельно-монтажних робіт, машин та механізмів, що в цілому визначатимуть рівень якості кінцевого продукту, можливість експлуатації та комфортні умови проживання.

За умови якісного технічного контролю усіх процесів будівництва і експлуатації будівлі можна зменшити кількість дефектів, поява яких обумовлена недоліками технології, відхиленнями при виконанні будівельно-монтажних робіт, а також відсутністю ефективних методик кількісної оцінки технічного стану будівель і споруд, як при будівництві, так і при експлуатації.

Для контролю і оцінки якості будівельних робіт використовуються різні методи та підходи, засновані в основному на візуальному контролі та локальному визначенні фізико-механічних характеристик будівельних матеріалів та будівельних конструкцій, при цьому не проводиться інтегральна оцінка всієї конструктивної системи будівлі.

Система "грунтова основа-фундамент-будівля" працює шляхом забезпечення стабільності та безпеки будівельного об'єкта через правильну роботу між ґрунтом, фундаментом та будівлею (рисунок 2.1).

Усі елементи такої системи працюють злагоджено та цілісно, де кожен елемент впливає на поведінку іншого. Для розуміння спільної роботи системи "грунтова основа-фундамент-будівля" варто проаналізувати кожен її елемент та покроково оцінити вплив та роботу цілісності та надійності висотної будівлі.

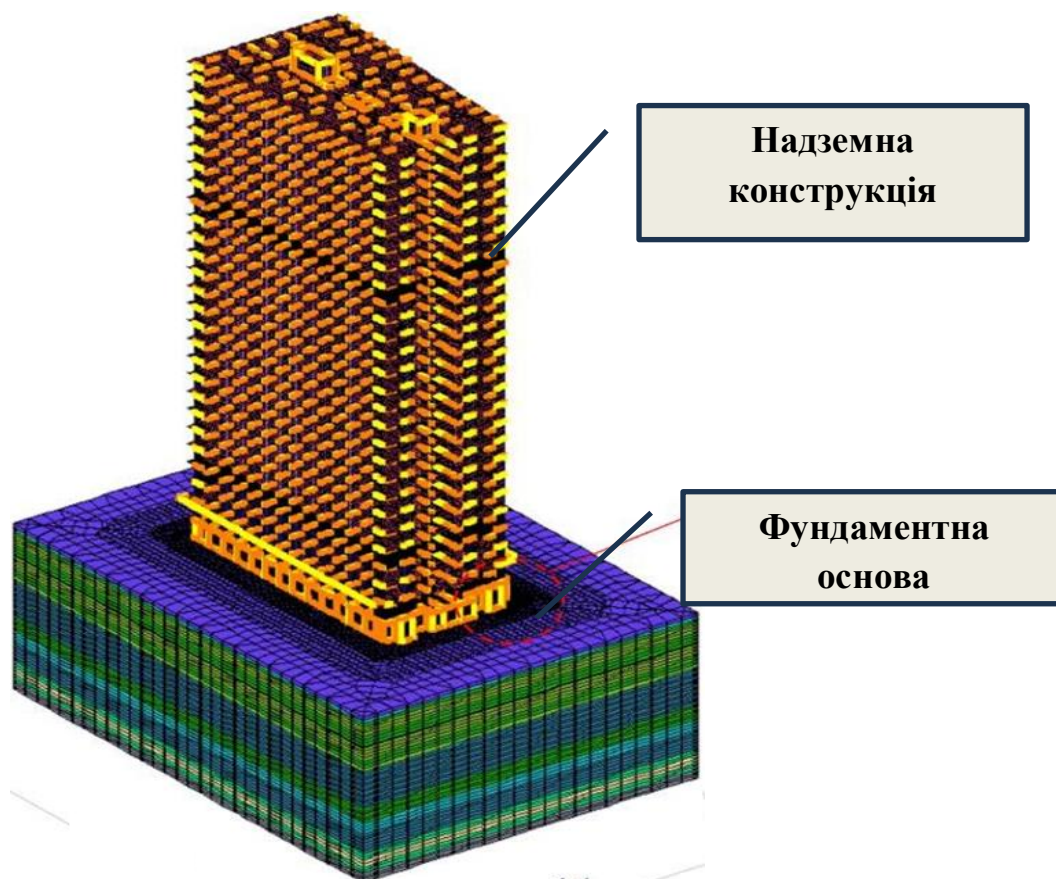


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення системи "грунтова основа-фундамент-будівля"

Система «грунтова основа-фундамент-будівля» працює за таким логічним алгоритмом та потребує врахування послідовності досліджень таких її основних складових елементів[13]:

1. Дослідження ґрунтових масивів. На стадії проектування та перед початком будівництва проводяться ґрунтові випробування, з метою визначення основні властивості ґрунту на будівельному майданчику. Зокрема вимірювання глибини залягання води, властивості та несучі спроможності ґрунту.

2. Вибір виду фундаментної основи проводиться з врахуванням результатів ґрунтових досліджень та проектних обчислень, де визначають тип фундаменту, який найкраще підходить для конкретного місця і будівельних умов.

3. Процес проектування передбачає розрахунок фундаменту, враховуючи параметри житлової будівлі, основні навантаження, властивості ґрунтової основи. Проект повинен відповідати будівельним нормам і правилам.

4. Будівельний процес проходить чітко з дотриманням проектних рішень. Фундамент будується відповідно до проекту. Важливо дотримуватися всіх специфікацій та використовувати будівельні матеріали високої якості.

5. Моніторинг і обслуговування: Після завершення будівництва проводять моніторинг стану фундаменту і будівлі протягом їх експлуатації. Це допомагає вчасно виявляти основні недоліки та порушення в процесі будівництва.

Напружено-деформований стан в елементах системи «грунтова основа – фундамент – надземні конструкції» формується завдяки послідовному зведенню надземних конструкцій, в результаті збільшується жорсткість каркасу висотної житлової будівлі.

Для економічно ефективного процесу проектування та техніко-економічної оптимізації системи пального фундаменту необхідне реалістичне числове моделювання взаємодії системи «основа – фундамент – надземні конструкції». На основі нормативно обраного чи експериментального дослідження ґрунтового масиву, результатів випробування паль на будівельному майданчику та якісного проектування з використанням методу скінченних елементів можна закладати складні фундаментні системи для висотних будівель. Обраний метод моделювання ґрунтового середовища впливає не тільки на напружено-деформований стан самих фундаментних конструкцій, а й надземних конструкцій в цілому.

Числове моделювання спільної взаємодії усіх елементів конструкцій даної системи дозволяє обрати раціональні параметри фундаментів. Достовірні результати числового моделювання системи «основа – фундамент – надземні конструкції» можуть бути отримані завдяки виконаній попередній «ідентифікації параметрів» моделі ґрунтової основи[14].

Важливою складовою системи «основа – фундамент – надземні конструкції» є каркас будинку, врахування якого є необхідним для коректного числового моделювання, щоб отримати наближений до реальності напружено-деформований стан фундаментів та основи. Тобто є необхідність враховувати жорсткість надземних конструкцій.

Отже, ефективність системи «основа – фундамент – надземні конструкції» забезпечується правильним розрахунком та формуванням скінчено-елементної моделі, яка складається із ґрунтового середовища, фундаментів та надземних конструкцій, що володіють певною жорсткістю і можуть сприймати навантаження.

2.2 Застосування методу скінченних елементів при проєктуванні палевих фундаментів

Метод скінченних елементів (МСЕ) один з найбільш ефективних методів прогнозування оптимальної роботи будівельних конструкцій та фундаментів. Даний метод також дуже активно застосовується для вирішення широкого кола задач в різних галузях науки і техніки.

Цей метод враховує всі складові елементи системи «основа – фундаменти – надземні конструкції». Широке застосування комп'ютерної техніки та інтенсивний розвиток механіки ґрунтів, яка значно впливає на економічність проєктування та максимально швидко та ефективно моделювати фундаментні конструкції.

Суть МСЕ полягає в апроксимації суцільного середовища з нескінченно великим числом ступенів свобод сукупністю елементів, що мають скінченне число ступенів вільності. Між цими елементами встановлюється взаємозв'язок. Невідомими МСЕ є можливі і незалежні переміщення вузлів СЕМ. Для досягнення прийнятної точності результатів розрахунків за МСЕ доводиться зменшувати розміри скінченних елементів, збільшуючи цим самим точність апроксимації геометричних характеристик і функцій переміщень в межах скінченного елементу[13].

Метод скінченних елементів заснований на представленні цілого об'єкта у вигляді сукупності окремих скінченних елементів, що взаємодіють між собою в кінцевому числі точок, які прийнято називати вузлами.

Розрахунок будівельних конструкцій з використанням методу скінченних елементів представляє собою набір пружних систем у вигляді комплексу елементів з кінцевим числом ступенів свобод, які з'єднуються між собою у конкретних вузлових точках.

Метод скінченних елементів є основним інструментом розрахунку та моделювання елементів конструкції будівлі і полягає в заміні звичних конструкцій на скінченні елементи. За таким принципом розроблені найбільш популярні програмні комплекси для розрахунку роботи різних будівельних конструкцій, серед них Autodesk Revit, Plaxis 3D, ЛІРА-САПР, що дозволяє автоматично створювати будь яку конструкцію як скінченний елемент (рисунк 2.2).

При проєктуванні фундаментних конструкцій, а саме пальових фундаментів використання саме методу скінченних елементів є найбільш доцільним. Скінченно-елементна модель пальового фундаменту – це числова просторова модель, яка використовується в програмних комплексах для аналізу напружено-деформованого стану системи «грунтовий масив – пальовий фундамент – наземні конструкції».

Проте при використанні будь якого числового методу для прогнозування роботи фундаментних конструкцій виникає комплекс питань, що пов'язаний з вибором розрахункової схеми і визначенням параметрів моделі.

Для оцінки та оптимізації існуючих конструктивних рішень багатоповерхових будівель необхідні:

- розмір масиву ґрунту;
- форма масиву в плані;
- визначення деформативних та жорсткісних характеристик ґрунтів;
- характер складу ґрунтів, нашарування;
- глибина закладання фундаменту[15].

В області будівництва багатоповерхових будівель при значних навантаженнях по підшві фундаментів і заляганні в основах нескальних ґрунтів, як правило, використовуються плитні фундаменти для пониження деформацій і

виконання правил нормативних документів [8,9] по вимогах гранично допустимих осідань.

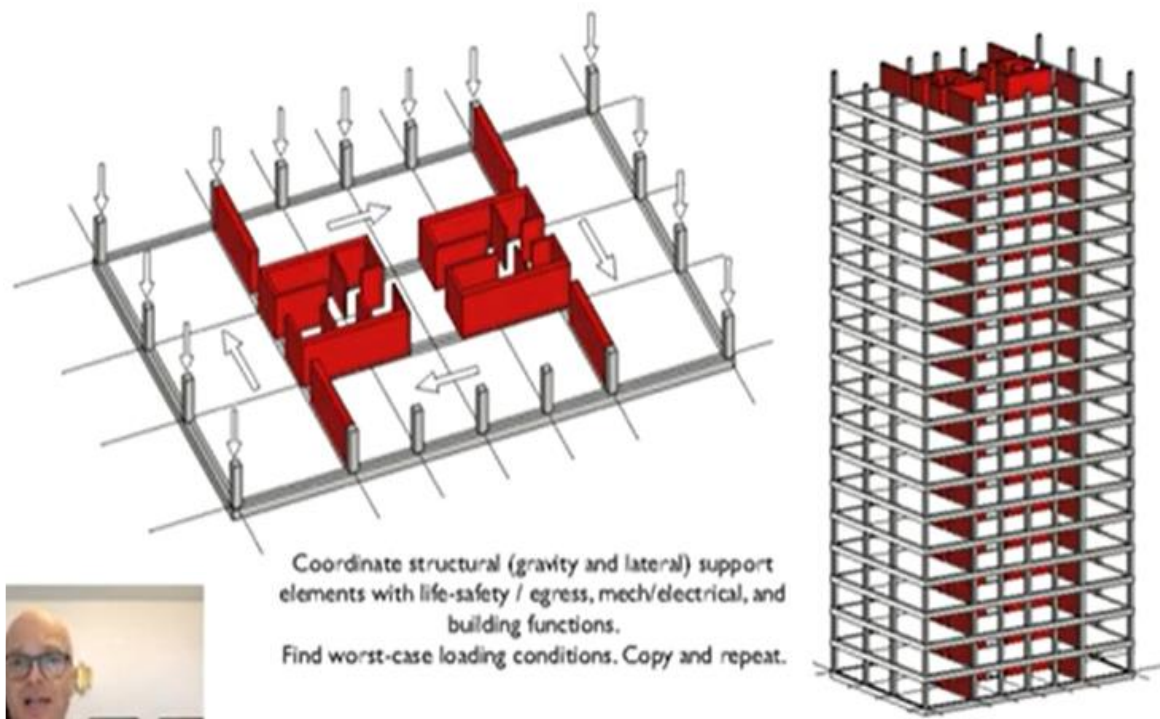


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення моделювання скінченних елементів конструкції будівлі

В сучасному проектуванні та числовому моделюванні застосовують такі типи скінченних елементів:

- палі та ростверк, які моделюються об'ємними скінченними елементами або спеціальними елементами, що враховують їхню жорсткість.
- ґрунтовий масив, що визначається об'ємними елементами, які можуть враховувати фізичну нелінійність ґрунтової основи.
- надземні конструкції, в переважній більшості моделюються прямокутними скінченними елементами оболонки, що передають навантаження на фундамент.

Скінченно-елементна модель дозволяє проводити розрахунки на осідання, несучу здатність, стійкість, а також аналізувати поведінку фундаменту під статичними, динамічними та сейсмічними навантаженнями.

Основні переваги використання СЕМ для проектування палевих фундаментів:

- Висока точність: дозволяє враховувати складну геометрію, неоднорідність ґрунтових умов та нелінійну поведінку матеріалів, що важко зробити аналітичними методами.
- Комплексний підхід: враховує сумісну роботу всіх елементів системи «основа – фундамент – споруда».
- Візуалізація: Надає детальну картину розподілу напружень та деформацій у всій системі.

2.3 Моделювання пальового фундаменту методом скінченних елементів

Пальовий фундамент - один з найбільш поширених видів основ висотних житлових будинків, тому спільна робота та числове моделювання взаємодії паль з ґрунтовою основою вимагає детального вивчення. Палі в порівнянні з фундаментами мілкого закладання мають резерви суттєвого зниження матеріалоємності і підвищення продуктивності праці за рахунок подальшого удосконалення їх конструкції, моделей розрахунку, технологій виробництва робіт [16].

Пальові фундаменти представляють собою групу паль, які розміщені під частинами будинку, що несуть навантаження і об'єднані ростверком у вигляді окремих стрічок або однієї суцільної плити. Основним завданням проектувальників є визначення взаємодії фундаментів з ґрунтовою основою, що в свою чергу буде залежати від розмірів ростверку та співвідношення розмірів будинку у плані та довжини паль в складі фундаменту.

На сучасному етапі розвитку будівництва, палі відрізняються як за способом взаємодії з ґрунтом, так і за технологією виготовлення. В будівництві висотних

житлових будинків широкого використання набули палі, що формуються в ґрунті безпосередньо на будівельному майданчику, так як такий метод дозволяє заощадити матеріальні, трудові, транспортні ресурси та скоротити термін влаштування таких конструкцій. Серед таких паль слід виділити ґрунтоцементні, буроін'єкційні (CFA), буронабивні та палі-РІТ (рисунок 2.3).

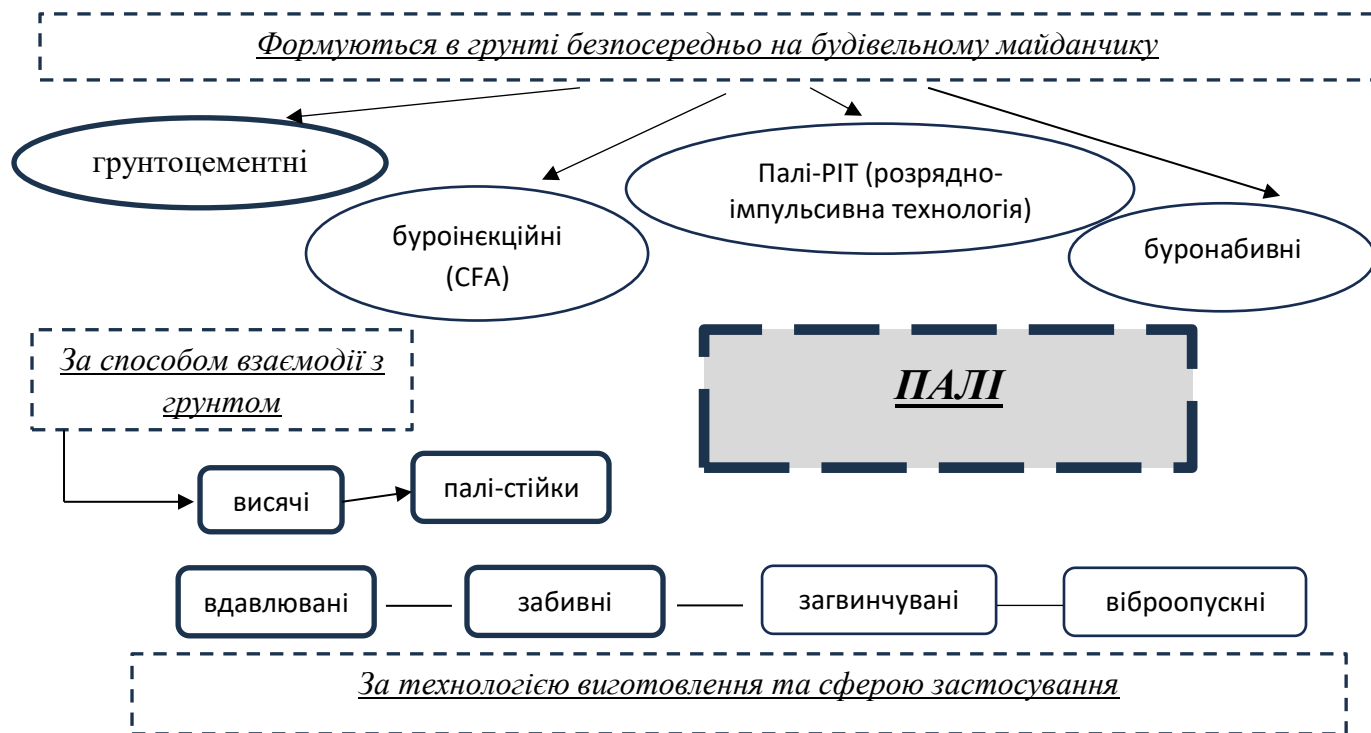


Рисунок 2.3 – Основні види та класифікація палей

Буроін'єкційні палі (CFA - Continuous Flight Auger) – це сучасна технологія створення палевих фундаментів, де сама паля формується безпосередньо в пробуреній свердловині. Основна особливість – використання порожнистого шнека, через який під тиском подається бетонна суміш, одночасно ущільнюючи ґрунт навколо стінок свердловини. Цей метод дозволяє створювати палі в різних типах ґрунтів, є тихим і вібраційно-безпечним, що робить його придатним для міської забудови.

Серед найбільш поширених видів палей, що формуються на будівельному майданчику є бурові палі, що відрізняються своєю економічністю влаштування та зручністю технології виготовлення безпосередньо на будівельному майданчику.

Залежно від конкретних інженерно-геологічних умов, технологія виготовлення бетонних бурових паль може вимагати додаткових заходів. Зокрема, у нестійких ґрунтах, які не здатні самотійно утримувати стінки свердловини, застосовують обсадні труби. Проте, оскільки труби не гарантують повного захисту від прориву рухливих ґрунтів, необхідним стає використання технології буріння під захистом циркулюючого глинистого розчину. Цей розчин одночасно видаляє зруйнований ґрунт і стабілізує стінки. Зазначені ускладнення технологічного процесу призводять до зростання витрат часу та коштів.

Розвиток бурозмішувального методу цементації ґрунтів призвів до появи нового типу фундаментних елементів — ґрунтоцементних бурових паль. Ці палі поєднують переваги традиційних бурових паль, але ключовою їхньою відмінністю є повне усунення проблеми забезпечення стійкості стінок свердловини незалежно від інженерно-геологічних умов на будівельному майданчику.

Технологія виготовлення полягає в тому, що спеціальна бурозмішувальна установка за допомогою долота-бурозмішувача одночасно розпушує ґрунт, нагнітає в нього водоцементну суспензію та ретельно перемішує компоненти до утворення однорідної ґрунтоцементної суміші [17].

Моделювання пального фундаменту методом скінченних елементів є потужним інструментом сучасного геотехнічного проектування, що забезпечує надійність та безпеку будівництва на складних ґрунтах. Так, проектування та числове моделювання фундаментних конструкцій передбачає пошук оптимальних показників несучої здатності та міцності. Варто розглядати декілька варіантів фундаментних конструкцій для обрання максимально ефективного рішення.

Розрахункова модель будівлі (рисунок 2.4), представлена в вигляді просторової системи, найбільш повно відображає особливості роботи просторового каркасу будівлі. При побудові моделі використовувались стандартні

типи скінченних елементів, а саме універсальний стержень, трикутний, чотирикутний та прямокутний елементи оболонки.

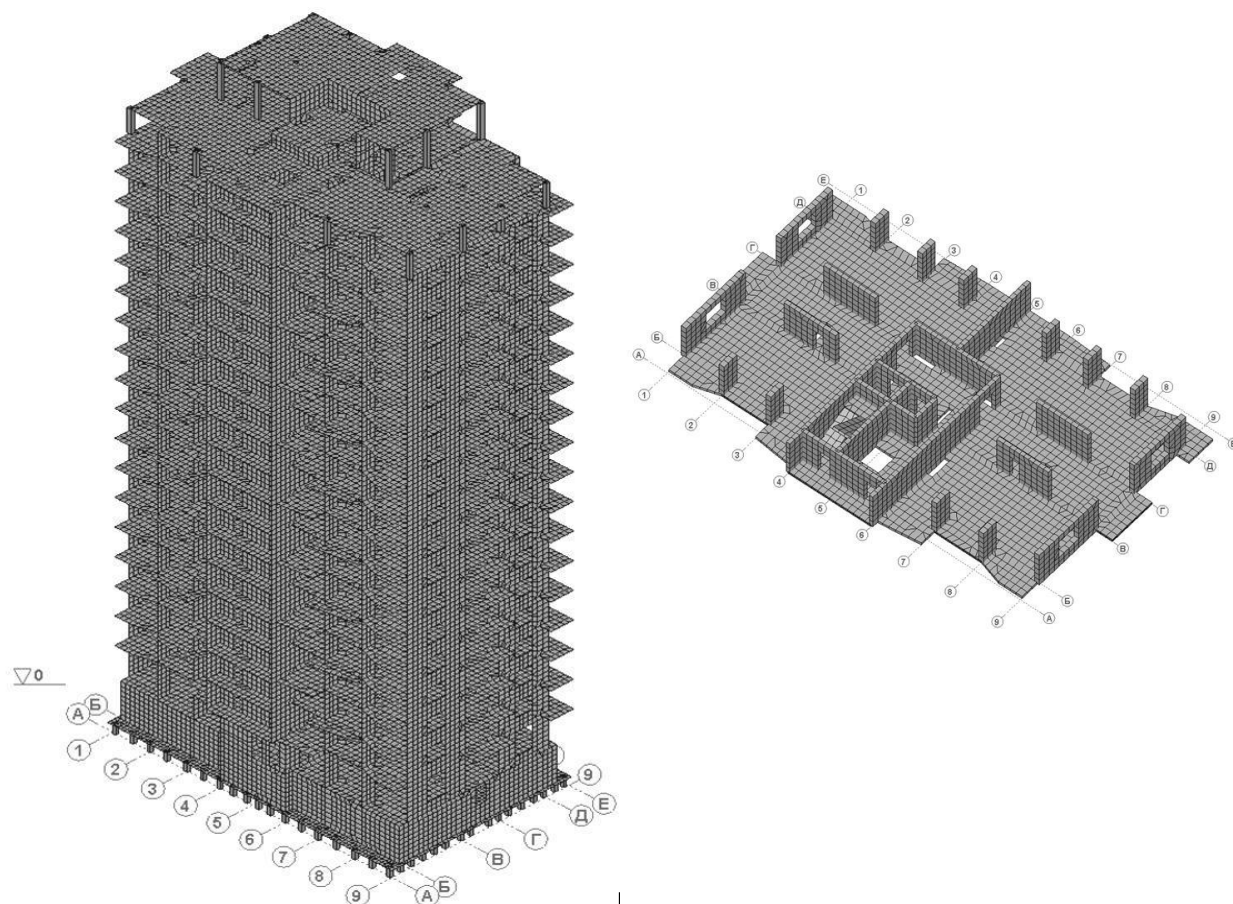


Рисунок 2.4 – Розрахункова модель будівлі та типового поверху за методом скінченних елементів

Числове моделювання пальового фундаменту проводиться за допомогою стержневих елементів з врахуванням об'ємної ваги матеріалу елементів розрахункової моделі, модуля пружності та коефіцієнта Пуассона.

Розрахунки проводилися за допомогою програмних комплексів «Мономах - САПР 2019» та «ЛІРА САПР 2019» з метою використання системи «ґрунтова основа-фундамент-надземна частина будівлі». Для розрахунків використовувалась лінійно-деформована модель об'ємного багатшорового масиву ґрунту. Результати числового моделювання за допомогою методу скінченних елементів представлені у наступних розділах магістерської кваліфікаційної роботи.

В рамках наукового дослідження було виконано пошук раціональних параметрів фундаментних конструкцій будівлі за допомогою числового моделювання спільної роботи елементів системи «грунтова основа-фундамент-будівля». Дослідження було виконано на прикладі дванадцяти поверхового каркасного будинку. Виконано дослідження впливу параметрів пальового фундаменту на напружено-деформований стан фундаментних конструкцій та несучих елементів каркасу будинку, а саме розглянуто вплив розташування паль в плані, досліджено процес перерозподілу зусиль в палях в залежності від кількості та розташування паль в межах контуру будинку, виконано оцінку деформацій. Встановлено, що характер напружено-деформованого стану фундаментів суттєво залежить від жорсткості надземної частини будинку та розташування несучих конструкцій в плані.

Висновки за розділом 2

Система «грунтова основа-фундамент-будівля» має величезний спектр можливостей та уточнень щодо роботи усіх конструкцій разом. Проте, задля спрощення моделювання та полегшення розрахунків в програмних комплексах використовують не усю модель будівлі, а лише перший поверх. Решту задають у вигляді еквівалентного навантаження.

Числове моделювання будівлі із врахуванням жорсткості надземних конструкцій є вагомим фактором для розрахунку плитного фундаменту. Результати на усіх етапах експерименту мають бути обов'язково зафіксовані та проаналізовані. Узагальнюючи вивчений матеріал слід наголосити на важливості числового моделювання несучих конструкцій перед початком будівництва. З цією метою сучасні проектувальники використовують комп'ютерні програми та комплекси.

Проектування палевого фундаменту слід моделювати за допомогою методу скінченних елементів, враховуючи природні параметри ґрунту при розрахунках.

РОЗДІЛ 3. ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТИЛОВОЇ БУДІВЛІ

3.1. Напружено-деформований стан в реальних ґрунтових умовах

Відповідно до завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, де передбачалось дослідження щодо зміни напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій для висотної житлової будівлі, проведено числове моделювання пальового фундаменту у звичайному ґрунтовому середовищі у природному стані.

Розрахунки проводилися за допомогою програмних комплексів «Мономах - САПР 2019» та «ЛІРА САПР 2019» з метою використання системи «ґрунтова основа-фундамент-надземна частина будівлі». Для розрахунків використовувалась лінійно-деформована модель об'ємного багаташорового масиву ґрунту.

Параметри ґрунту при розрахунках:

- E – модуль деформацій;
- γ - питома вага ґрунту;
- ν - коефіцієнт Пуассона.

Габарити ґрунтового масиву були підібрані дослідним методом, при якому подальше збільшення не впливало на розрахунки.

Техніко-економічні показники першого варіанту:

Загальна вартість влаштування паль: 3 275 000 грн

Вартість ростверку: 3 237 675 грн

Сума на влаштування пальового фундаменту: 6 512 675 грн

За допомогою програмних комплексів сформовано скінченно-елементну модель випробовування пальового фундаменту, з урахуванням необхідних параметрів для розрахунку.

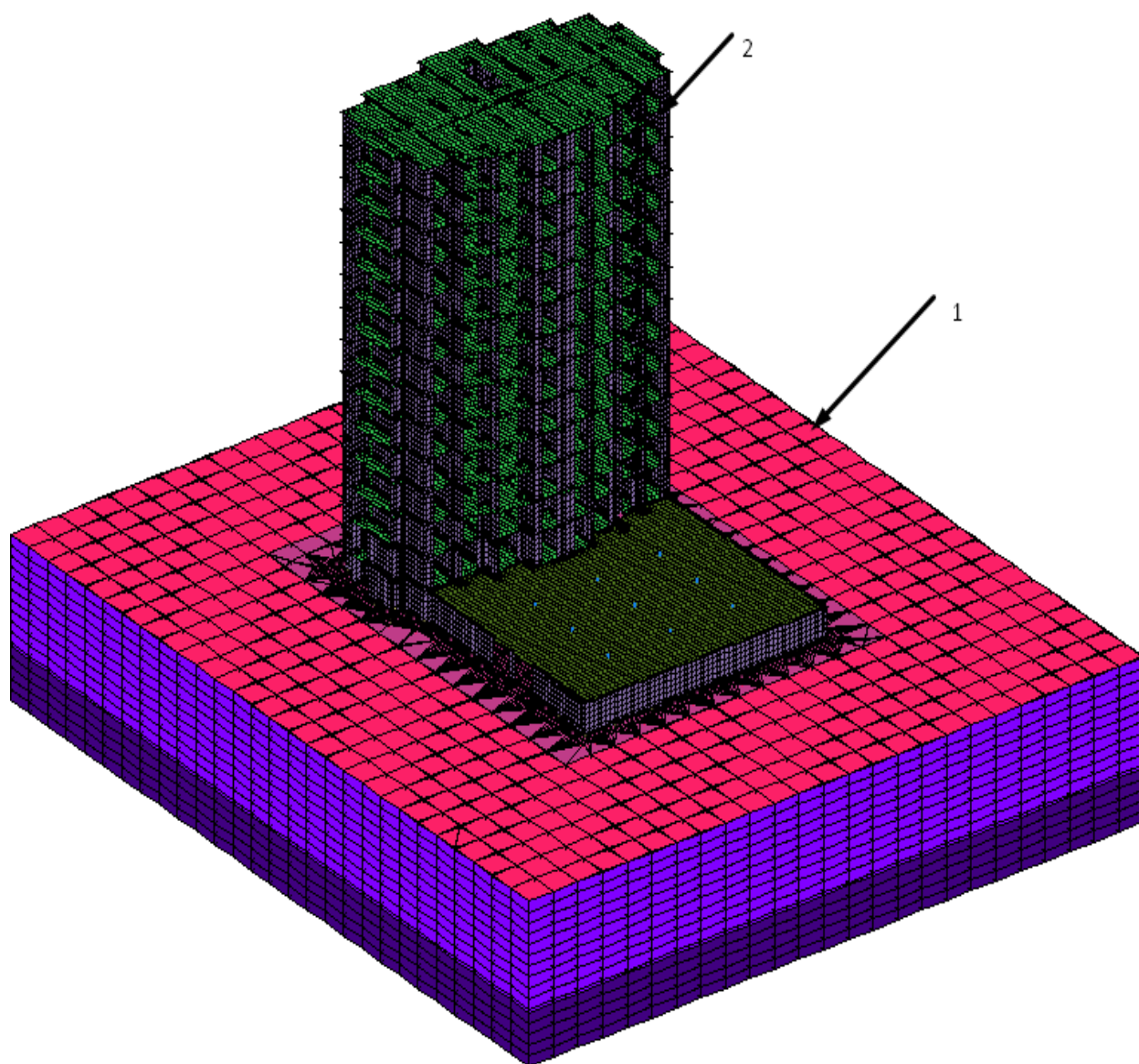


Рисунок 3.1 - Скінченно-елементна модель випробовування пальового фундаменту в програмному комплексі «ЛПРА-САПР 2019»

1 - багатошарова ґрунтова основа, 2 - надземна частина будинку

Після задання необхідних параметрів в вище зазначених програмних комплексах була отримана скінченно-елементна модель «ґрунтова основа-фундамент-надземні конструкції», зображена на рисунку 3.1, де:

Габаритні розміри ґрунтового масиву: 84,9 x 75,4 м, товщиною $H=15,4$ м

Після розрахунку задачі проводимо аналіз отриманих результатів, а саме:

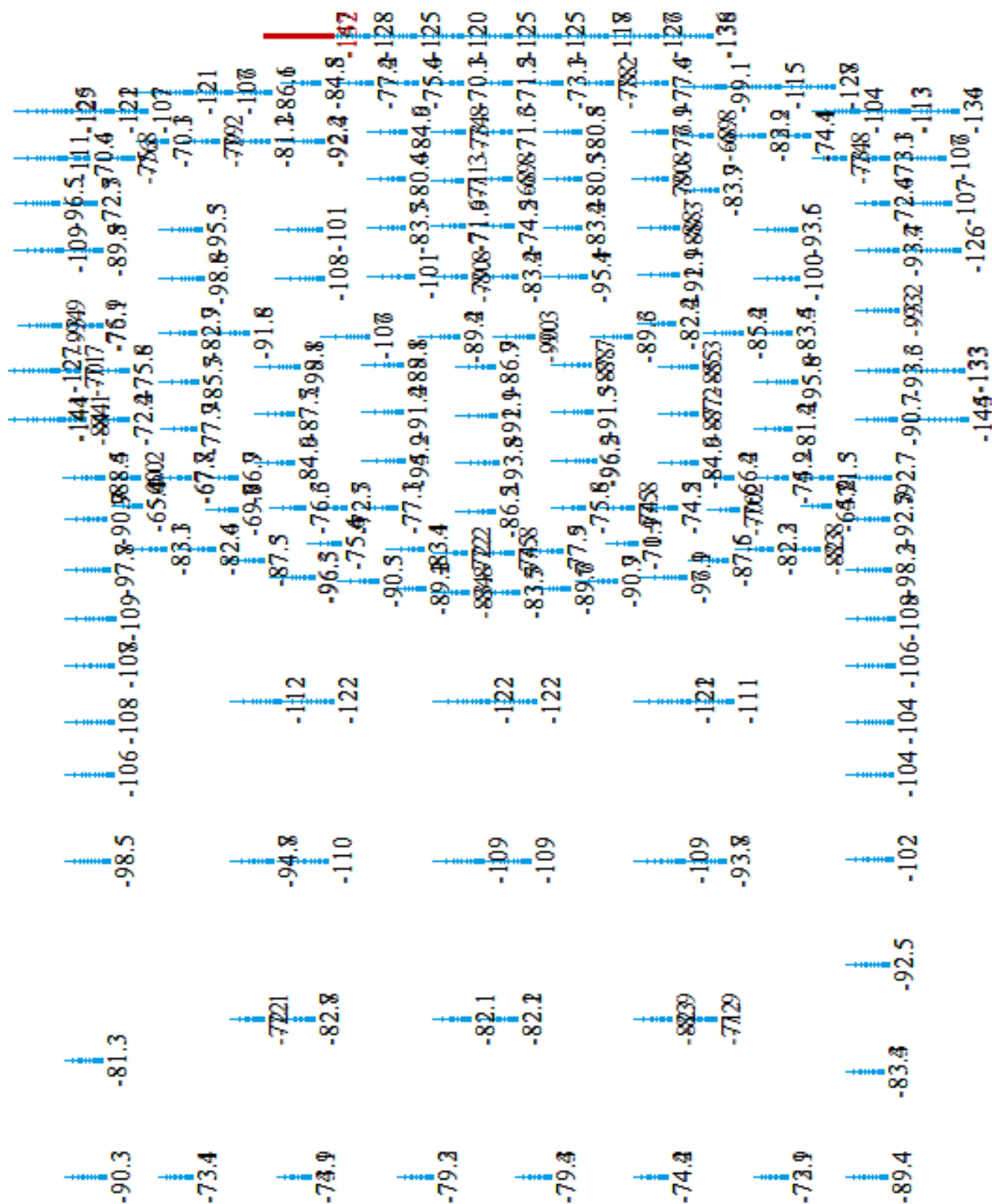


Рисунок 3.2 - Повздовжні зусилля в палях

Зусилля N, які виникають в палях зображені на рисунку 3.2. Найбільше значення, яке приходить на палю = 125т.

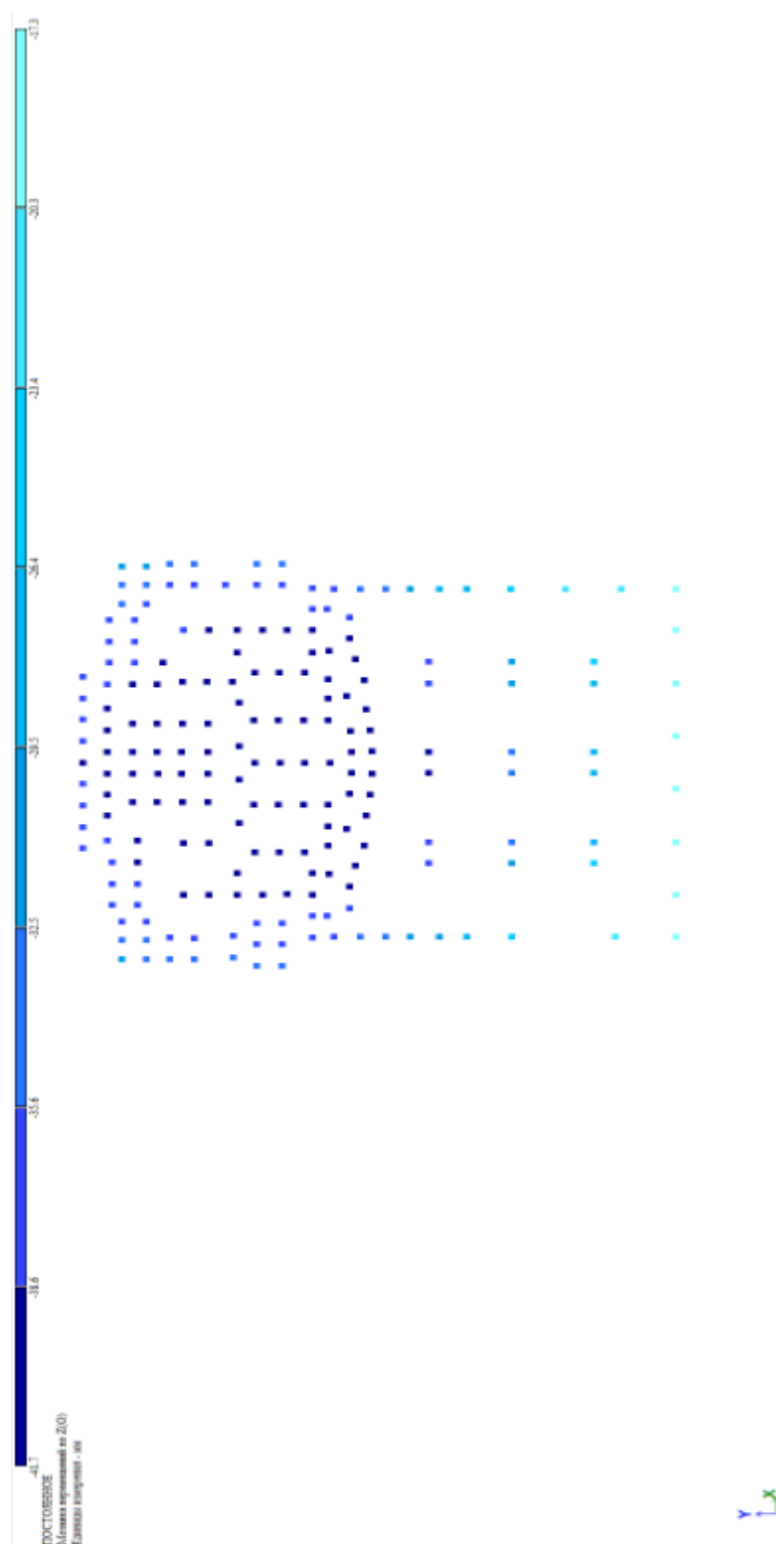


Рисунок 3.3 – Переміщення по осі Z

Мозаїка осідання запроєктованих паль зображена на рисунку 3.3.

На основі цих результатів і розрахунків несучої здатності палі - бачимо, що кількість паль та їх місце розташування достатня.

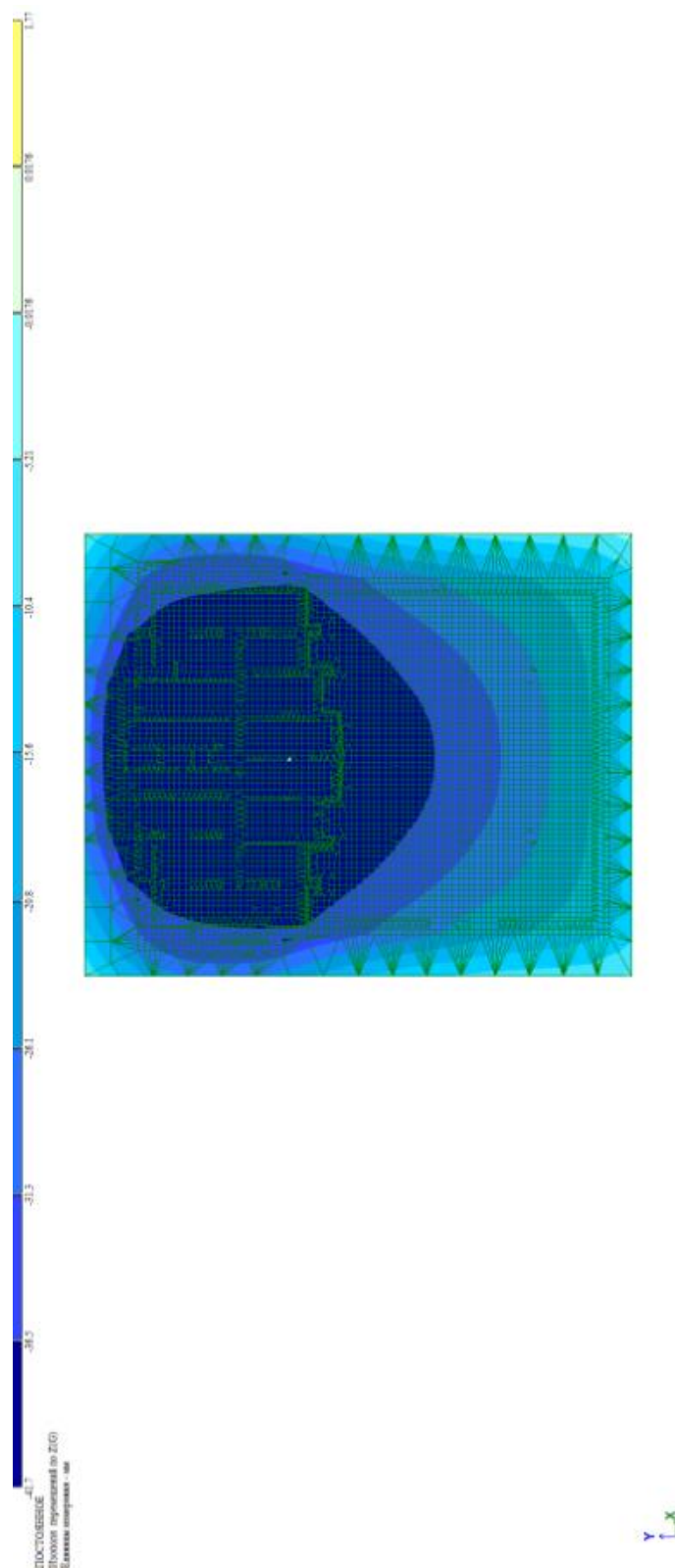


Рисунок 3.4 – Ізополя осідання ростверку

Серед ізополів ростверку (рисунок 3.4) визначаємо значення осідання. Найбільше осідання знаходиться в зоні висотної частини і дорівнює 41,7 мм, в напрямку паркінгу значення осідання спадає і складає 5,21мм.

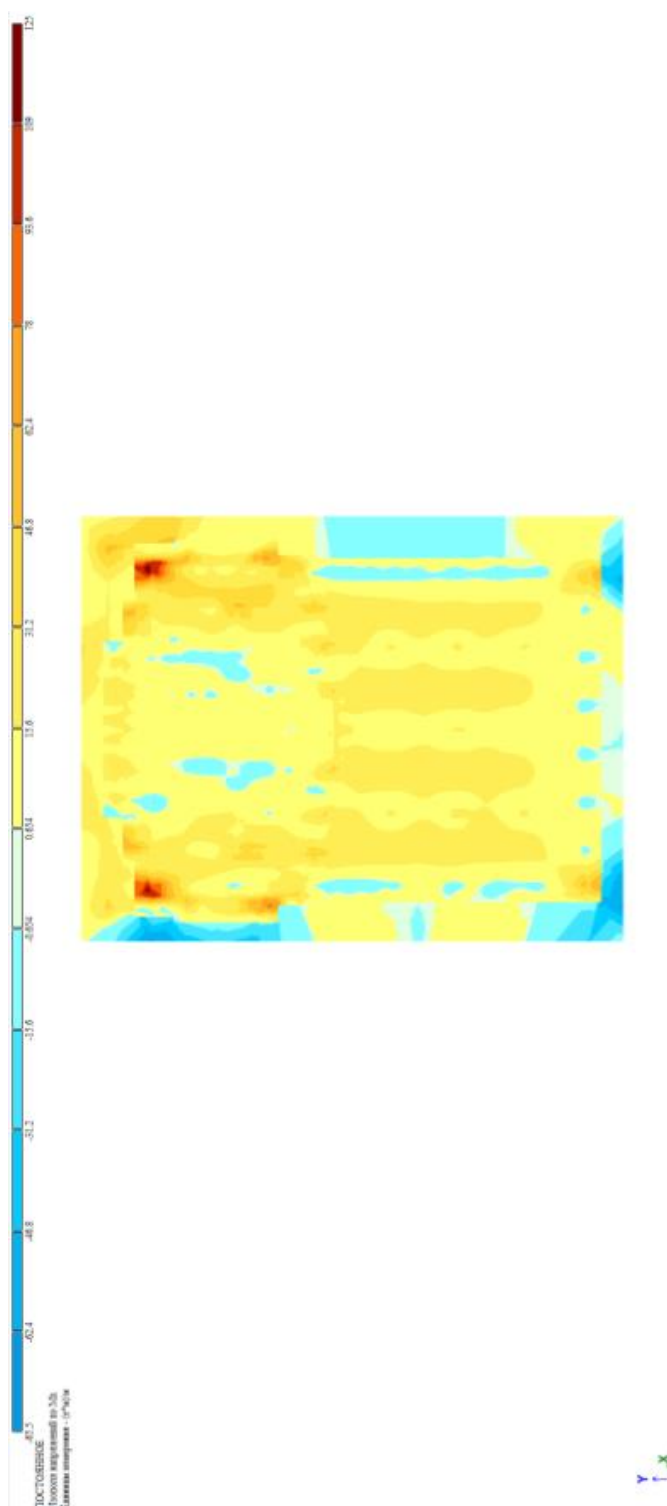


Рисунок 3.5 – Изополя M_x

По изополям згинальних моментів M_x (рисунок 3.5) видно, що найбільше значення (125 т*м/м) приходить в крайні кути висотної частини будівлі

і зменшується в напрямку центральної частини. В зоні паркінгу значення згинальних моментів не перевищує $46,8 \text{ т*м/м}$.

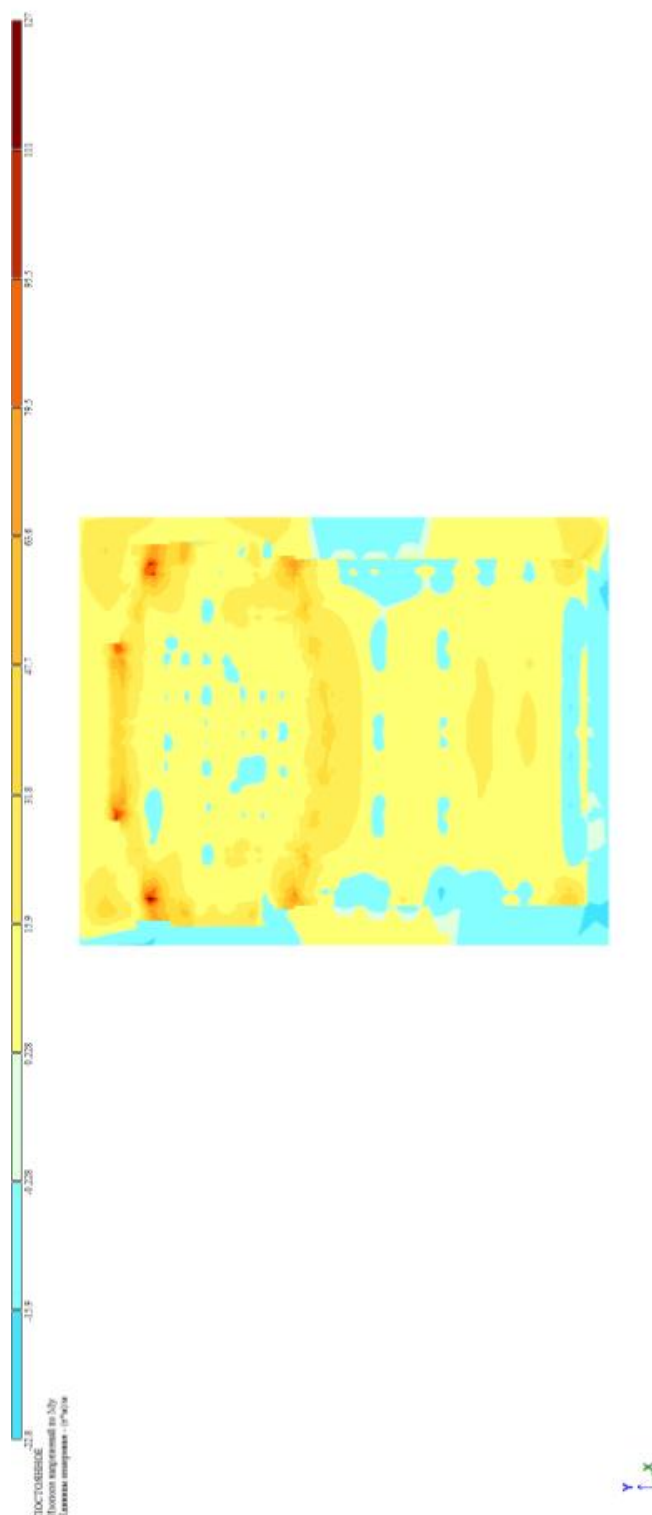


Рисунок 3.6 – Ізополя згинальних моментів M_y

Ізополя згинальних моментів M_y мають той же характер розповсюдження значень моментів, як і згинальні моменти M_x .

Максимальне значення $M_y = 127 \text{ т*м/м}$ і зменшується до $22,8 \text{ т*м/м}$

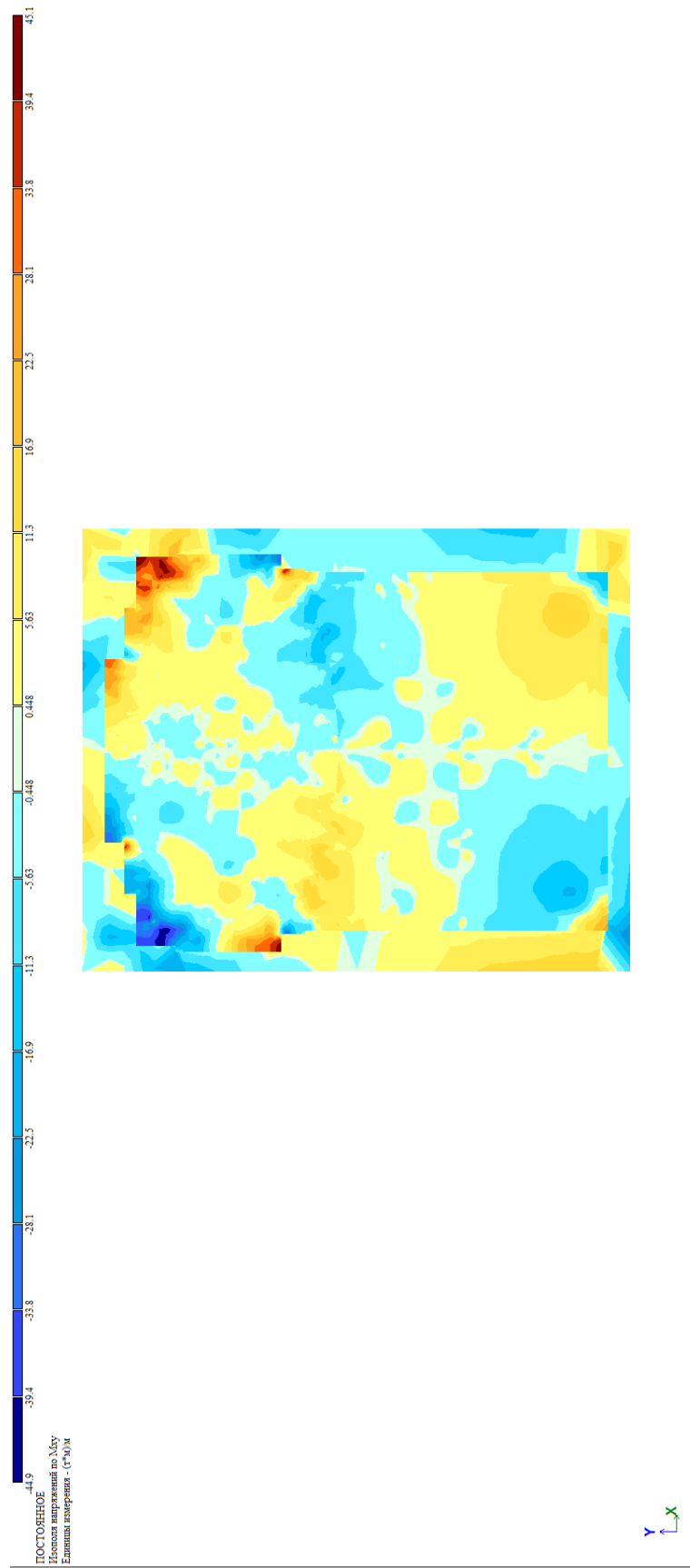


Рисунок – 3.7 - Изополя згинальних моментів M_{xy}

3.2 Напружено-деформований стан при влаштуванні ґрунто-цементних елементів

З метою проведення варіантного аналізу та подальшого розрахунку в скінченно-елементну модель «ґрунтова основа-фундамент-будівля» були внесені необхідні зміни, а саме: - пальовий фундамент був замінений на фундаментну плиту; - під будівлю, що проектується були виконані ґрунто-цементні елементи (під висотну частину на глибину 8,5 м, під паркінг – 6 м).

Для подальшого розрахунку і наступного порівняння були внесені необхідні зміни в скінченно-елементну модель «ґрунтова основа-фундамент-надземні конструкції» в програмному комплексі «ЛІРА САПР 2019», а саме:

- Пальовий фундамент був замінений на фундаментну плиту;
- Під запроєктовану будівлю були виконані ґрунто-цементні елементи (під висотну частину на глибину 8,5 м, під паркінг – 6 м).

Параметри ґрунто-цементних елементів при розрахунках:

- $E = 40 \text{ МПа}$ – модуль деформацій;
- $\nu = 0,2$ - коефіцієнт Пуассона.

Техніко-економічні показники другого варіанту:

Вартість фундаментної плити: 3 237 675 грн

Витрати на влаштування ґрунто-цементних елементів: 2 396 303 грн

Загальні витрати на влаштування фундаменту з закріпленням ґрунту: 5 633 978 грн.

Аналіз отриманих значень показав, що використання моделі лінійно-деформованого середовища при побудові скінченно-елементної моделі призводить до зниження результатів осідань паль.

По ізополям осідання, рисунок 3.8, ми бачимо, що з'являється крен будівлі в висотній частині, та зростання величини осідання до 108 мм.

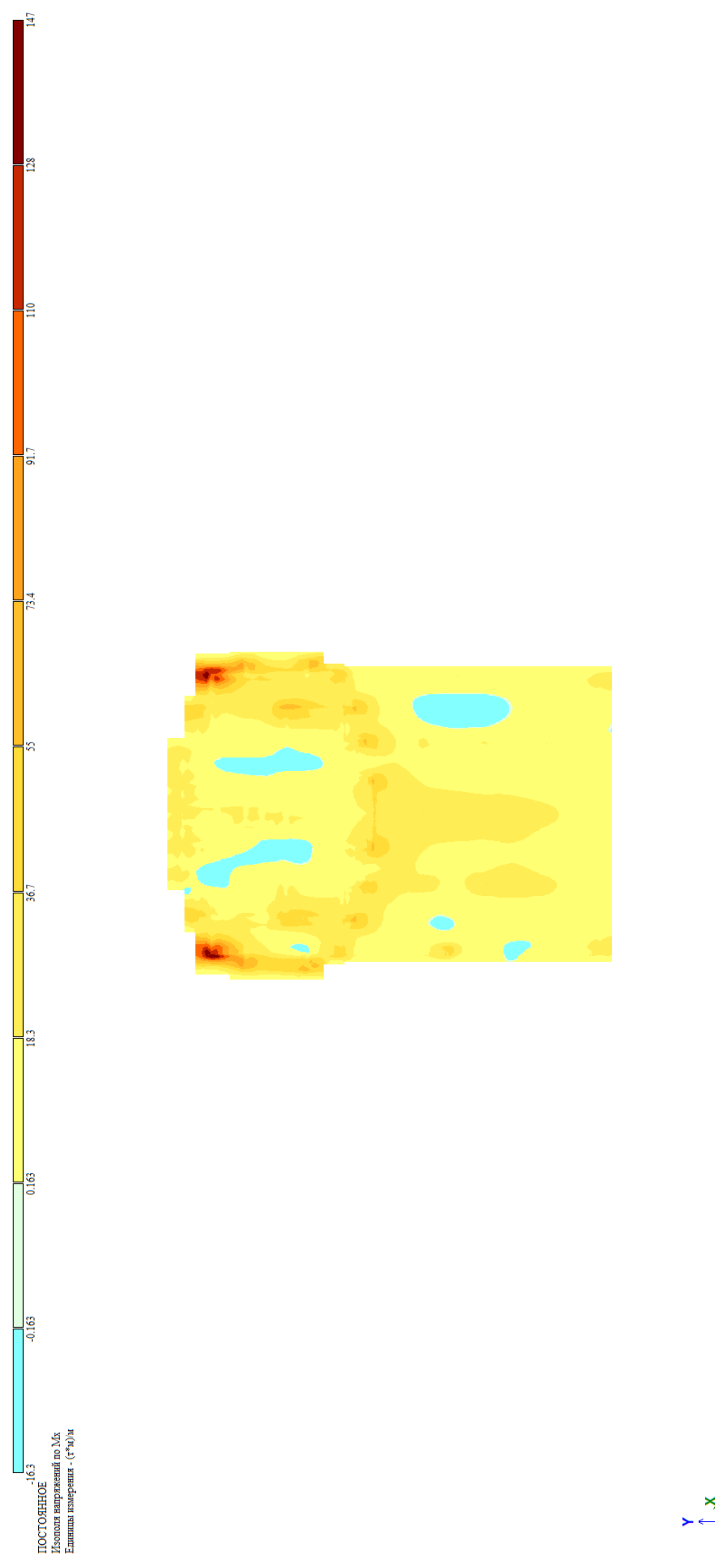


Рисунок 3.9 – Ізополя згинальних моментів M_x

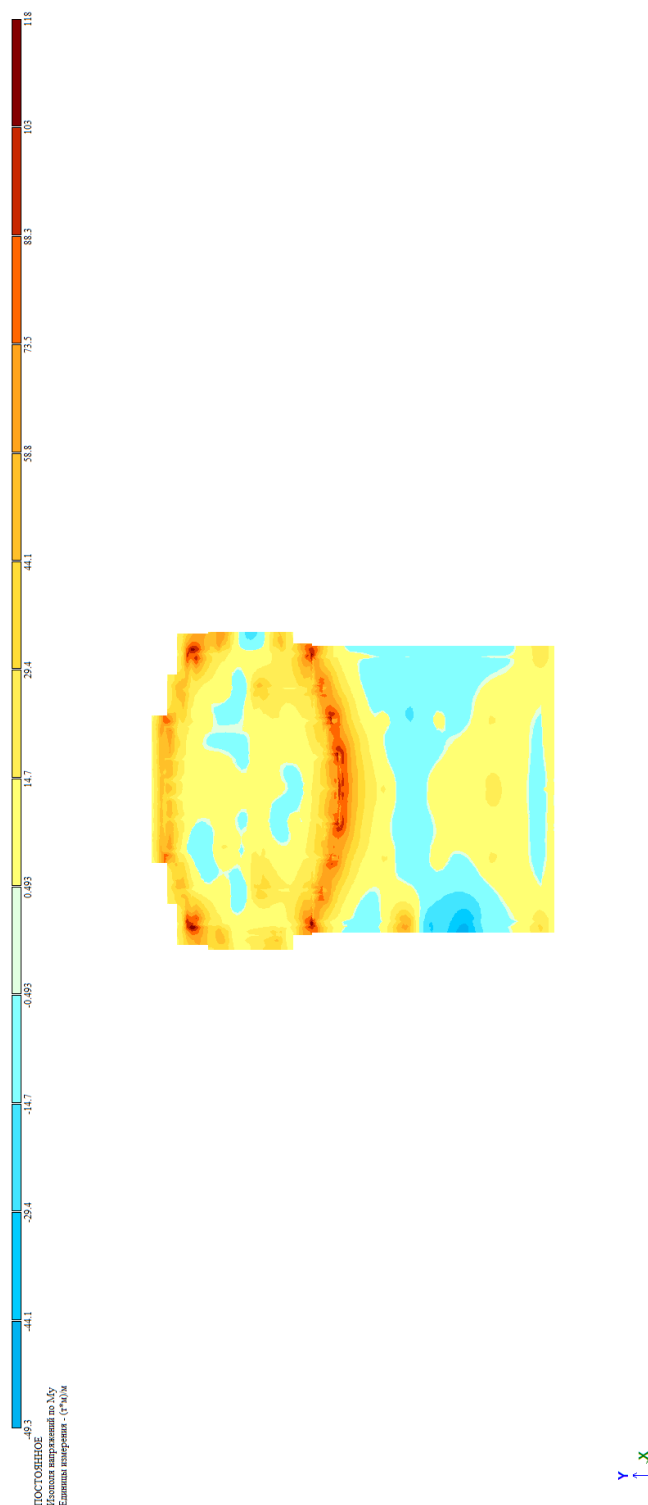


Рисунок 3.10 – Ізополя згинальних моментів M_y

Зони пікових значень згинальних моментів M_x та M_y та характер їх розповсюдження не змінюється в порівнянні з першим варіантом. Максимальні значення складають: $M_x = 147 \text{ т*м/м}$; $M_y = 118 \text{ т*м/м}$.

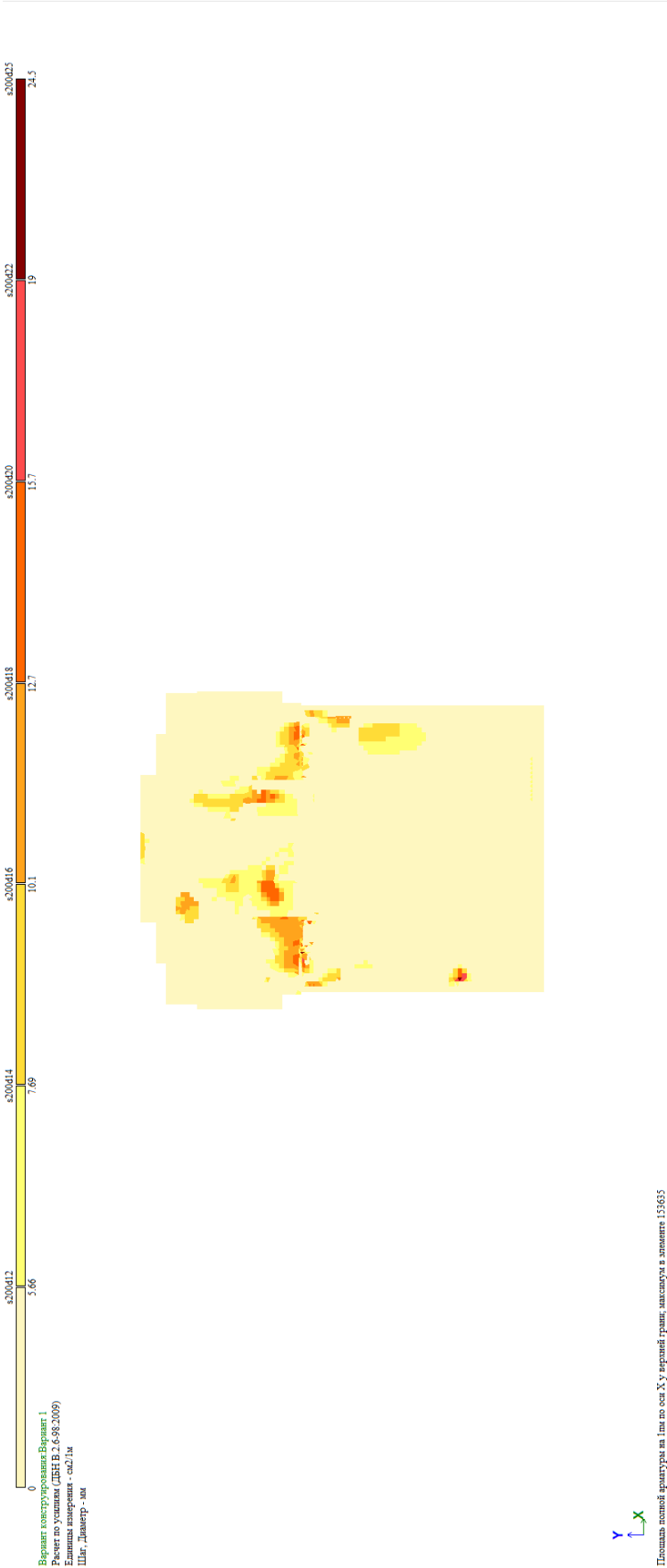


Рисунок 3.11 – Розташування поздовжньої арматури у верхньому поясі по осі X

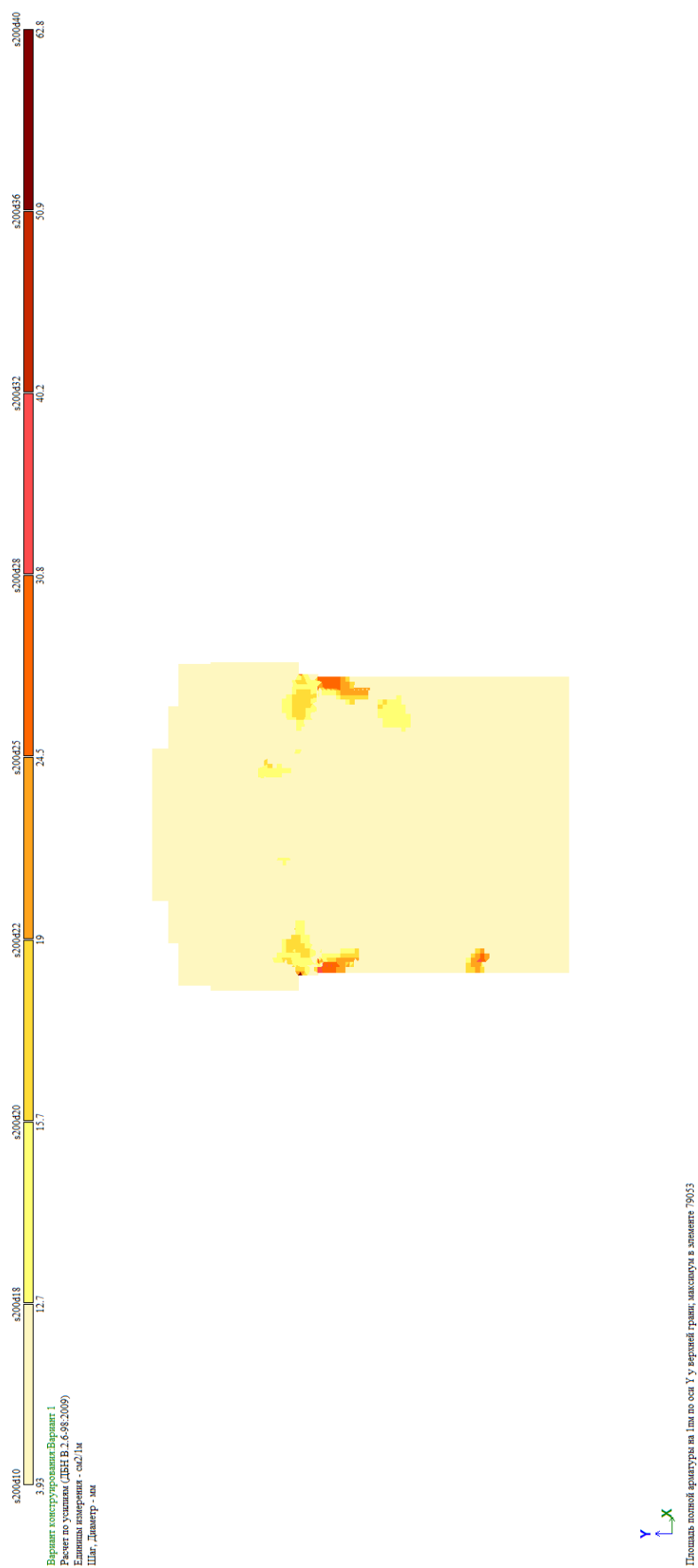


Рисунок 3.12 – Розташування поздовжньої арматури у верхньому поясі по осі Y

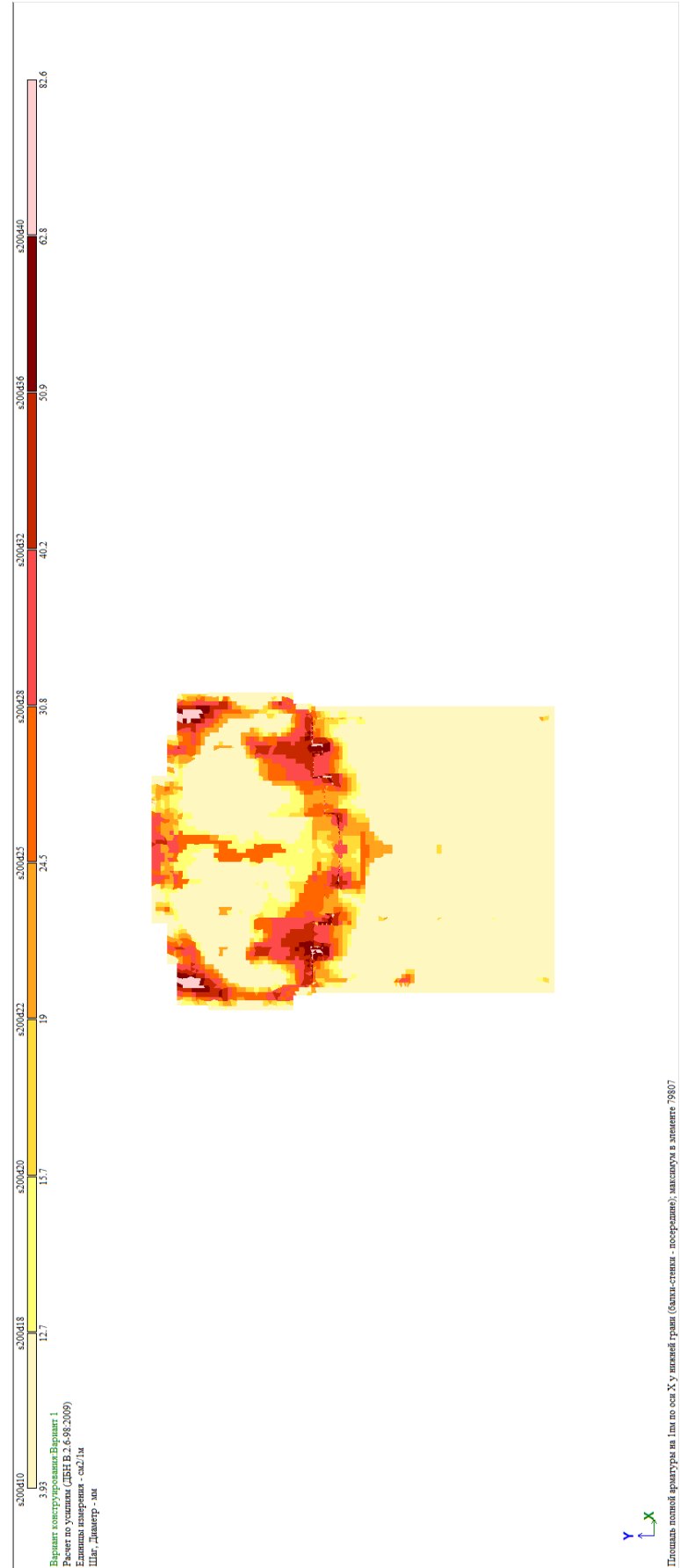


Рисунок 3.13 – Розташування поздовжньої арматури у нижньому поясі по осі X

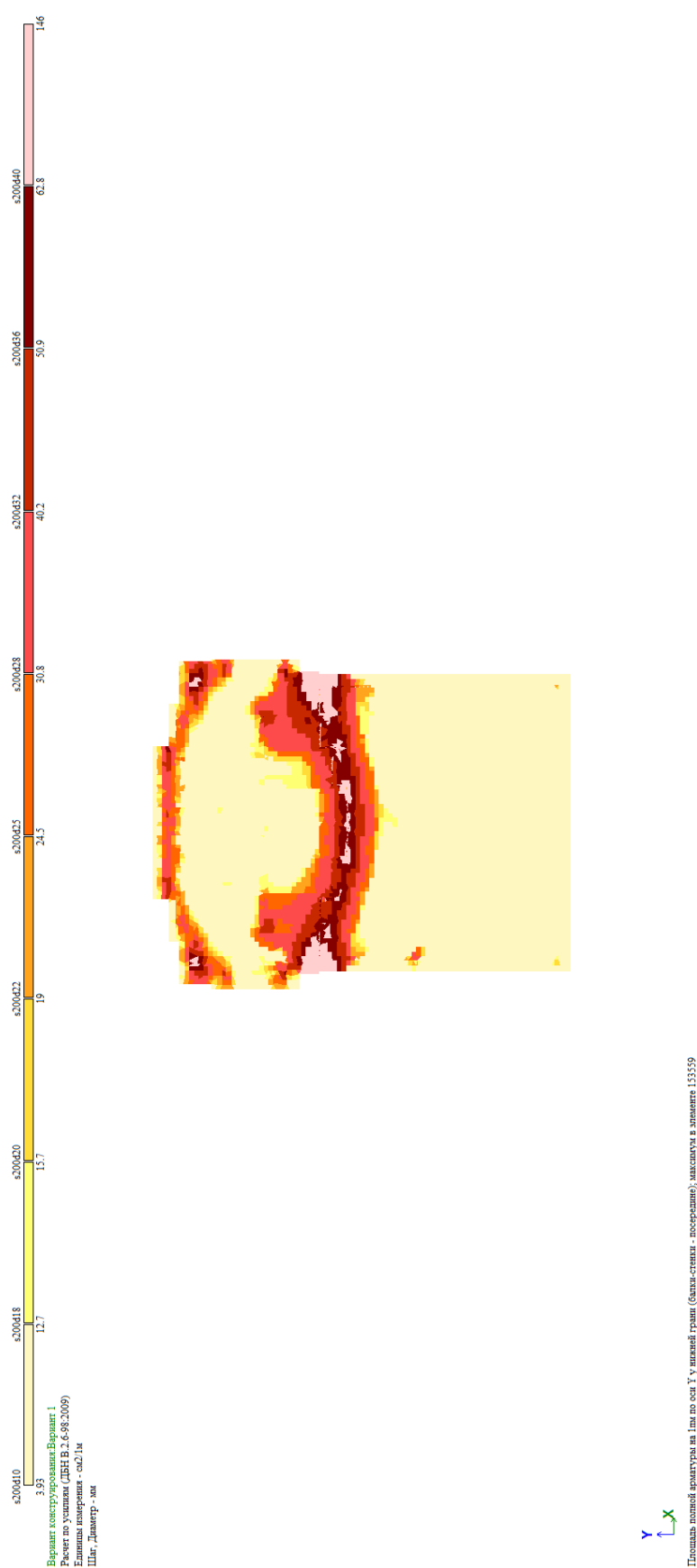


Рисунок 3.14 – Розташування поздовжньої арматури у нижньому поясі по осі Y

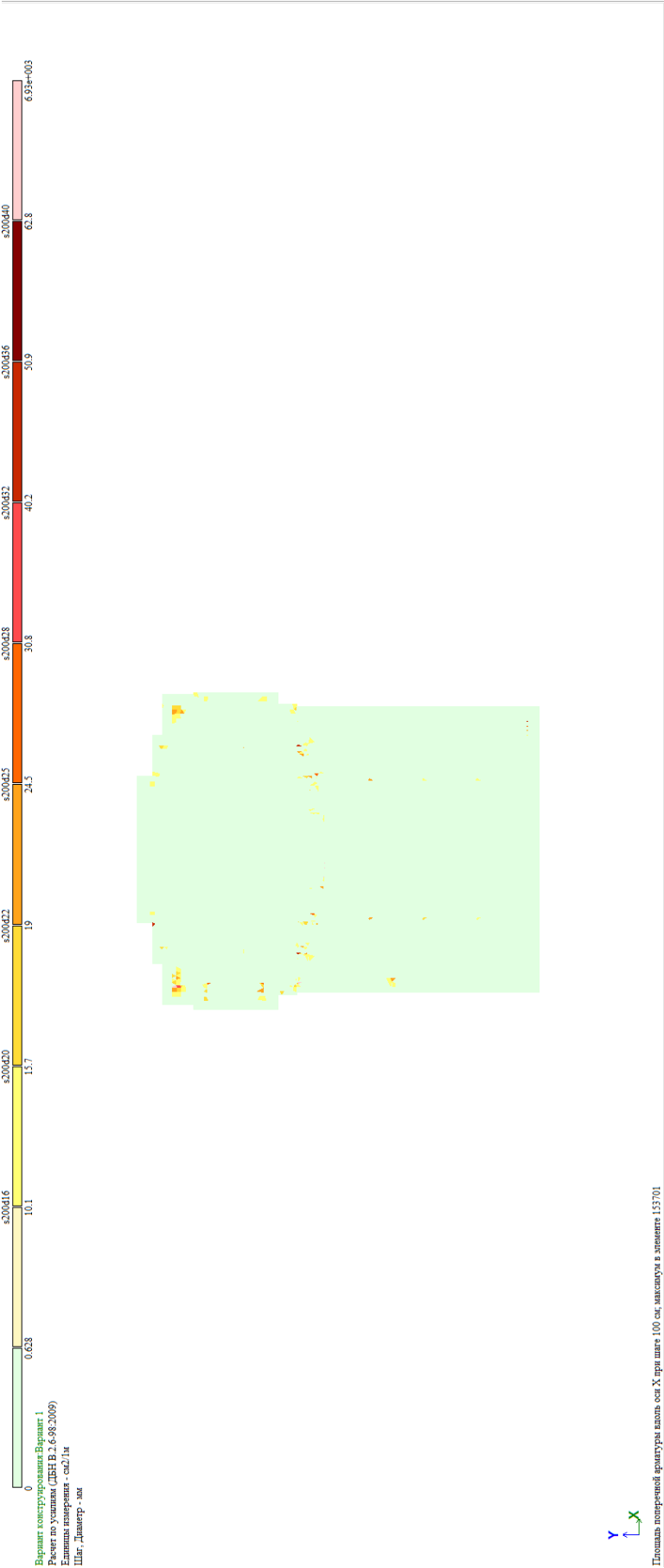


Рисунок 3.15 – Схема розташування поперечної арматури по осі X

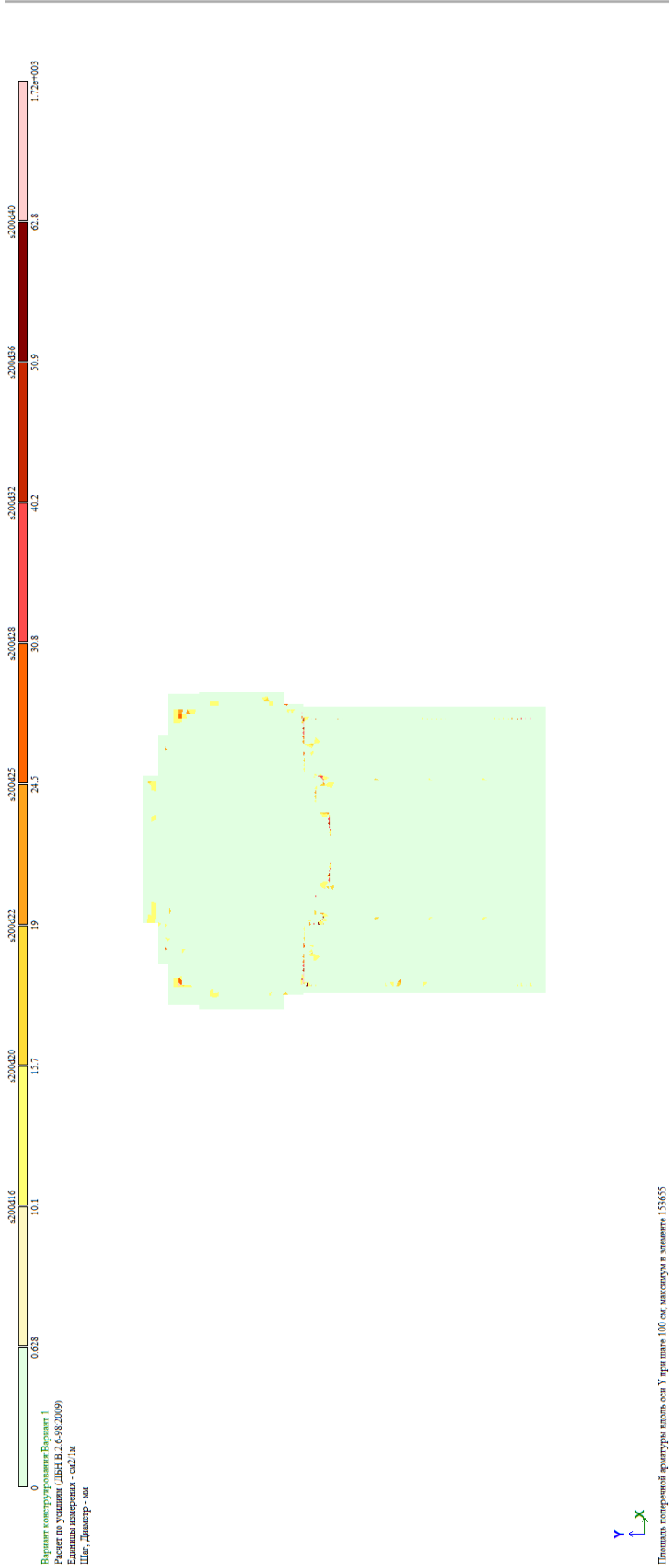


Рисунок 3.16 – Схема розташування поперечної арматури по осі Y

Для отримання результатів з армуванням в програмному комплексі «ЛПРА - САПР 2019», в процесі конструювання я задав необхідні параметри, які зображені на рисунку 3.17.

ДБН В.2.6-98:2009

Название

Арматура I типа

ПРОДОЛЬНАЯ Поперечная

Классы A500C1 d=8 A240C d=6.

Характеристики

k=ftk/fyk 1.05 1.08

Epsilon_uk, % 2.5 2.5

Продольная	A500C1 d=8..22 (МПа)
Es	210000.00
fyk	500.00
fyd	435.00
fywd	300.00

Арматурный каркас Вязанный каркас

22 1

Учет сейсмического воздействия

Козфф. из т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014 1

Козфф. при расчете наклонных сечений, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014 1

Арматура II типа

Выбрать...

Рисунок 3.17 – Параметры армування фундаментної плити

Схеми розташування верхньої, нижньої та поперечної арматури фундаментної плити зображені на рисунках 3.10 – 3.17.

В зонах збільшення навантаження (по периметру висотної частини будівлі) виконується додаткове армування.

Арматура запроектована класу A500C та A240C.

Верхня та нижня в осях X та Y розташована з кроком 200мм.

Поперечна – 100мм.

Висновки за розділом 3

В результаті проведених розрахунків було встановлено, що зміна напружено-деформованого стану фундаментів будинку за даними числового моделювання спільної роботи елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» на прикладі покращення деформаційних характеристик та показників міцності ґрунтів основи шляхом застосування бурозмішувальної технології та влаштування ґрунтоцементних елементів.

Дослідження показали, що характер напружено-деформованого стану фундаментів суттєво залежить від жорсткості надземної частини будинку та схеми розташування несучих конструкцій в плані.

Варіантний аналіз та розрахунковий підхід для пошуку раціонального варіанту фундаментних конструкцій будівлі або споруди шляхом числового моделювання взаємодії елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» для призначення потрібних параметрів ґрунтоцементних елементів (довжина, діаметр, розташування в плані), дозволив визначити оптимальний варіант фундаментної конструкції.

Другий варіант влаштування фундаментної плити виявився економнішим на 878 697 грн. Однак з'являється крен будівлі та збільшується величина осідання. Виходячи з цього остаточно був прийнятий варіант №1 – будівля на пальовому фундаменті.

Відносна різниця осідання другого варіанту складає 0,018м, що в свою чергу не перевищує граничних значень, наведених в нормах.

В результаті проведених розрахунків першого варіанту (пальового фундаменту) осідання склало 41,7 мм, зона максимального осідання розташована під висотною частиною будівлі. При проектуванні фундаментної плити осідання зросло в 2,6 рази і склали 108 мм, також зона осідання змістилась до ядра жорсткості.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Загальні дані

Згідно із виданим завданням на магістерську кваліфікаційну роботу проектується монолітний дванадцяти поверховий житловий будинок у м. Вишневому Київської області. Одним із найрозповсюдженіших матеріалів для зведення багатоповерхових будинків є монолітний залізобетон.

Головна перевага монолітного будівництва – це можливість вільного планування, рівномірного перерозподілу зусиль у елементах каркасу (будинок працює як одна жорстка, суцільна конструкція) та за рахунок зміни перерізів несучих елементів керувати жорсткістю будівлі (споруди). Проте варто вказати і недоліки монолітного будівництва, а саме значна тривалість будівельних робіт, гостра потреба у висококваліфікованому контролі монолітних робіт. У якості альтернативного рішення, з метою пришвидшення темпів будівництва, застосовують конструкції із збірного залізобетону.

Житлова будівля, що проектується згідно з ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [11] відноситься до І температурної зони, згідно ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги" [18] І ступеня довговічності, І ступеня вогнестійкості.

Земельна ділянка вільна від споруд та має рівне планування. Загалом рельєф ділянки носить спокійний характер (без різких перепадів) ґрунту.

Проектне висотне положення ділянки визначено згідно з вимогами існуючої забудови вулиць та необхідністю забезпечення ефективного відведення дощових вод від будівлі.

Система водовідведення передбачає відведення поверхневих (дощових і талих) вод з ділянки по асфальтовому покриттю. Збір води з даху будівлі через систему внутрішнього водостоку з подальшим скиданням у загальну мережу водовідведення.

4.1.2 Основні об'ємно-планувальні рішення

Житлова будівля має багатокутну форму в плані, з такими розмірами в осях 29,70 м x 19,00 м, має автостоянку 29,70 м x 23,19 м. По висоті будівля складається з підвального приміщення, першого нежитлового поверху, одинадцяти житлових та технічного поверхів.

4.1.3 Характеристика функціонального процесу будинку

Відповідно до ДБН В.2.2-28-2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення" [19], де визначено нормативне значення жилої площі на людину, що складає 9 м².

Серед основних функціональних та експлуатаційних вимог до проекту житлового будинку є створення комфортних умов для проживання та всіх інших видів життєдіяльності людини, що визначається виходячи з таких розрахунків розселення: $n = N - 1$, де n – кількість кімнат в квартирі, N – кількість проживаючих в даному приміщенні.

З метою створення комфортних умов проживання в кожній квартирі повинні бути створені такі функціональні зони:

- відпочинку (спальна кімната);
- суспільного призначення (вітальня);
- місце для приготування їжі (кухня);
- санітарно-гігієнічний вузол (ванна кімната, вбиральня);
- додаткова (коридори, лоджії, балкони)
- вхідна, розподільча (прихожа, тамбур).

Правильний розподіл та комфортне розташування різних функціональних зон квартири як основа раціонального житлового простору. У квартирі центральне місце займає зона найбільшої денної активності, яка об'єднує кухню, вітальню та прихожу, зручно пов'язані між собою. Спальні розташовують у дальній частині квартири, віддаленій від кухні та входу, водночас забезпечуючи зручний доступ до санвузла.

4.1.4 Об'ємно-планувальні елементи

Комунікаційні приміщення служать для з'єднання різних приміщень усередині будівлі, наприклад, коридори та сходові вузли. Обслуговуючі приміщення сприяють підвищенню комфорту та забезпеченню належних санітарно-гігієнічних умов у будівлі, хоча й не пов'язані з її основними функціями, як-от санвузли.

Основні приміщення відповідають головним призначенням будівлі, у цьому випадку це квартири. Допоміжні приміщення підтримують функціонування основних зон, наприклад, ліфти чи сміттєзбиральна камера. Будівлю оснащено одним під'їздом, одним вантажним і одним пасажирським ліфтом.

На першому поверсі знаходяться диспетчерська служба, два ліфти та сміттєзбиральна камера. Типовий поверх містить чотири квартири та ліфт. У всіх квартирах є лоджії.

4.1.5 Конструктивні рішення

Планування приміщень проекту було уточнено з урахуванням вимог прив'язки до діючих будівельних норм, правил і стандартів у сфері будівництва. Відповідно до технічних умов щодо використання конструкцій, виробів та матеріалів, у проекті передбачені наступні рішення.

Конструктивна схема будівлі являє собою каркасно-монолітну структуру. Будівельна система – монолітна. Вертикальна жорсткість каркасу забезпечується діафрагмою жорсткості, яка виконує функцію сходово-ліфтового вузла. Просторова жорсткість будується на взаємодії всіх елементів каркасу.

Фундамент розроблено на основі інженерно-геологічних досліджень і складається із забивних паль з монолітним залізобетонним ростверком заввишки 900 мм. Переkritтя виконано у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 160 мм з опорою на несучі стіни.

Стіни зовнішні – приймаємо збірні, що складаються з 5 шарів під

штукатурку та фарбування. В зоні перекриття виконуються отвори з заповненням термовкладишами з пінополістиролу. Стики стінових панелей на зварці закладних деталей з герметизацією та зачеканюванням швів.

Вибір типу зовнішньої стіни в таких будівлях, як правило, визначається конструктивно-технологічними особливостями опалубки. При використанні тунельної (об'ємно-переставної) опалубки внутрішні стіни та перекриття заливаються бетоном в єдиному технологічному циклі, а поздовжні фасади встановлюються пізніше. Винятком є трьохшарова конструкція з монолітним зовнішнім шаром, яка формується одночасно із внутрішніми елементами в рамках одного технологічного процесу.

Внутрішні стіни передбачені з монолітного залізобетону товщиною 300 мм з бетон приймаємо класу С 25/30, також передбачено армування окремими стержневими елементами.

Конструкція перегородки виконується з газоблоку товщиною 100мм.

Конструкція покрівлі передбачає влаштування рулонного покриття. Технологічна схема влаштування така: на залізобетонну плиту влаштовують парову ізоляцію, екструдований пінополістирол для ухилу і армуємо цементно-піщаною стяжкою. До виступаючих частин покриття покрівельний килим прикріплюється дюбелями, а стики захищаються промазуванням і оббиваються оцинкованою покрівельною сталлю.

Віконні отвори заповнені металопластиковими рамами з склопакетом 4-16Ar-4-16Ar-4i. Вікна вибрані згідно ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" [20] у відповідності з площами приміщень, що освітлюються.

В приміщеннях встановлюються дерев'яні двері згідно ДСТУ Б В.2.6-23-2009 [6].

З метою забезпечення евакуації всі двері мають відчинятися на зовні по напрямку руху на вулицю виходячи з умов евакуації людей з будівлі при пожежі.

4.1.6 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувачих конструкцій

Місто, в якому ведеться будівництво – Вишневе Київської області, що відповідає першій кліматичній зоні. Питання енергетичної ефективності та енергозбереження при проектуванні житлових будинків дуже важливі, з урахуванням економії енергетичних ресурсів на подальшу їх експлуатацію.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [11] встановлено мінімально допустимі значення опору теплової передачі для зовнішніх стінових конструкцій.

Загальний вигляд конструкції зовнішніх стін будинку має вигляд (рисунк 4.1)

- 1- стіна зовнішня з газобетонних блоків 300 мм
погрунтована силіконовою грунтовкою "Ceresit" СТ-17
- 2- клейова суміш СТ-190
- 3 - плита теплоізоляційна з мінеральної вати
 $\rho=135\text{кг/м}^3$, з коефіцієнтом теплопровідності
не більше $0,037\text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ - 80 мм
- 4 - захисний армований шар "Ceresit" СТ-190
з сіткою зі скловолокна зі спеціальним просоченням
- 5 - силіконова фарба "Ceresit" СТ-48;
силіконова грунтовка "Ceresit" СТ-17

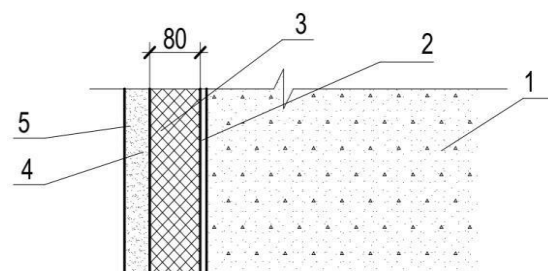


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд конструкції зовнішньої стіни

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma pr} \geq R_{q_{min}} \quad (4.1)$$

де $R_{\Sigma pr}$ - приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

$R_{q_{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{С/Вт}$;

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків для зовнішніх стін приймається

згідно[11] :

$$R_{q_{min}} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт} \quad (4.2)$$

Фактичний опір теплопередачі стіни визначаємо за формулою:

$$R_0 = R_B + R_K + R_H \quad (4.3)$$

де R_K – термічний опір стіни, $\text{м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$

R_B – опір теплопередачі на внутрішній поверхні стіни, $\text{м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$

$$R_B = 1 / \alpha_B$$

α_B – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні стіни,

$$\alpha_B = 8,7 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$$

R_H – опір тепловіддачі з зовнішньої поверхні стіни,

$$R_H = 1 / \alpha_H$$

α_H – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої поверхні для зимових умов,

$$\alpha_H = 23 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$$

Провівши необхідні розрахунки, отримаємо значення термічного опору зовнішньої стінової конструкції

$$R_0 = \delta_1 \lambda_1 + \delta_2 \lambda_2 + \delta_3 \lambda_3 + \delta_4 \lambda_4 + \delta_5 \lambda_5 = 1 \cdot 8,7 + 0,3 \cdot 0,16 + 0,01 \cdot 0,93 + 0,08 \cdot 0,037 + 0,02 \cdot 0,18 + 0,15 \cdot 0,35 + 1 \cdot 23 = 4,74 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$$

Значення фактичного опору перевищує мінімально допустиме, тому умова виконується.

4.2 Основи і фундаменти

4.2.1 Опис інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

Інженерно-геологічні умови майданчика будівництва були визначені на основі результатів інженерно-геологічних вишукувань, що дозволили встановити геологічну будову ґрунтового масиву, а також фізико-механічні властивості ґрунтів, які залягають у межах активної зони впливу фундаментів.

За результатами аналізу літологічного складу, консистенції та інженерних

характеристик ґрунтів у межах майданчика виділено декілька інженерно-геологічних елементів (ІГЕ), кожен з яких характеризується однорідними фізико-механічними показниками.

До першого інженерно-геологічного елемента (ІГЕ-1) віднесено насипні ґрунти, представлені сумішшю будівельного сміття, ґрунтово-рослинного шару та гумусованого суглинку з домішками органічних речовин.

Окремо в межах цього шару виділено ІГЕ-1а – ґрунтово-рослинний шар, який не розглядається як основа фундаментів через низькі несучі властивості та значну стисливість.

ІГЕ-2 представлений напівтвердим бурим гумусованим суглинком жовто-бурого кольору з включеннями карбонатів. У межах цього шару також виділено різновид ІГЕ-2а – тугопластичний суглинок аналогічного складу, що характеризується дещо підвищеною деформативністю.

ІГЕ-3 складається з напівтвердого лесового суглинку жовтого кольору з карбонатами, який має задовільні несучі властивості, але потребує врахування можливих просадкових явищ.

Наступні інженерно-геологічні елементи представлені суглинками та глинами різної консистенції.

Зокрема, ІГЕ-4 – це м'якопластичний суглинок жовто-сірого та сірого кольору з домішками окисів заліза.

ІГЕ-5 включає напівтверді важкі суглинки сіро-бурого кольору з карбонатами.

ІГЕ-6 та ІГЕ-7 представлені глинами напівтвердого та твердого стану відповідно, з характерним жовто-сірим забарвленням і наявністю окисів заліза; при цьому ІГЕ-7 віднесено до середньонабухаючих ґрунтів.

Глибше залягають тверді глини білого, сірого та бурувато-сірого кольору (ІГЕ-8 та ІГЕ-9), які характеризуються високою міцністю та низькою стисливістю, що робить їх сприятливою основою для спирання пільових елементів фундаменту.

Фізико-механічні властивості кожного інженерно-геологічного елемента, а

також їх розрахункові характеристики, визначені відповідно до чинних нормативних документів, наведені в таблиці 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Фізико-механічні властивості ґрунтів будівельного майданчика

№ ПЕ	Найменування ґрунту	Консистенція	Колір	Особливості
ПЕ-1	Насипний ґрунт (будівельне сміття, гумусований суглинок)	Нерівномірна	Бурий	Домішки органіки
ПЕ-1а	Ґрунтово-рослинний шар	М'яка	Темно-бурий	Не придатний як основа
ПЕ-2	Суглинок гумусований з карбонатами	Напівтвердий	Жовто-бурий	Стабільні властивості
ПЕ-2а	Суглинок гумусований з карбонатами	Тугопластичний	Жовто-бурий	Підвищена деформативність
ПЕ-3	Суглинок лесовий з карбонатами	Напівтвердий	Жовтий	Можлива просадковість
ПЕ-4	Суглинок з окисами заліза	М'якопластичний	Сіро-жовтий	Знижена міцність
ПЕ-5	Суглинок важкий з карбонатами	Напівтвердий	Сіро-бурий	Добра несуча здатність
ПЕ-6	Глина з окисами заліза	Напівтверда	Жовто-сіра	Низька водопроникність
ПЕ-7	Глина середньонабухаюча	Тверда	Сіро-жовта	Потребує контролю
ПЕ-8	Глина	Тверда	Біла, сіра	Висока міцність
ПЕ-9	Глина	Тверда	Темно-бура	Найбільш надійна основа

Для забезпечення надійної роботи фундаменту прийнято рішення про застосування буроін'єкційних паль.

Несуча здатність палі визначалась за ґрунтом з урахуванням опору під нижнім кінцем палі та тертя по її бічній поверхні.

Проектний діаметр палі становить $d = 820$ мм, що забезпечує достатню площу спирання та підвищену несучу здатність.

Загальна довжина палі визначена з урахуванням потужності слабких верхніх шарів та необхідності заглиблення в ґрунти з підвищеними фізико-механічними характеристиками і складає:

$$L = 0,05 + 0,05 + 10,3 + 2 = 12,4 \text{ м.}$$

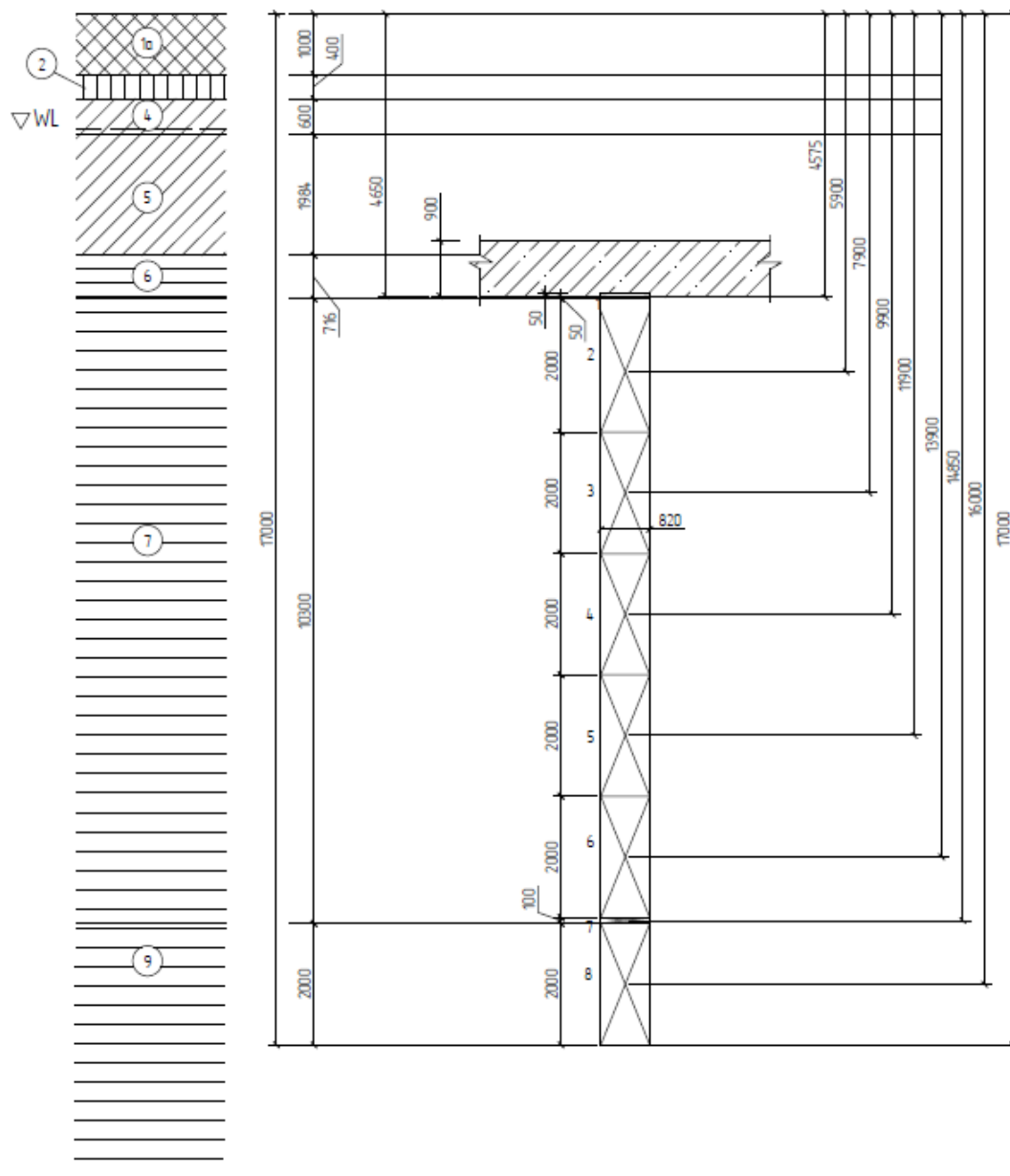


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема для визначення несучої здатності палі по ґрунту

Несучу здатність буроін'єкційної палі по ґрунту визначено за нормативною формулою:

$$F_d = Y_C (Y_{CR} R_A + u \sum Y_{Cf} h_i f_i), \quad (4.4)$$

де Y_{CR} – коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі, приймається $Y_{CR}=1,0$;

R – враховано розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі,
 $R = 2000$ кПа;

A – площа спирання палі на ґрунт або розширення, m^2 ($A = 0,528m^2$);

$\sum Y_{cf}$ – сумарний опір тертя по бічній поверхні в межах окремих ґрунтових шарів;

u – зовнішній периметр поперечного перерізу палі, $u = \pi d = 2,58m$;

Y_c – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті, приймається $Y_c = 1,0$;

На основі даних таблиці 4.2, що містить фізико-механічні характеристики ґрунтів уздовж довжини палі, отримано сумарний опір тертя по бічній поверхні палі.

Таблиця 4.2 – Розрахункові характеристики ґрунтів уздовж бічної поверхні палі

№ шару	Глибина залягання, м	f_i , кПа	h_i , м	γ_{cfi}	$f_i \cdot h_i \cdot \gamma_{cfi}$
1	4,60	56,0	0,05	0,8	2,24
2	5,90	58,5	2,0	0,8	93,60
3	7,90	62,5	2,0	0,8	100,00
4	9,90	65,0	2,0	0,8	104,00
5	11,90	68,0	2,0	0,8	108,80
6	13,90	71,0	2,0	0,8	113,60
7	14,85	72,0	0,10	0,8	5,76
8	16,00	74,0	2,0	0,8	118,40
Σ	—	—	—	—	646,40

Підставивши всі параметри у формулу, визначено розрахункову несучу здатність палі по ґрунту:

$$F_d = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2000 \cdot 0,528 + 2,58 \cdot 629,42) = 2679,9 \text{ кН.} \quad (4.5)$$

З урахуванням коефіцієнта надійності за навантаженням визначено розрахункове допустиме навантаження на одну палю, яке становить:

$$N = F_{d,g} = F_d / Y_k = 2679,9 / 1,4 = 1914,21 \text{ кН.} \quad (4.6)$$

Таким чином, отримане значення допустимого навантаження на одну буроін'єкційну палю забезпечує необхідний запас надійності фундаментної системи.

4.2.3 Визначення кількості паль та їх розташування

Для визначення необхідної кількості паль і їх раціонального розташування під несучими елементами будівлі було виконано збір вертикальних навантажень, що передаються на фундаментну плиту від конструктивних елементів. З цією метою створено просторову розрахункову модель будівлі в програмному комплексі «Мономах-САПР 2019», у якій враховано постійні та тимчасові навантаження відповідно до нормативних вимог.

Навантаження на 1 м² перекриття, покриття та паркінгу визначено з урахуванням власної ваги конструкцій, оздоблювальних шарів, перегородок, утеплювачів, а також експлуатаційних навантажень. Результати розрахунків наведені в таблицях 4.3-4.5.

Таблиця 4.3 – Навантаження на 1 м² міжповерхового перекриття

Вид навантаження	Нормативне, кН/м ²	γ_f	Розрахункове, кН/м ²
Конструкція підлоги	0,65	1,3	0,85
Плита перекриття	4,05	1,1	4,46
Перегородки	0,52	1,1	0,57
Підвісна стеля	0,32	1,1	0,35
Разом постійне	5,54	–	6,23
Тимчасове	1,55	1,3	2,02
Повне навантаження	7,09	–	8,25

Таблиця 4.4 – Навантаження на 1 м² покриття

Шар покриття	Нормативне, кН/м ²	γ_f	Розрахункове, кН/м ²
Монолітне перекриття	4,05	1,1	4,46
Пароізоляція	0,012	1,3	0,016
Утеплювач	0,74	1,3	0,96
Вирівнююча стяжка	0,034	1,3	0,044
Захисний шар	0,96	1,3	1,25
Разом постійне	6,76	–	7,73
Тимчасове	1,00	0,7	0,70
Повне навантаження	7,76	–	8,43

Таблиця 4.5 – Навантаження на 1 м² паркінгу

Вид навантаження	Нормативне, кН/м ²	γ_f	Розрахункове, кН/м ²
Конструкція підлоги	1,02	1,3	1,33
Залізобетонна плита	10,60	1,1	11,66
Перегородки	0,52	1,1	0,57
Разом постійне	12,14	–	13,56
Тимчасове	4,10	0,7	2,87
Повне навантаження	16,24	–	16,43

За результатами числового моделювання визначено зусилля стиску у вертикальних несучих елементах, які передаються на фундаментну плиту.

Для кожного несучого елемента необхідну кількість паль визначено шляхом ділення розрахункового зусилля на допустиме навантаження однієї палі.

Результати розрахунків зведені в таблицю 4.6, де наведено навантаження на кожен із 106 несучих елементів та відповідну розрахункову кількість паль. Отримані значення дозволили виконати остаточне проєктування пального фундаменту з урахуванням реального розподілу навантажень у конструктивній схемі будівлі.

В таблиці 4.6 наведені розрахунки необхідної кількості паль під несучі елементи житлової будівлі.

В цілому представлено 106 несучих елемента та наведено значення навантаження на кожен з несучих елементів. Залежно від значення навантаження розрахована необхідна кількість паль під кожен несучий елемент будівлі.

Таблиця 4.6 – Необхідна кількість паль під несучі елементи

№ елемента	Навантаження, кН	Кількість паль
1	2	3
1	4320,0	2,26
2	-30,0	-0,02
3	612,0	0,32
4	1175,0	0,61
5	398,0	0,21
6	-390,0	-0,20
7	1015,0	0,53
8	635,0	0,33
9	1585,0	0,83
10	-375,0	-0,20
11	372,0	0,19
12	2685,0	1,40
13	18,0	0,01
14	645,0	0,34
15	1170,0	0,61
16	1505,0	0,79

Продовження таблиці 4.6

1	2	3
17	1740,0	0,91
18	860,0	0,45
19	560,0	0,29
20	1620,0	0,85
21	1265,0	0,66
22	2060,0	1,08
23	95,0	0,05
24	3410,0	1,78
25	930,0	0,49
26	425,0	0,22
27	-340,0	-0,18
28	1060,0	0,55
29	420,0	0,22
30	1580,0	0,83
31	-275,0	-0,14
32	565,0	0,30
33	475,0	0,25
34	118,0	0,06
35	135,0	0,07
36	2110,0	1,10
37	845,0	0,44
38	2320,0	1,21
39	2330,0	1,22
40	2115,0	1,10
41	3920,0	2,05
42	510,0	0,27
43	110,0	0,06
44	108,0	0,06
45	2895,0	1,51
46	345,0	0,18
47	3040,0	1,59
48	3405,0	1,78
49	1155,0	0,60
50	330,0	0,17
51	70,0	0,04
52	-125,0	-0,07
53	2930,0	1,53
54	1400,0	0,73
55	2465,0	1,29
56	3510,0	1,83
57	175,0	0,09
58	790,0	0,41
59	3950,0	2,06
60	1565,0	0,82
61	1470,0	0,77
62	1285,0	0,67
63	4180,0	2,18
64	1430,0	0,75
65	1980,0	1,03
66	2130,0	1,11

Продовження таблиці 4.6

1	2	3
67	1320,0	0,69
68	1760,0	0,92
69	1145,0	0,60
70	6210,0	3,25
71	1350,0	0,71
72	4280,0	2,24
73	595,0	0,31
74	3030,0	1,58
75	72,0	0,04
76	4410,0	2,31
77	5220,0	2,73
78	185,0	0,10
79	235,0	0,12
80	1425,0	0,74
81	3650,0	1,91
82	1605,0	0,84
83	815,0	0,43
84	835,0	0,44
85	720,0	0,38
86	5420,0	2,83
87	250,0	0,13
88	295,0	0,15
89	2860,0	1,49
90	112,0	0,06
91	800,0	0,42
92	640,0	0,33
93	3100,0	1,62
94	1280,0	0,67
95	1015,0	0,53
96	1100,0	0,57
97	3200,0	1,67
98	-135,0	-0,07
99	1365,0	0,71
100	965,0	0,50
101	200,0	0,10
102	745,0	0,39
103	215,0	0,11
104	800,0	0,42
105	98,0	0,05
106	155,0	0,08

Від’ємні значення зусиль відповідають зонам розвантаження та не враховуються при призначенні паль.

За результатами розрахунків навантажень та необхідної кількості паль здійснено проектування остаточного варіанту пального фундаменту, що зображено на рисунку 4.4.

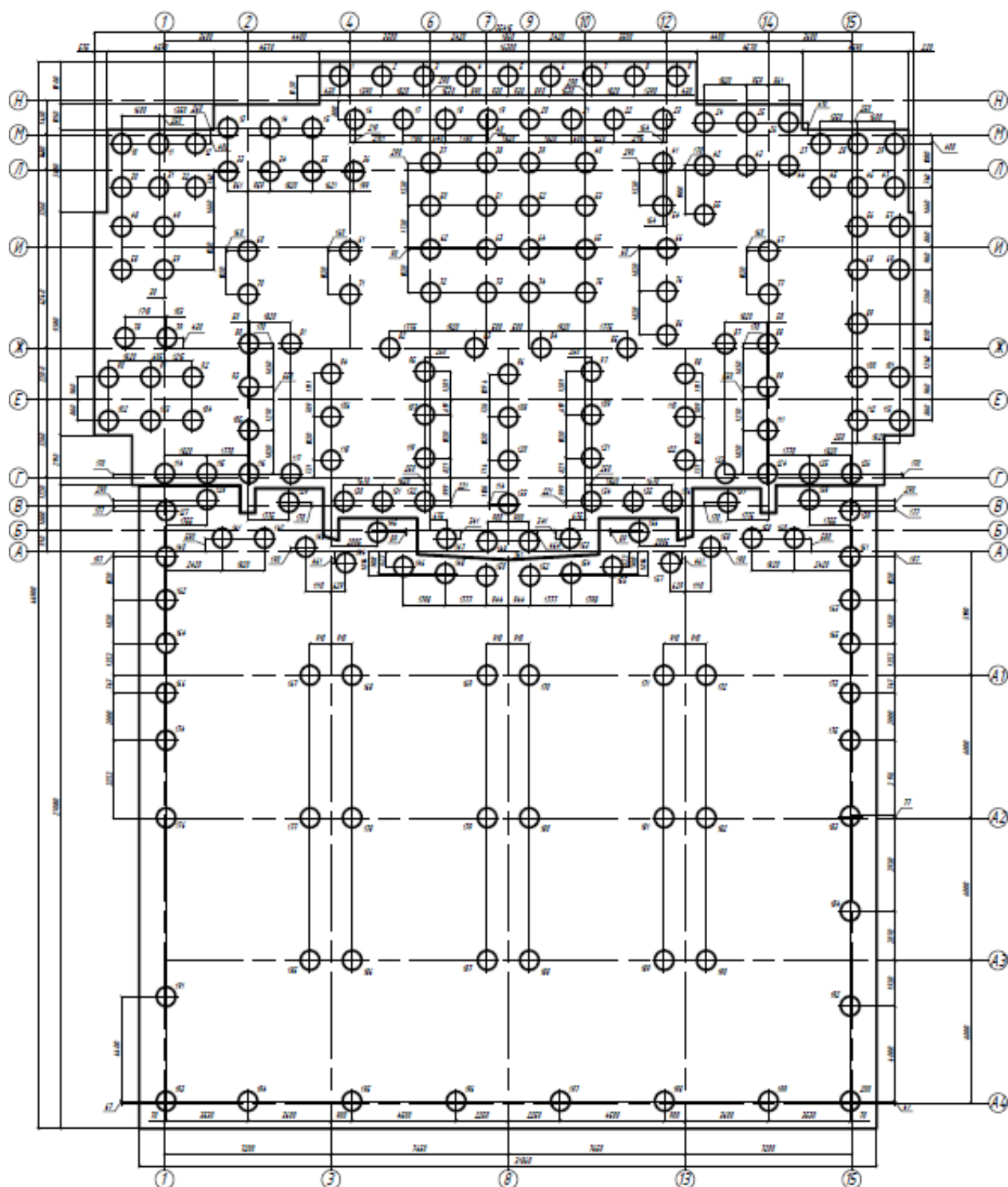


Рисунок 4.4 – Загальна схема пальового фундаменту

В результаті проведених розрахунків та конструювання, було запроєктовано фундаменти із 200 паль $\varnothing 820$.

Експортувавши отриману схему із програмного комплексу «Мономах -

САПР 2019» в програмний комплекс «ЛІРА - САПР 2019», та задавши всі необхідні параметри жорсткості і створивши ґрунтовий масив я отримав схему, зображену на рисунку 4.5

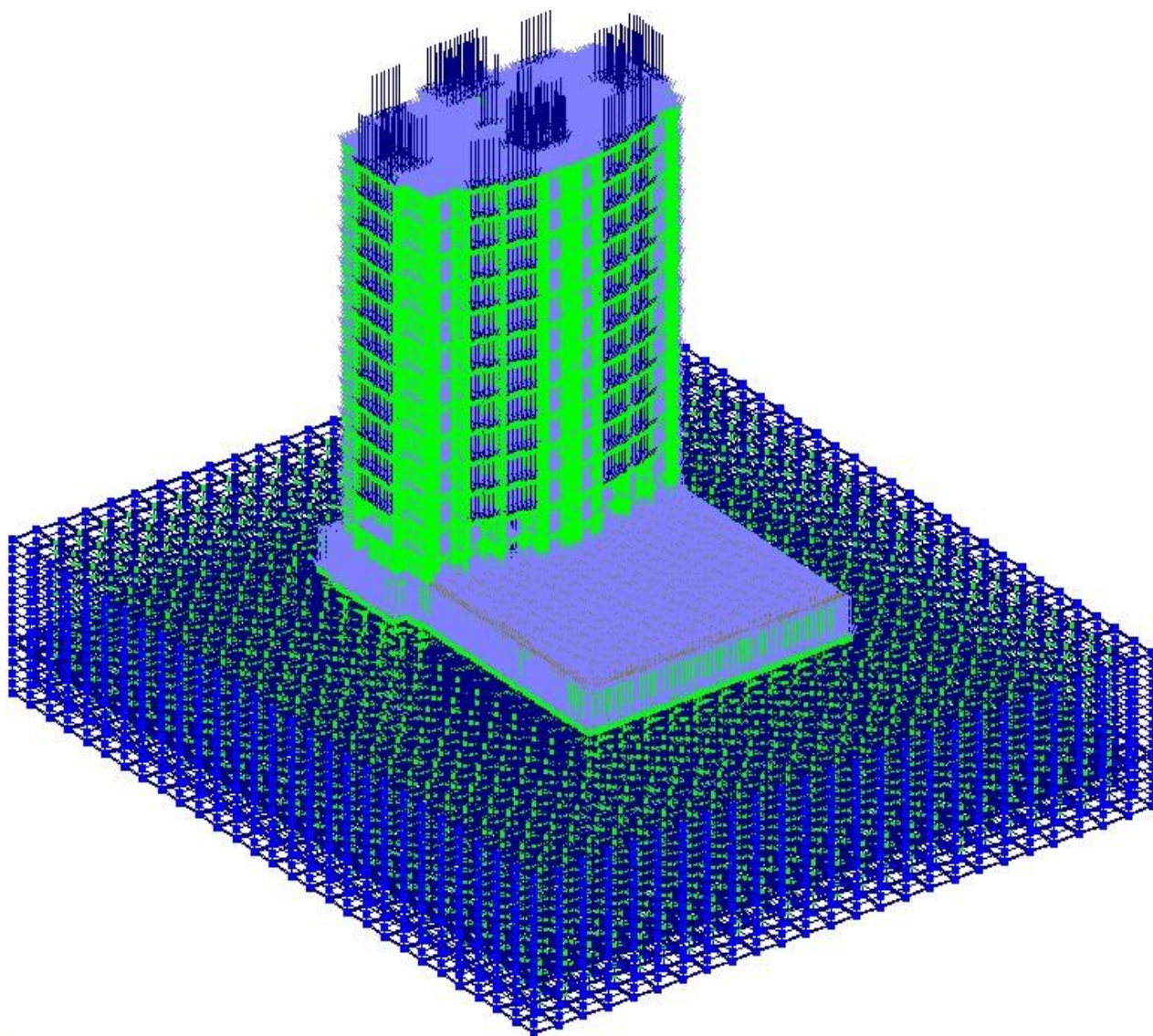


Рисунок 4.5 - Скінчено-елементна модель фундаменту в програмному комплексі «ЛІРА-САПР 2019»

Основні результати розрахунків в програмному комплексі «ЛІРА - САПР 2019» представлені у вигляді скінченно-елементної моделі за системою «основа-фундамент-будівля».

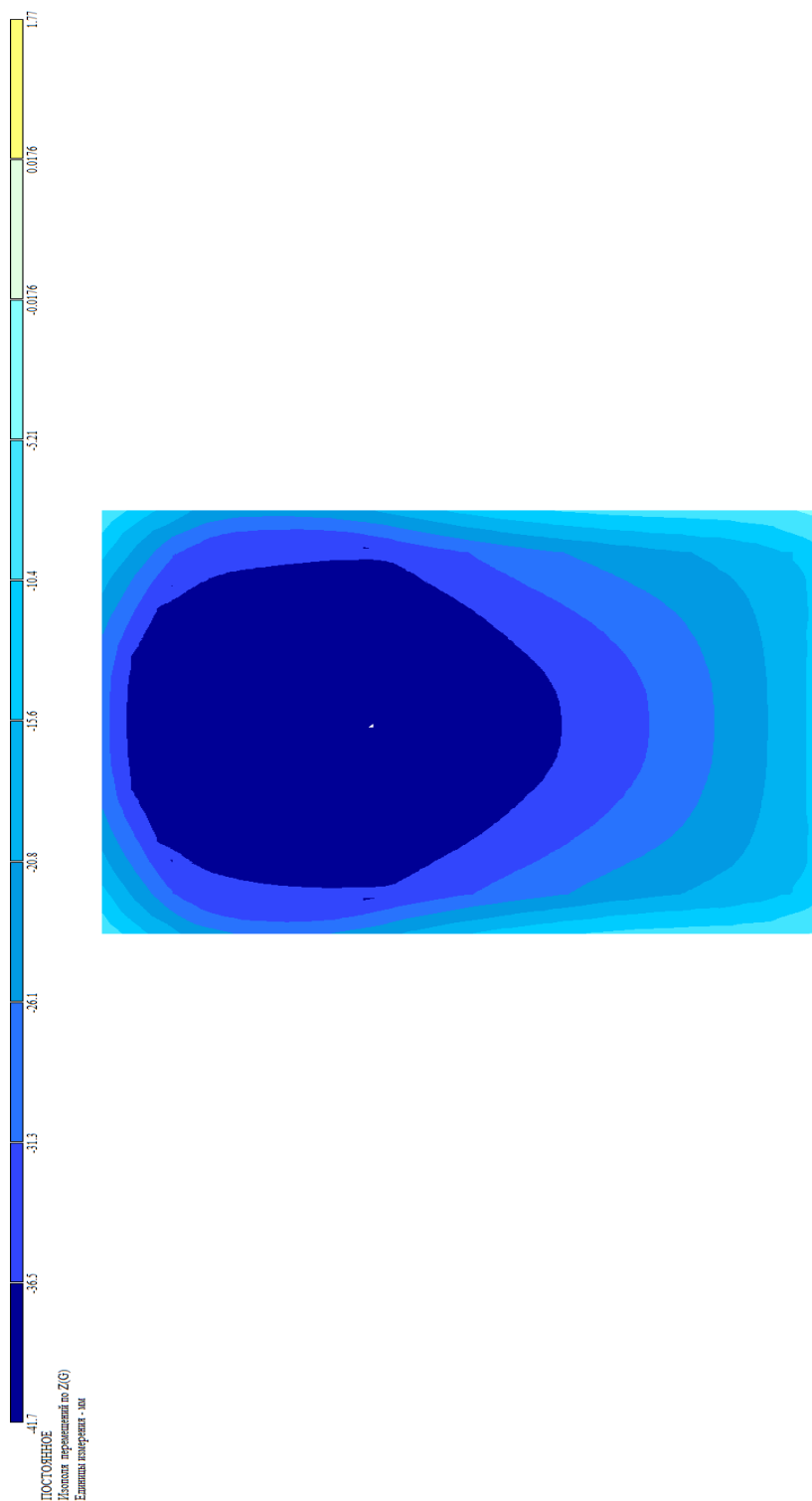


Рисунок 4.7 – Схема переміщення по осі Z

Значення ізополів переміщень зображені на рисунку 4.7. Найбільший показник виявився в зоні висотної частин будівлі, який потім спадає в напрямку частини будинку з паркінгом. Значення пікових переміщень зусиль відносно осі Z складають 41,71 мм.

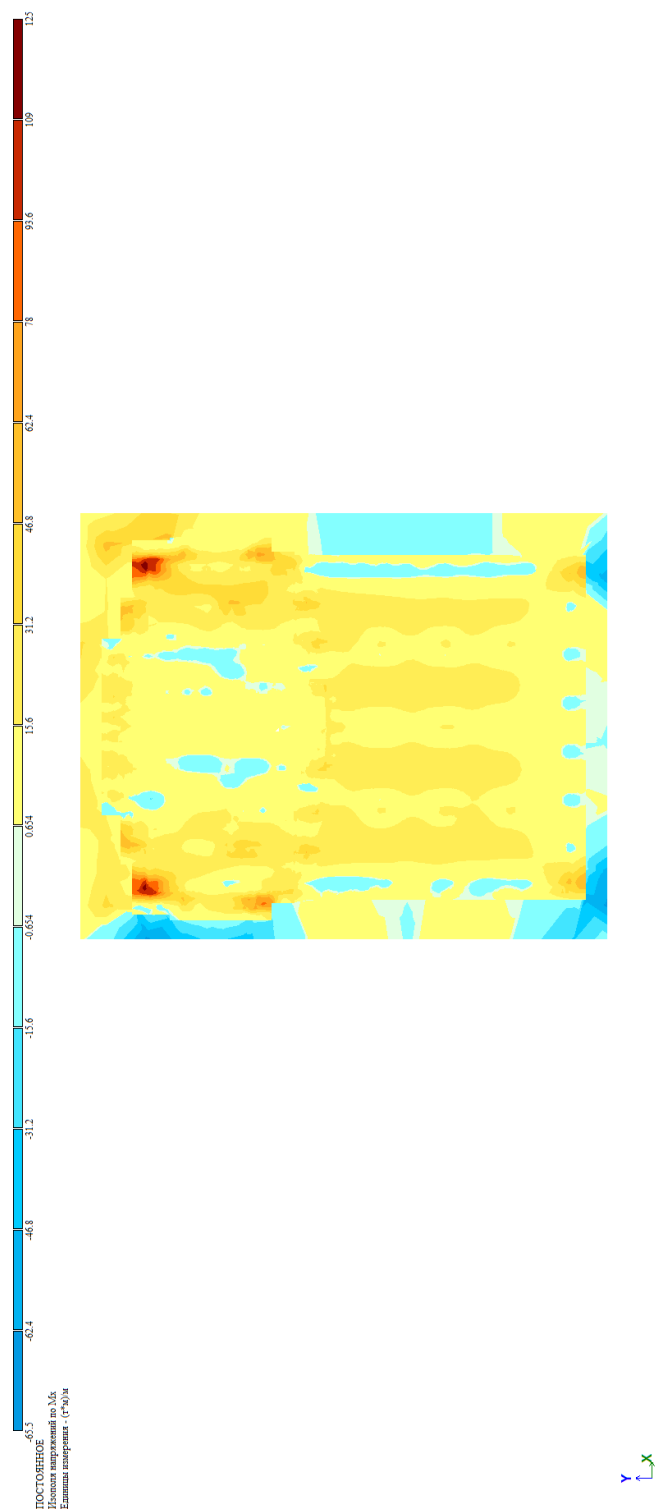


Рисунок 4.8 - Мозаїка напружень по Мх

Мозаїка напружень по осі Мх зображена на рисунку 4.8. Значення найбільших напружень по Мх знаходяться під висотною частиною будівлі по крайнім кутовим осям і складають 152,0 – 168,2 т*м/м.

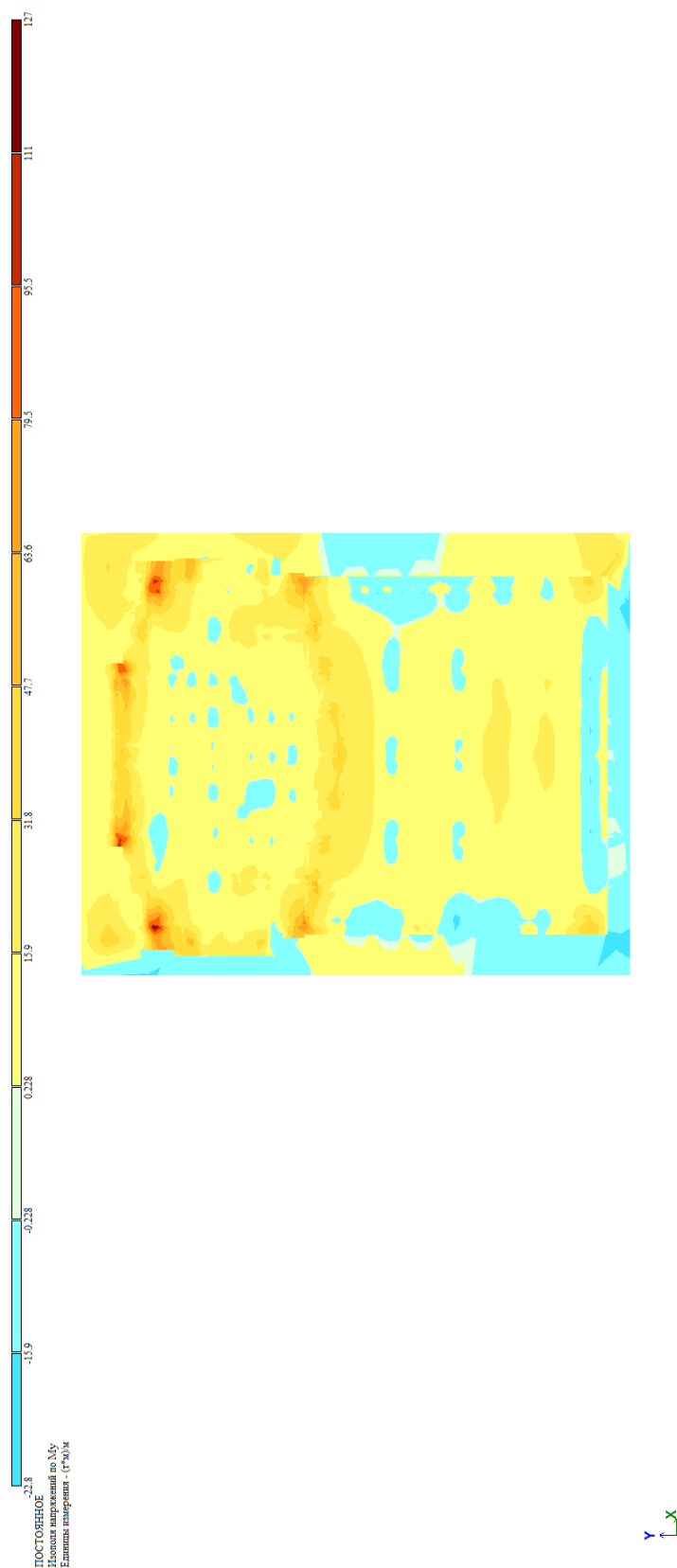


Рисунок 4.9 - Схематичне зображення мозаїчних напружень по M_y

Мозаїка напружень зображена на рисунку 4.9. Значення напружень по M_y мають схожий характер з напруженнями по M_x і складають 119,1 – 136,0 т*м/м.

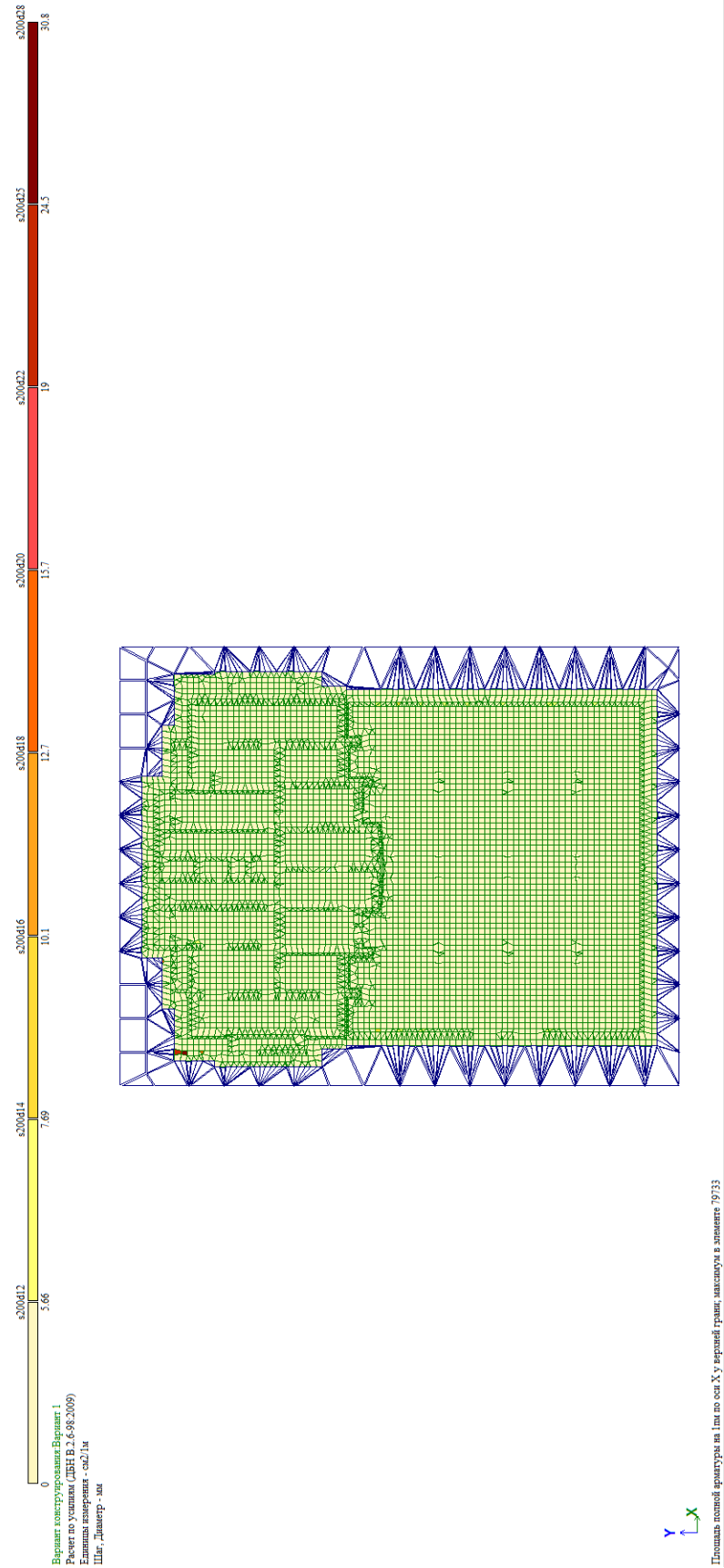


Рисунок 4.10 - Розташування верхньої арматури по осі X

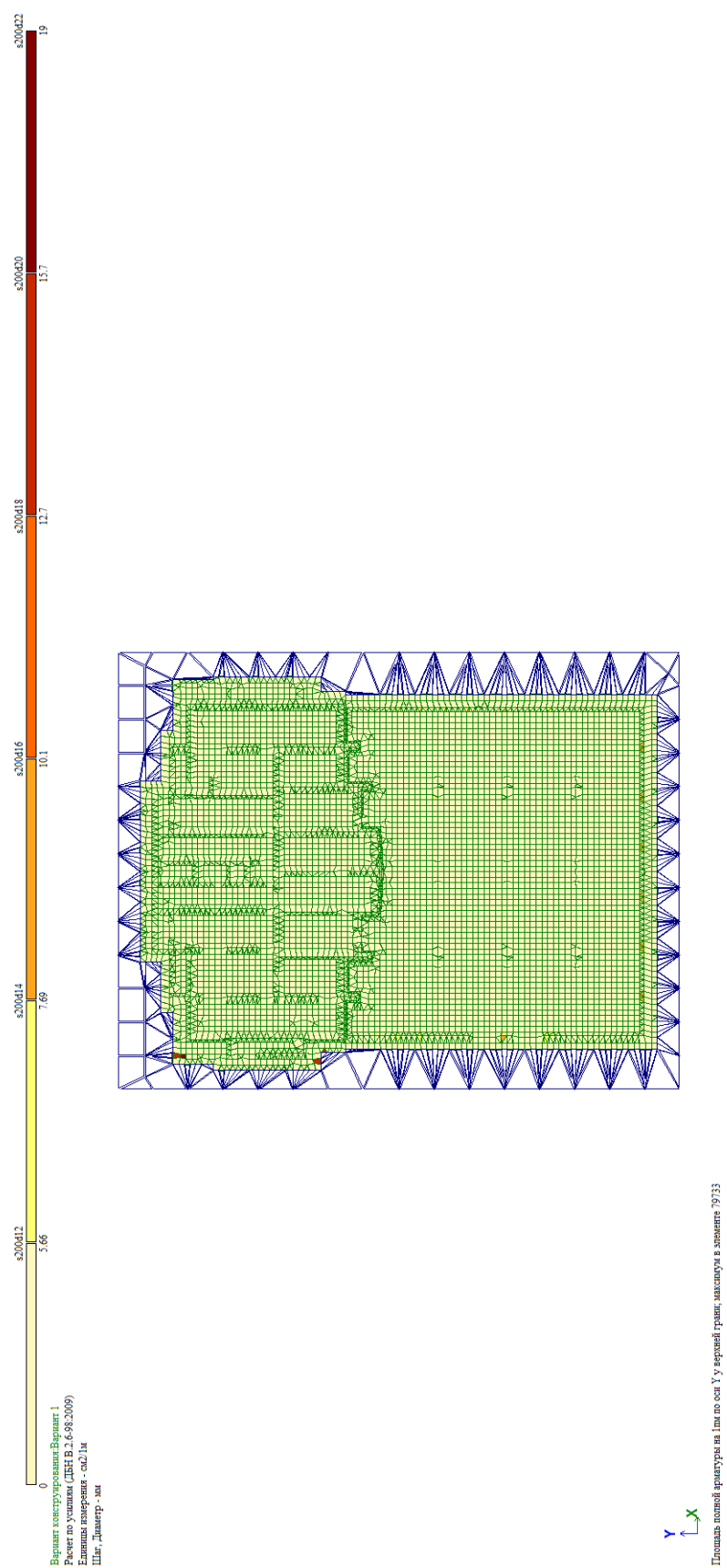


Рисунок 4.11 - Положення верхня арматура по осі У

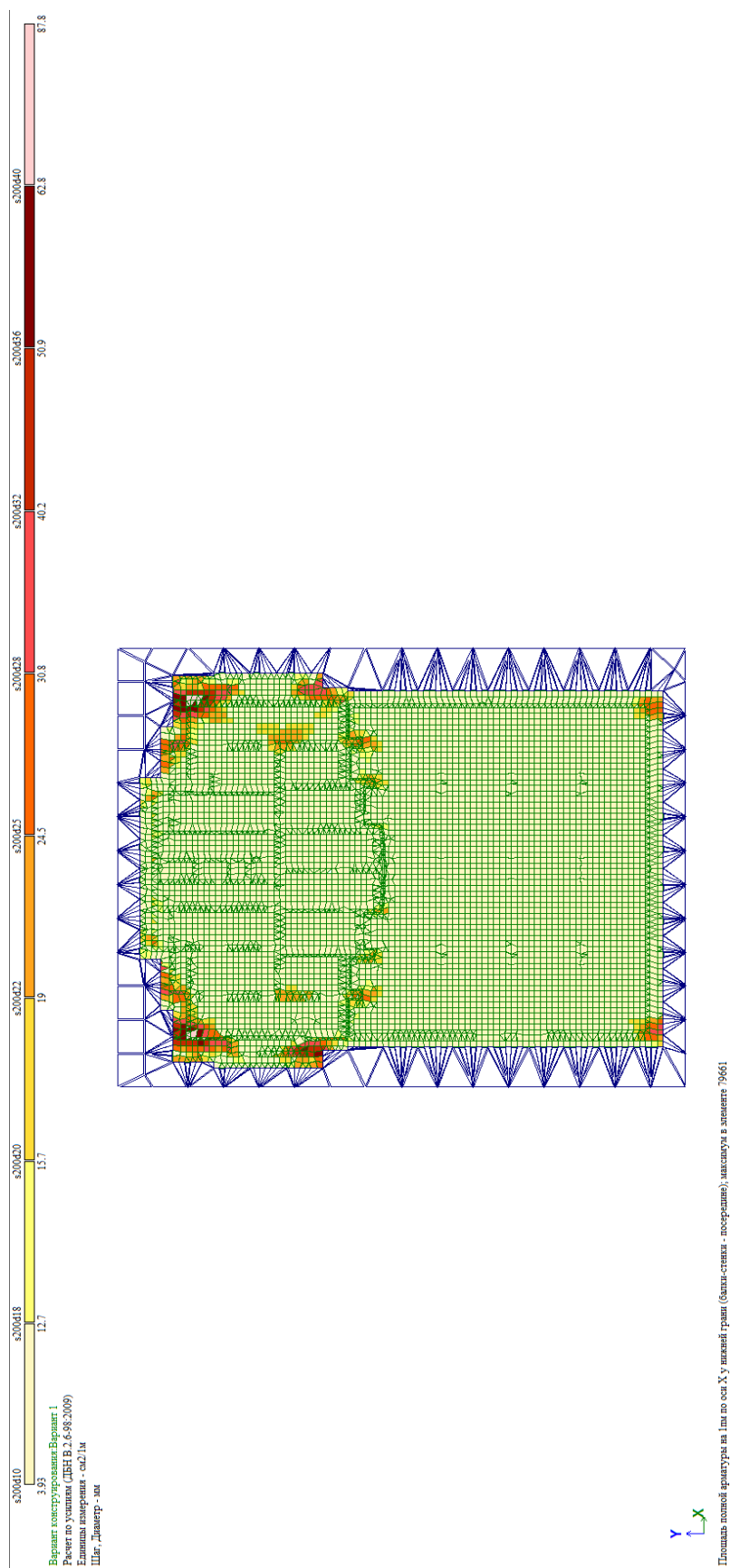


Рисунок 4.12 - Зображення розташування нижньої арматури по осі X

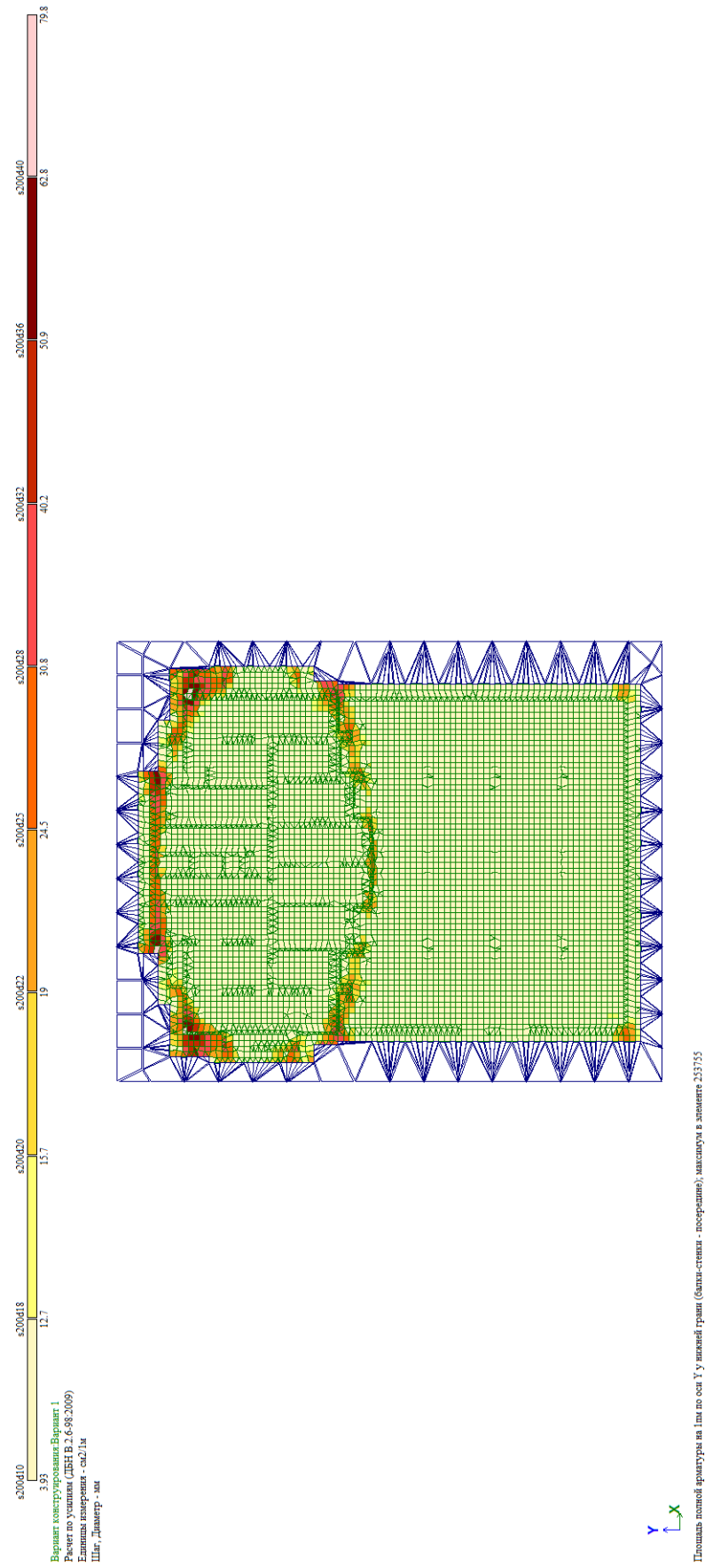


Рисунок 4.13 - Позначення нижньої арматура по осі Y

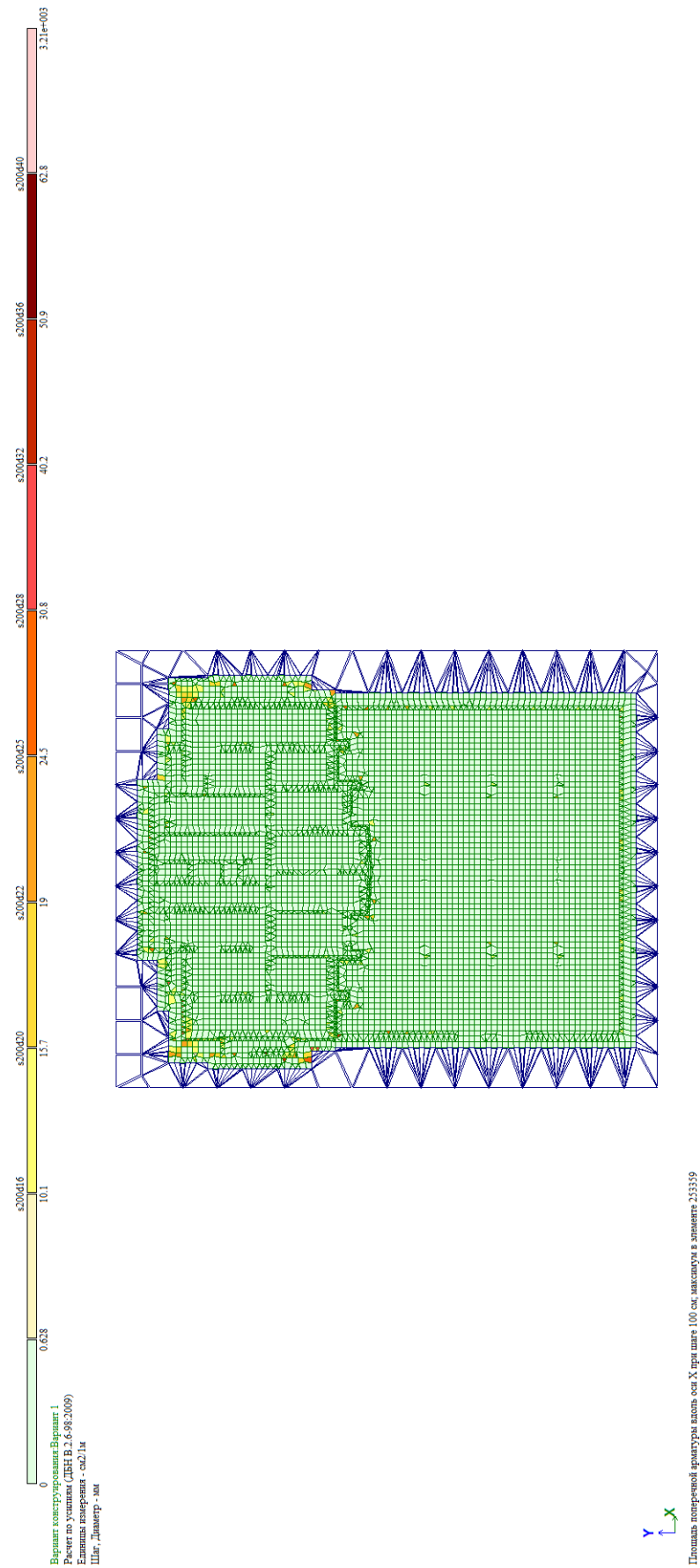


Рисунок 4.14 - Розташування поперечної арматури по осі X

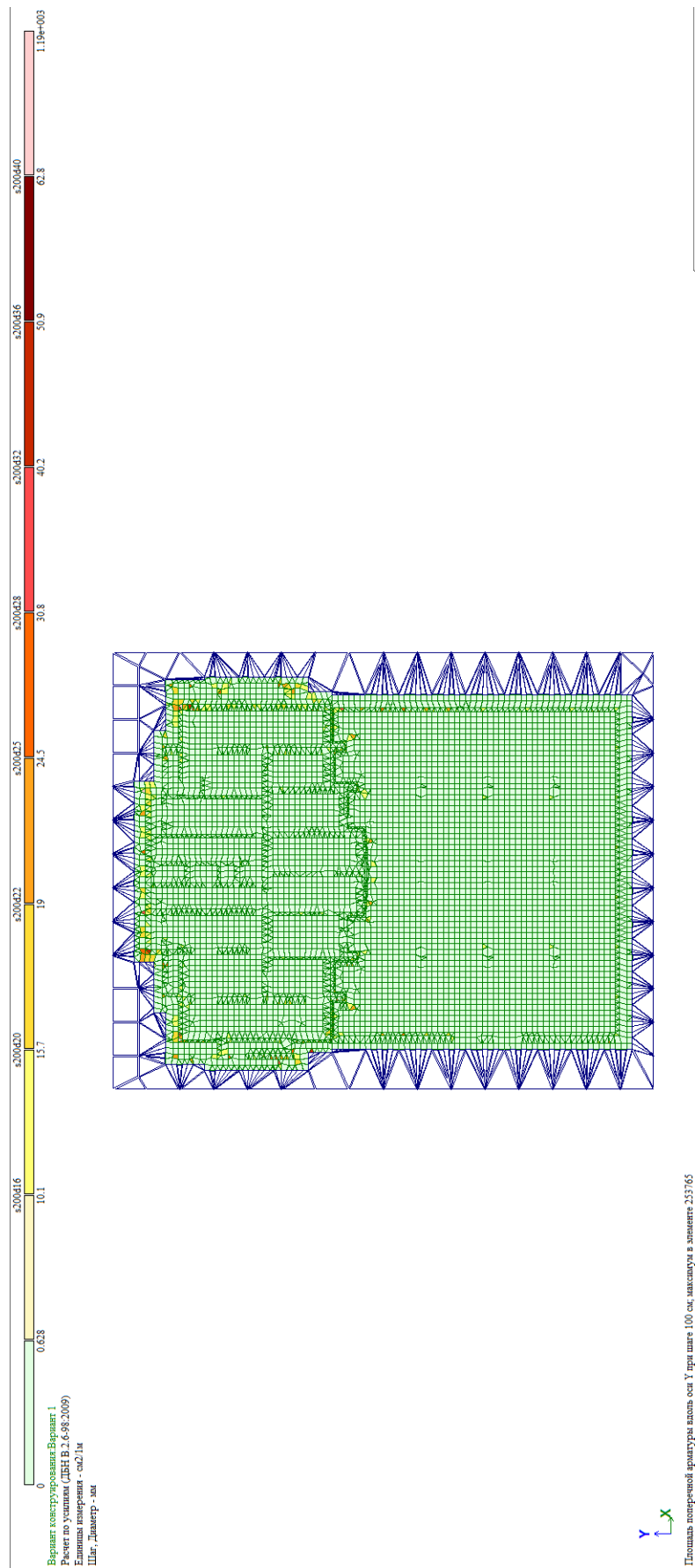


Рисунок 4.15 - Розташування поперечна арматури по осі Y

Використовуючи програмний комплекс «ЛІРА - САПР 2019» в процесі конструювання я задав потрібні параметри, для отримання схеми армування ростверку (рисунок 4.16).

ДБН В.2.6-98:2009

Название

Арматура I типа

ПРОДОЛЬНАЯ Поперечная

Классы A500C1 d=8 A240C d=6

Характеристики

k=ftk/fyk 1.05 1.08

Epsilon_uk, % 2.5 2.5

Продольная	A500C1 d=8..22 (МПа)
Es	210000.00
fyk	500.00
fyd	435.00
fywd	300.00

Арматурный каркас Вязанный каркас

22 1

Учет сейсмического воздействия

Коэфф. из т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014 1

Коэфф. при расчете наклонных сечений, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014 1

Арматура II типа

Выбрать...

Рисунок 4.16 - Вхідні параметри армування

В критичних зонах, де відбувається збільшення навантаження виконується додаткове армування, особливо по висотним частинам житлової споруди.

З цією метою необхідно запроектиувати арматуру класу А 500 С та А 240 С. Верхнє та нижнє армування розташовується з кроком 200 мм. Відповідно поперечне армування з кроком – 100 мм.

4.2.4 Розрахунок залізобетонних конструкцій

З метою проведення розрахунку необхідної кількості та виду залізобетонних конструкцій проводимо збір навантаження на один метр квадратний перекриття. У таблиці 4.7 узагальнено розрахункові значення щодо типу навантажень, порівняння їх із нормативними значеннями та коефіцієнтом надійності по навантаженню. Повне навантаження на 1 м^2 конструкції перекриття складає $7,83 \text{ кН/м}^2$

Таблиця 4.7 - Розрахунок нормативного та фактичного навантаження на 1 м^2 перекриття житлової будівлі

Види навантаження	Значення нормативного навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Фактичне навантаження, кН/м^2
1	2	3	4
Постійне навантаження: Конструкція підлоги $\delta_1=70\text{мм}$, $\rho_1=9$ кН/м^3	$0,07 * 9 = 0,63$	1,3	0,82
Перекриття $\delta_5=160\text{мм}$	4,0	1,1	4,4
Перегородки 50 кг/м^2	0,5	1,1	0,55
Стеля 30 кг/м^2	0,3	1,1	0,33
Разом постійне	$g'_n = 5,23$		$g' = 5,88$
Тимчасове	$v'_n = 1,5$	1,3	$v'_n = 1,95$
В тому числі:			
Короткочасне	$0,7 * v'_n = 1,05$	1,3	1,365
Довготривале	$0,3 * v'_n = 0,45$	1,3	0,585
Повне навантаження	$g'_n + v'_n = 6,73$		$g' + v' = 7,83$

В таблиці 4.8 узагальнено навантаження на 1м² конструкції покриття, виконано збір навантажень, приведено розрахункове значення ,порівняно із нормативним.

Таблиця 4.8 - Навантаження на 1м² покриття

Види навантаження	Показники навантаження (нормативні), кН/м ²	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Значення навантаження (фактичне), кН/м ²
1	2	3	4
Постійне: Монолітне перекриття $\delta_1 = 160\text{мм}$, $\rho_1 = 25$ кН/м ³	4	1,1	4,4
Пароізоляція $\delta_5 = 2\text{мм}$	0,009	1,3	0,0117
Утеплювач газобетонний $\delta_1 = 16\text{мм}$, $\rho_1 = 4$ кН/м ³	1,6	1,2	1,92
Вирівнююча стяжка з ц/п розчину $\delta_1 = 20\text{мм}$, $\rho_1 = 4$ кН/м ³	0,72	1,3	0,936
Сейфіті колор $\delta_1 = 25\text{мм}$, $\rho_1 = 6$ кН/м ³	0,027	1,3	0,0351
Разом постійне	$g'_n = 6,356$		$g' = 7,303$
Тимчасове	$v'_n = 0,977$	0,7	$v'_n = 0,684$
В тому числі: Короткочасне	$0,7 * v'_n = 0,84$	0,7	0,588
Довготривале	$0,3 * v'_n = 0,137$	0,7	0,0959
Повне навантаження	$g'_n + v'_n = 7,333$		$g' + v' = 8,117$

Типи навантажень, розрахункові та нормативні значення по навантаженню на 1 м^2 паркінгу, а також коефіцієнт надійності по навантаженню представлено в таблиці 4.9

Таблиця 4.9 - Навантаження 1 м^2 паркінгу

Основні навантаження	Нормативне навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню, γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м^2
1	2	3	4
Постійне: Конструкція підлоги $\delta_1=110\text{мм}$, $\rho_1=9$ кН/м^3	$0,11 * 9 = 0,99$	1,3	1,297
Монолітна залізобетонна плита $\delta_5=420\text{мм}$, $\rho_1=25$	$0,42*25=10,5$	1,1	11,55
Перегородки 50 кГ/м^2	0,5	1,1	0,55
Разом постійне	$g'_n = 11,99$		$g' = 13,39$
Тимчасове Короткочасне	4	0,7	2,8
Повне навантаження	$g'_n + v'_n = 15,99$		$g' + v' = 16,19$

4.2.5 Визначення навантаження та розрахунок плити перекриття

За допомогою комп'ютерної програми «Ліра-САПР 2019» для визначення напружено-деформованого стану плити перекриття та підбору необхідного армування виконую необхідні розрахунки (рисунок 4.16).

Проектується плита перекриття монолітна залізобетонна товщиною 160мм. Елементом плити мною були задані наступні характеристики жорсткості.

Задание жесткости для пластин

☐ Учет ортотропии

E Т/м² V21

V G

H см Ro Т/м³

Учет нелинейности ☐

Тип КЭ

☒ Плита, оболочка

☐ Балка-стенка

☐ Учет сдвига

Меньший размер пластины м

Комментарий

Цвет

Название

Вид расчета

Система

Расчет

☐ Подбирать арматуру по теории Вуда

Минимальный % армирования

Максимальный % армирования

Точность предварит. расчета, %

Точность основного расчета, %

☐ Подбирать поперечную арматуру на 1 кв.м.

Расстояние к ц. т. арматуры

a1 см A1X см A1Y см

a2 см A2X см A2Y см

☒ Расчет по предельным состояниям II группы

Трещина продольного раскрытия, мм

Трещина поперечного раскрытия, мм

☒ Шаг арматурных стержней, мм

☐ Диаметр арматурных стержней

☐ Учитывать расчетную высоту стены

Высота стены м Значение

☒ Коэффициент ☐ Расчетная высота

Армирование

ДБН В.2.6-98:2009

Название

Класс бетона

Диаграмма напряжение-деформация

Относительная влажность воздуха, %

Козф. учета длительности действия нагрузок (сжатие)

Козф. учета длительности действия нагрузок (растяжение)

Козф. учета разрушения бетонных конструкций

Козф. для конструкций бетонируемых в вертикальном положении

Предельное значение параметра (т.6.12 ДБН В.1.1-12:2014)

	C25/30 (МПа)
E _{cm}	32500.00
f _{ck_cube}	30.00
f _{ck_prizm}	22.00
f _{ctm}	2.60
f _{ctk_005}	1.80
f _{ctk_095}	3.40
Eps _{c1} (*1000)	2.20

ДБН В.2.6-98:2009

Название

Арматура I типа

ПРОДОЛЬНАЯ Поперечная

Классы

Характеристики

k=ftk/fyk

Epsilon_{uk}, %

	A500C1 d=8..22 (МПа)
Es	210000.00
fyk	500.00
fyd	435.00
fywd	300.00

Арматурный каркас

Учет сейсмического воздействия

Козф. из т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

Козф. при расчете наклонных сечений, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

Арматура II типа

Выбрать...

Рисунок 4.16 - Характеристики жесткости и материала плиты перекрытия

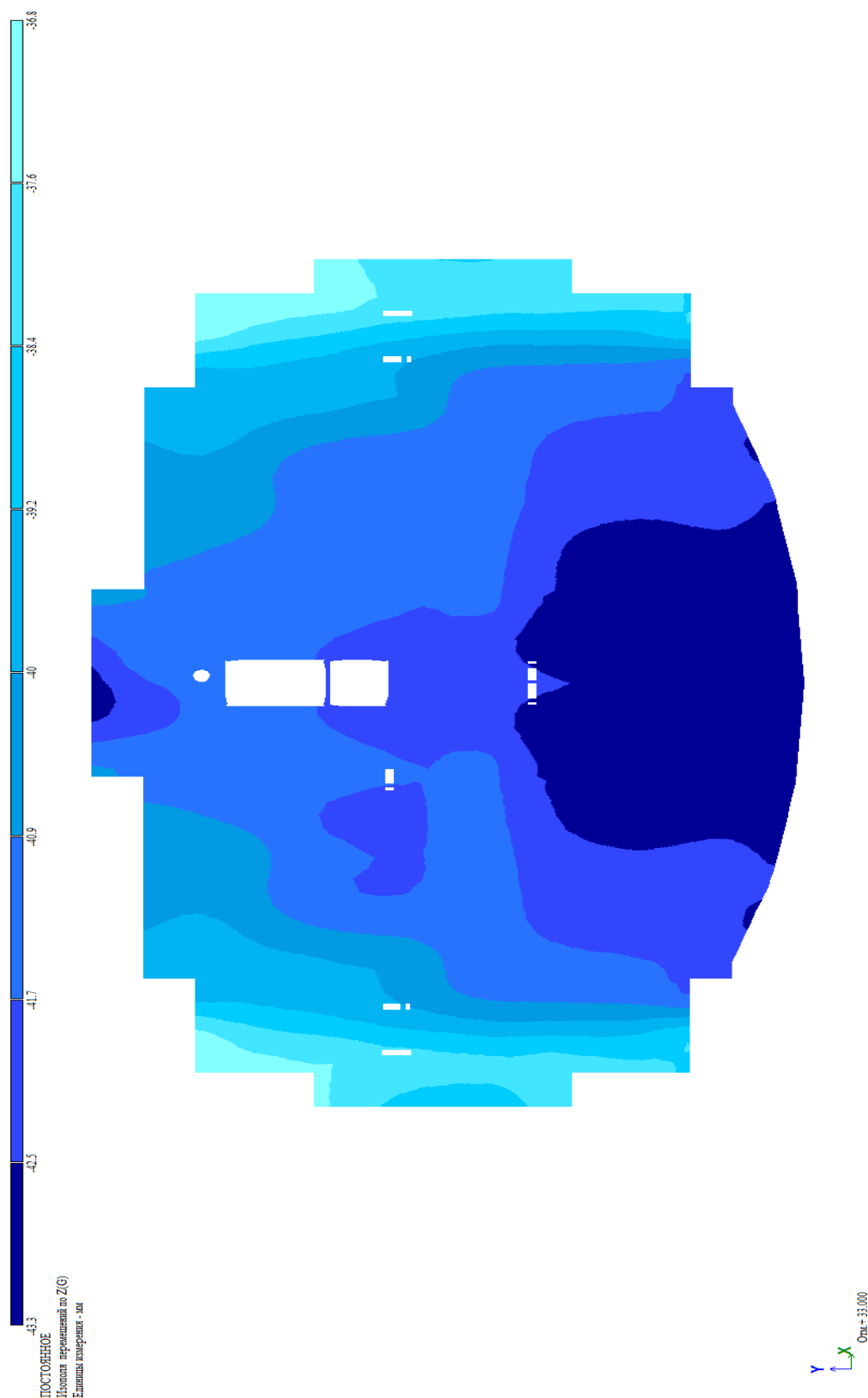


Рисунок 4.17 - Зображення ізополів відносних переміщень по осі Z

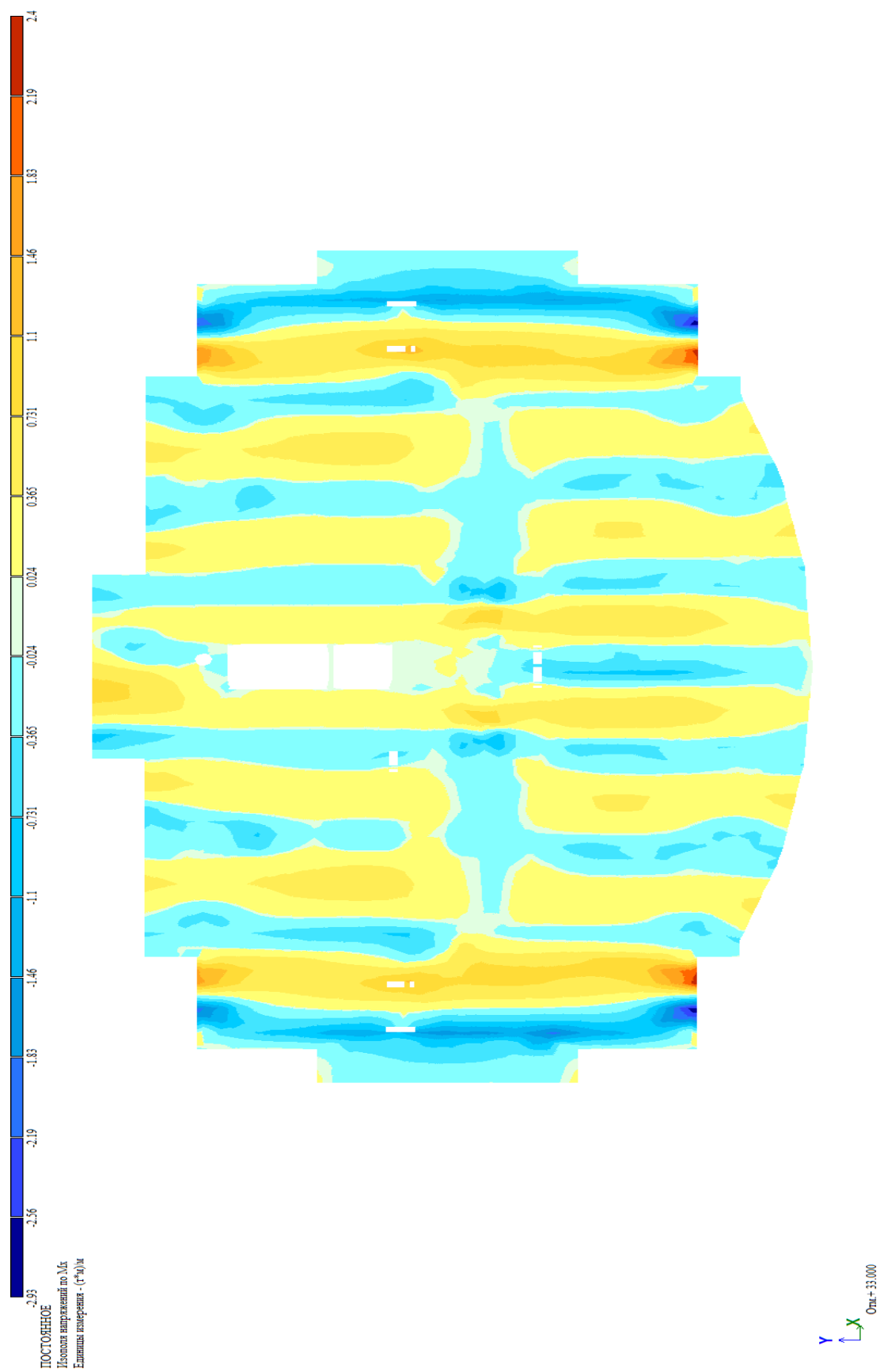


Рисунок 4.18 - Схематичне зображення ізополів згинального моменту по осі X

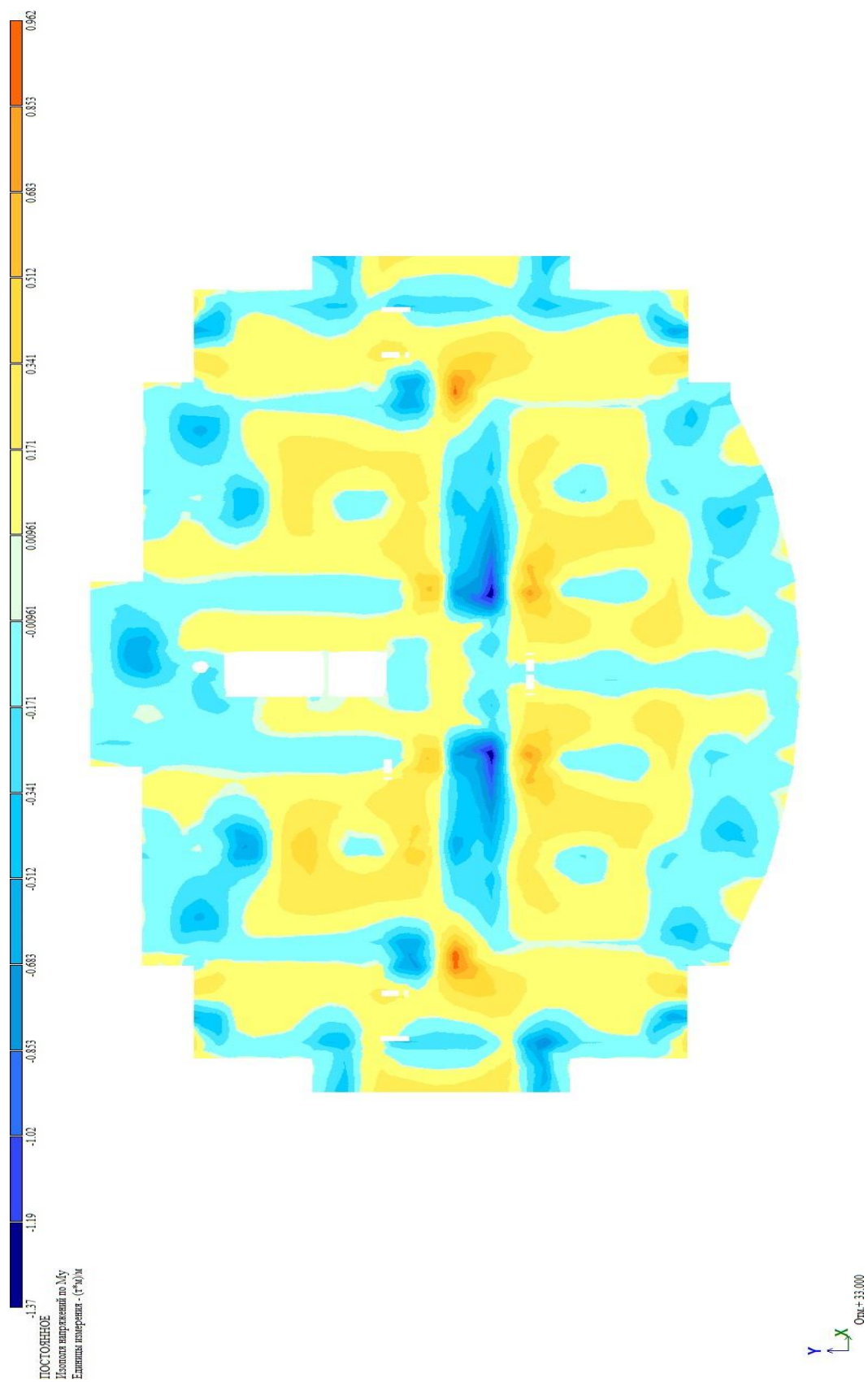


Рисунок 4.19 - Схема ізополів згинального моменту по осі Y

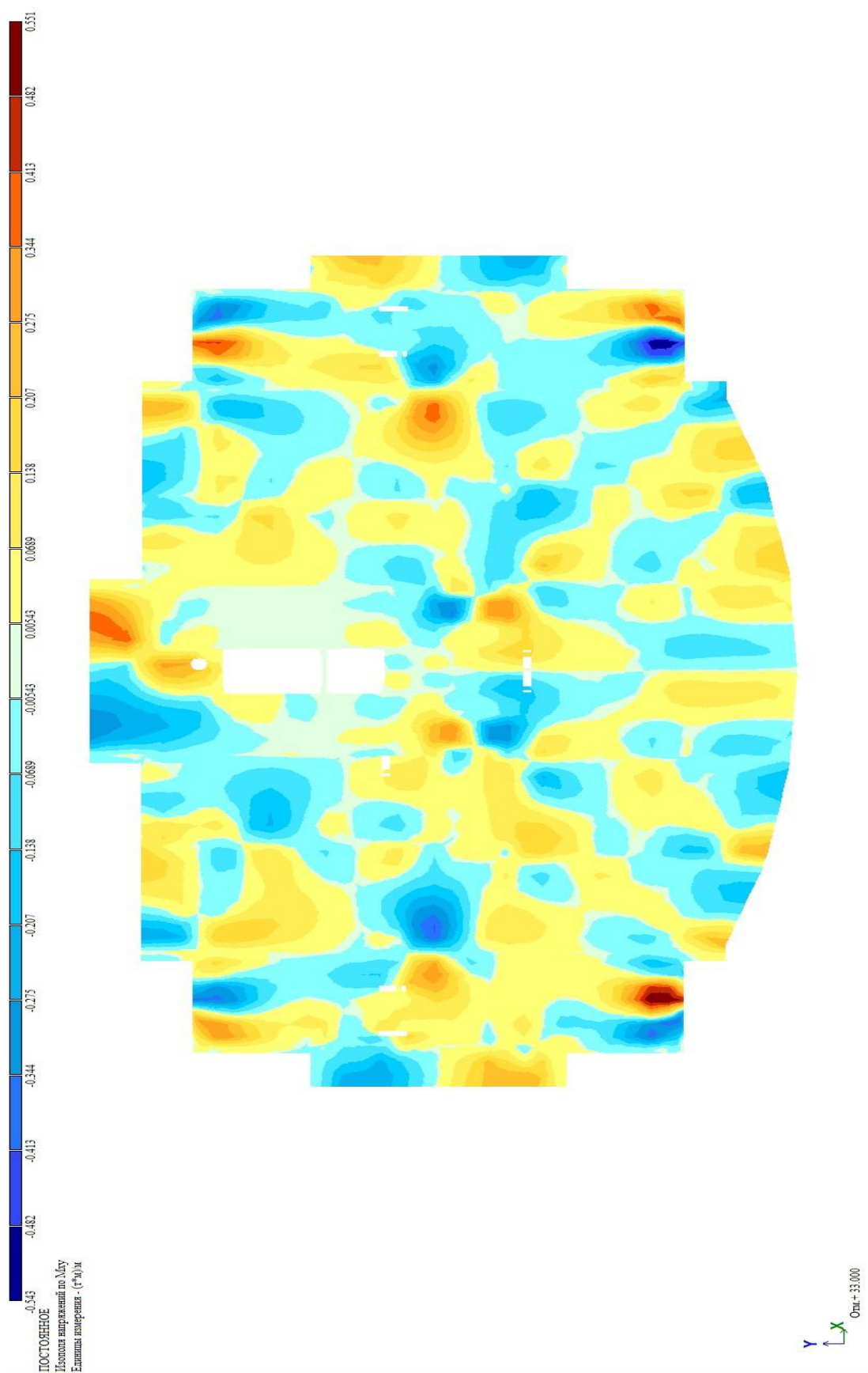


Рисунок 4.20 - Характеристика ізополів згинального моменту по осям X і Y

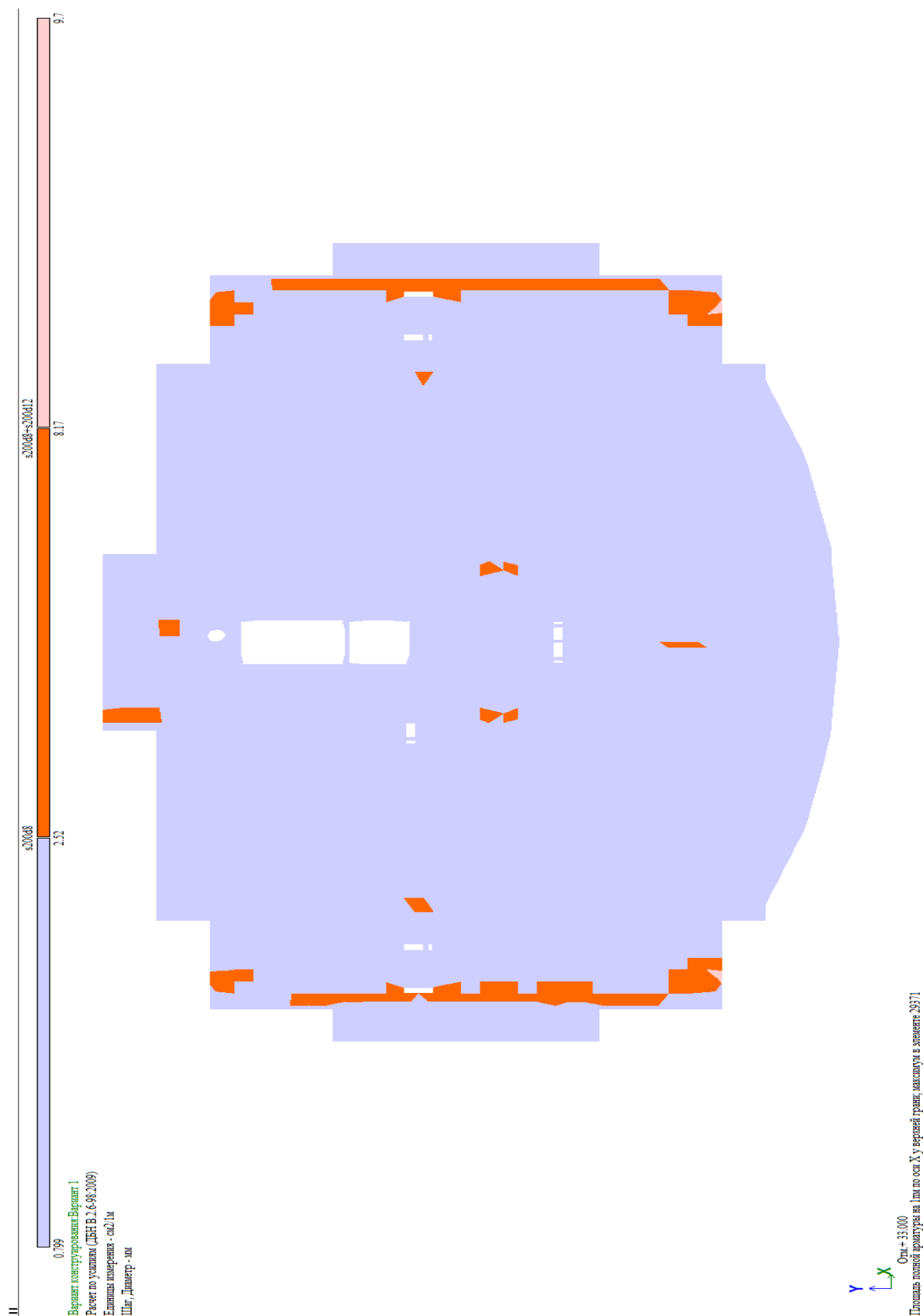


Рисунок 4.21 - Розташування поздовжньої арматури по осі X у верхній зоні

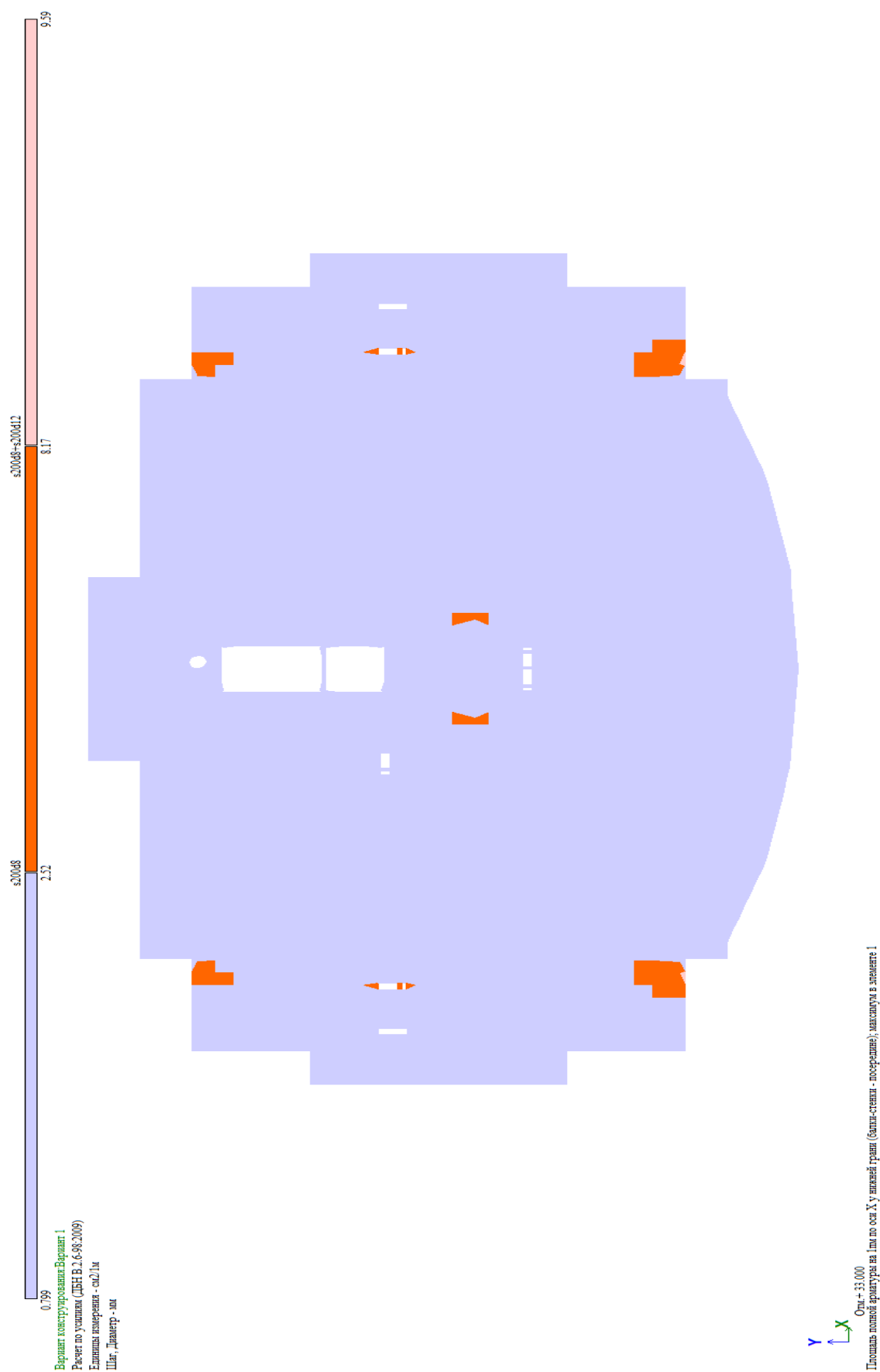


Рисунок 4.22 - Розташування поздовжньої арматури по осі X у нижній зоні

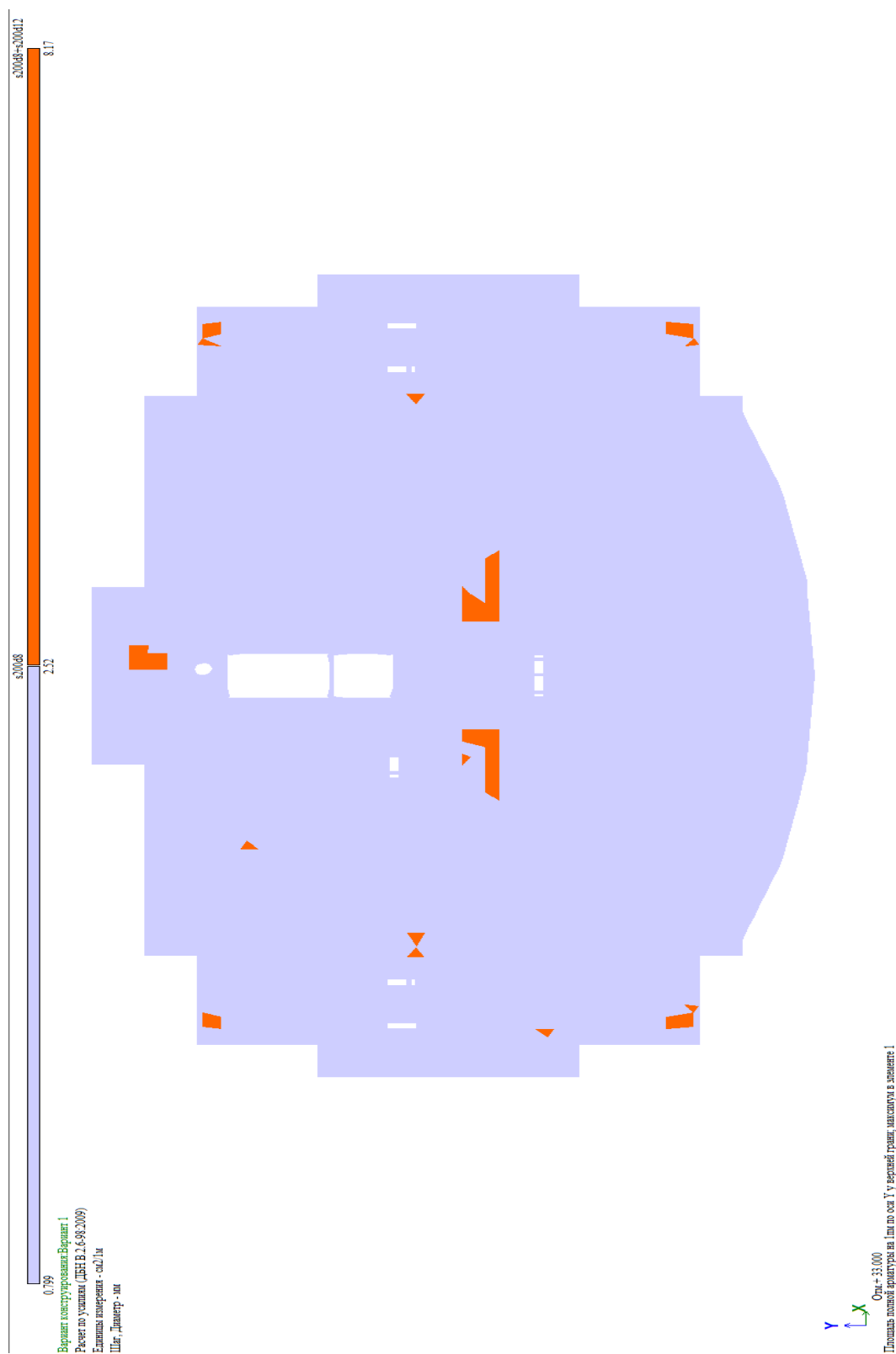


Рисунок 4.23 - Розташування поздовжньої арматури по осі У у верхній зоні

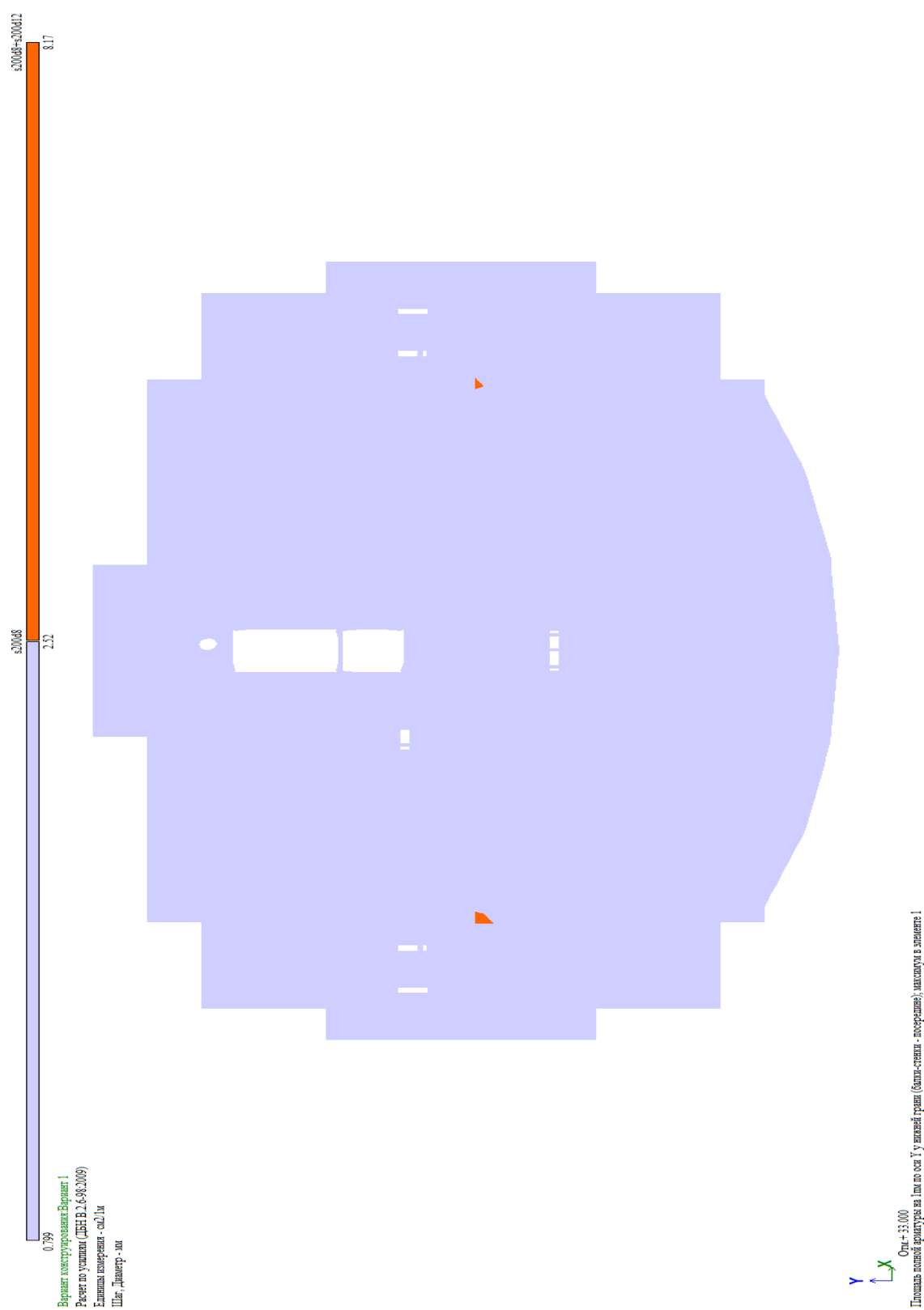


Рисунок 4.24 - Розташування поздовжньої арматури по осі Y у нижній зоні

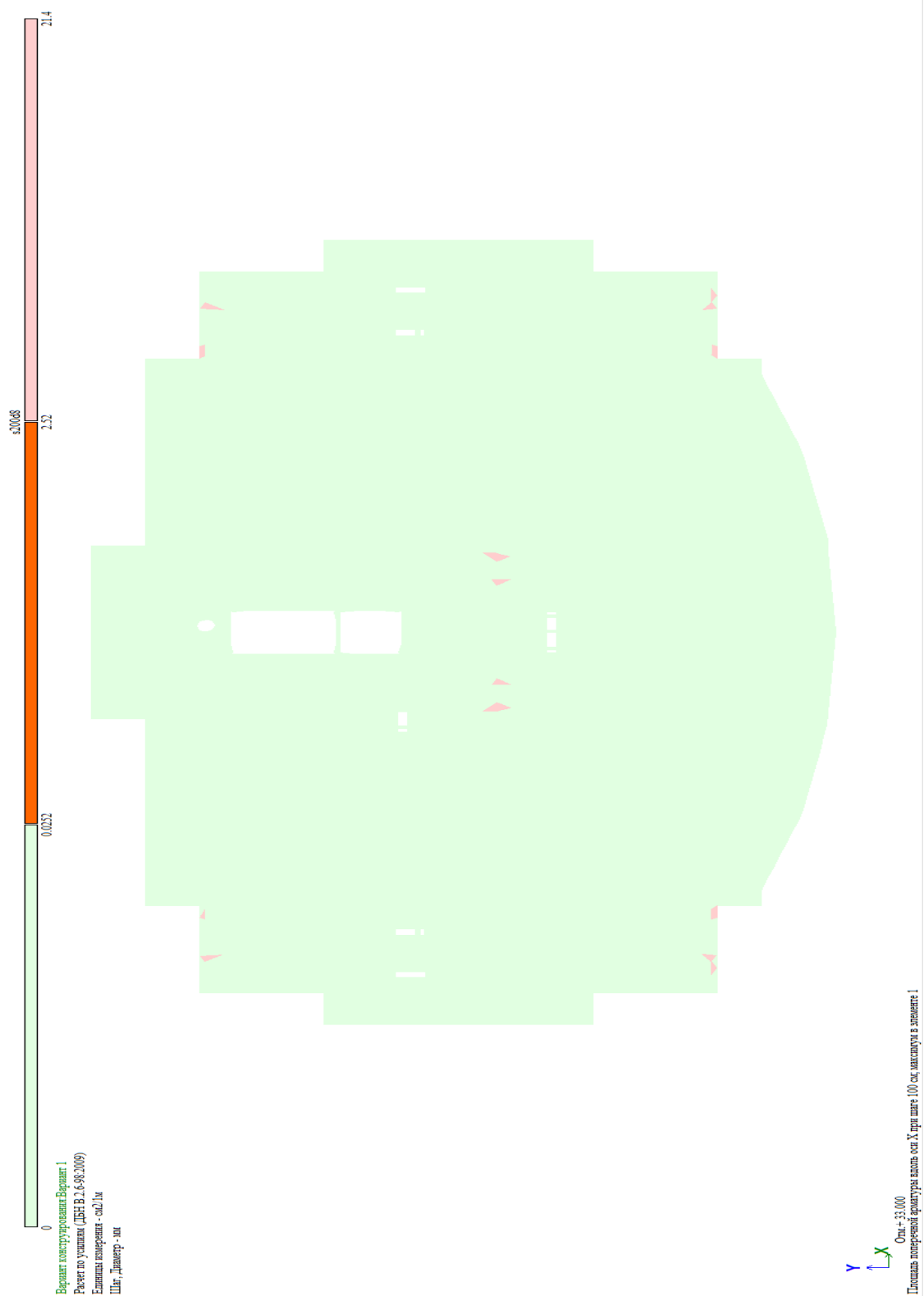


Рисунок 4.25 - Розташування поперечної арматури по осі X

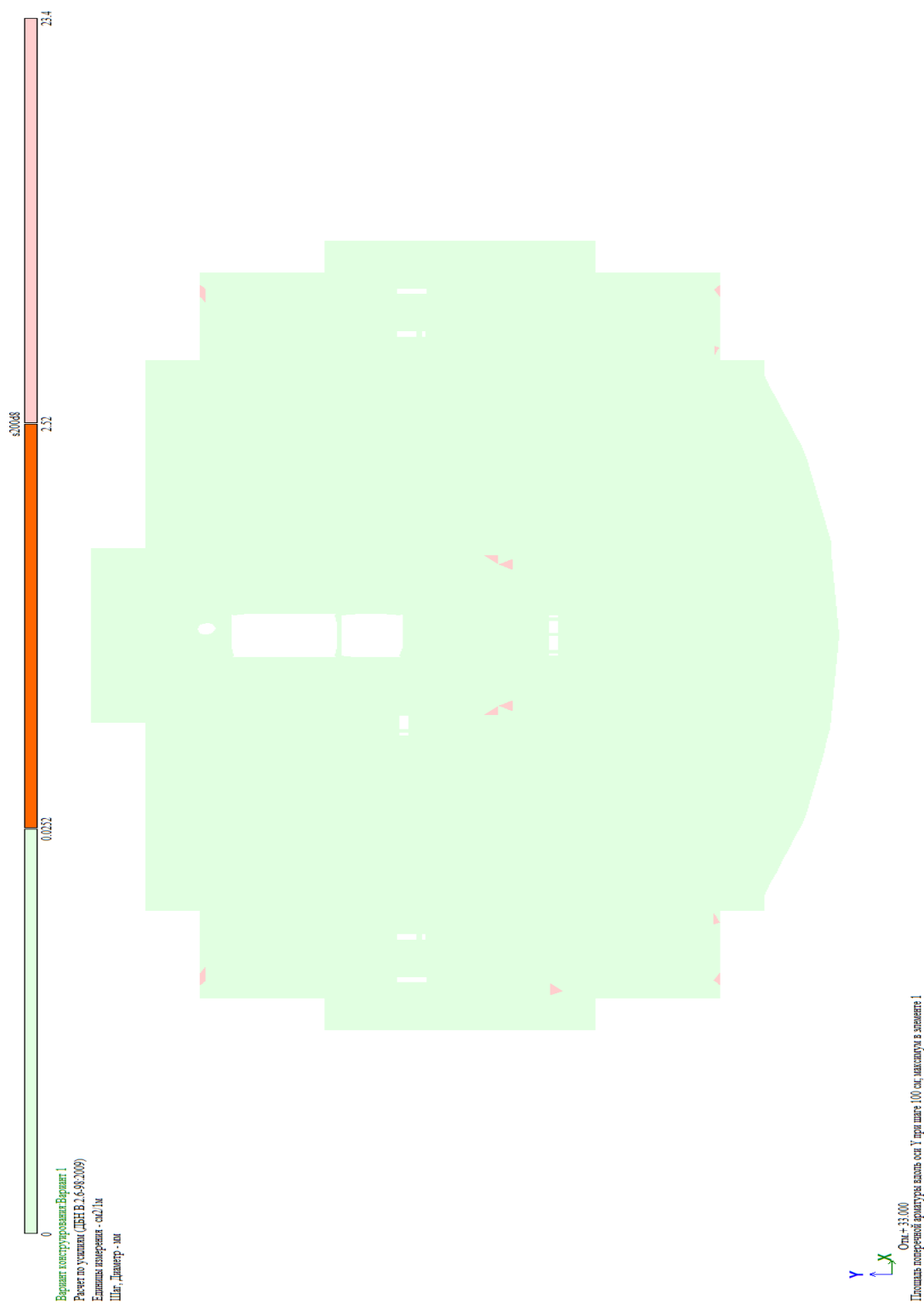


Рисунок 4.26 - Розташування поперечної арматури по осі Y

Проаналізувавши результати числового моделювання, що наведені вище, можна прийняти рішення про вибір армування, а саме:

- фонову арматуру у верхній та нижній зонах приймаємо діаметром Ø8 А 500С з відповідним кроком 200 мм в обох напрямках;
- у верхній зоні локально, згідно схем армування (рисунок 4.25-4.26), обираємо додаткову арматуру Ø8+12 А 500 С з кроком 200 мм;
- поперечну арматуру приймаю конструктивною, з метою встановлення верхньої сітки основної арматури;
- з метою підсилення по контуру прорізів варто обрати таку арматуру Ø8 А500 С;
- каркас проєктуємо в'язаним.

4.3 Технологія та організація будівельного виробництва

4.3.1 Загальні рішення щодо організації будівництва

Перед початком виконання основних будівельно-монтажних робіт на об'єкті необхідно здійснити комплекс підготовчих заходів, що регламентуються вимогами ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [22]. До таких заходів належать:

- проведення організаційних, фінансових та адміністративних дій, необхідних для забезпечення належного старту будівництва, включаючи оформлення дозволів, укладення договорів, забезпечення ресурсів і логістики;
- формування та закріплення геодезичної основи об'єкта, що включає створення системи реперів та закладних знаків для подальшого точного винесення проєктних рішень у натуру;
- очищення території будівельного майданчика від рослинності, побутових та будівельних відходів, вирубування чагарників, демонтаж застарілих споруд, а також виконання первинного планування поверхні рельєфу;
- зведення тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного

призначення (побутові приміщення, склади, навіси, санітарно-побутові блоки, приміщення для обслуговування техніки та механізмів);

- будівництво тих об'єктів і споруд, що передбачені проєктом для тимчасового або постійного використання у процесі організації виробництва робіт (водопровідні колодязі, дренажні системи, тимчасові під'їзні дороги тощо);

- підготовка повного комплексу технологічної та виконавчої документації, необхідної для розпочинання робіт згідно з проєктом організації будівництва та календарним графіком.

Усі геодезичні операції виконуються відповідно до ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи в будівництві» [23], що визначає порядок створення геодезичної розбивочної основи, вимоги до точності вимірювань, а також процедуру передачі осей та висотних відміток у процесі зведення будівлі.

Винесення в натуру головних та допоміжних осей будівель, споруд та інженерних комунікацій здійснюється з використанням спеціальних геодезичних знаків і закладних елементів. Будівельно-монтажна організація несе відповідальність за здійснення геодезичного контролю на всіх етапах робіт, що включає перевірку відповідності положення конструкцій проєктним координатам та відміткам, а також оцінку точності монтажу елементів.

Для забезпечення необхідної точності кутових, лінійних і висотних вимірювань застосовують відповідні геодезичні прилади, контрольно-вимірювальні інструменти та засоби фіксації. Передача осей і висотних позначок по вертикалі виконується із забезпеченням нормативної точності, що є критично важливим для зведення фундаментів, несучих стін і перекриттів.

У підсумковій відомості обсягів робіт та відповідних калькуляціях (таблиці Б.1, Б.2, Б.3) наведено перелік операцій підготовчого періоду, у тому числі планування будівельного майданчика, розробка котловану, ручний добір ґрунту в зоні дна котловану, виконання робіт з улаштування фундаментів та інших початкових конструктивних елементів.

4.3.2 Вибір методів виконання робіт зі зведення будівлі

Будівельні процеси на майданчику розпочинаються з виконання всього комплексу земляних робіт, які включають розробку котловану та формування основи під фундаментні конструкції. Проектна глибина котловану становить 4,5 метра.

Для механізованої розробки ґрунту обирається екскаватор моделі ЕО-412А, обладнаний робочим органом типу «зворотна лопата» з ковшем об'ємом 1,25 м³, що забезпечує ефективне розроблення ґрунту до проектної глибини із заданою продуктивністю.

Вивезення ґрунту виконується автосамоскидами марки МАЗ-503А, вантажопідйомністю 7 т, із середньою дальністю транспортування 10 кілометрів. На місці відвалу ґрунт розрівнюється та ущільнюється відповідно до вимог проекту та нормативів з улаштування земляних споруд.

Остаточне формування дна котловану, включаючи його планування, доопрацювання профілю та добір залишків ґрунту, здійснюється вручну бригадою землекопів для забезпечення високої точності геометрії основи.

Зворотне засипання пазух котловану проводять після завершення улаштування конструкцій підвального поверху. Для засипання використовують залишки ґрунту, отримані під час розробки котловану. Засипання здійснюється пошаровим методом – по 20–30 сантиметрів – із обов'язковим ущільненням кожного шару за допомогою пневматичних трамбівок, що працюють від пересувних компресорних установок.

Улаштування фундаментів. Монолітна фундаментна плита влаштовується за поетапною технологічною схемою:

Монтаж опалубки. Збірна дерев'яна опалубка складається з інвентарних щитів, виготовлених із дощок товщиною 30 мм. Опалубка встановлюється згідно з геодезичною розбивкою та забезпечує необхідну жорсткість і геометричну точність плити.

Встановлення арматурних елементів. Просторові арматурні каркаси плити

монтуються згідно з робочими кресленнями. Забезпечується нормативний захисний шар бетону та правильність розташування верхньої і нижньої арматурних сіток.

Бетонування фундаментної плити. Бетонна суміш подається до місця укладання за допомогою баштового крану КБ-674-1, який використовує поворотні бункери місткістю 1 м³. Розподіл суміші здійснюється рівномірно з дотриманням технологічних перерв.

Ущільнення бетонної суміші. У процесі бетонування бетон ущільнюється глибинними вібраторами моделі ИВ-113, що забезпечує видалення повітряних включень та формування однорідної структури бетонного тіла.

Розбирання опалубки. Демонтаж опалубки проводиться після досягнення бетоном не менше 50 % проєктної міцності. Згідно з прийнятою технологією, мінімальна тривалість технологічної перерви становить 5 діб.

Зведення надземної частини. Вибір вантажопідіймального обладнання.

Для виконання монтажних операцій необхідно визначити вантажопідйомність крана за найбільшою масою монтованих елементів. Після розрахунку монтажних мас і радіуса обслуговування робочої зони підбирається оптимальний тип баштового або стрілового крану, який забезпечує безпечне та продуктивне виконання монтажу зовнішніх та внутрішніх конструктивних елементів будівлі.

$$Q_M = Q_e + Q_{т.о.} = 3,0 + 0,2 = 3,2 \text{ т}, \quad (4.1)$$

де Q_e – маса елемента (баддя з бетоном);

$Q_{т.о.}$ – маса такелажного оснащення.

Монтажна висота:

$$H_M = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 43,95 + 0,5 + 1,5 + 3 = 48,95 \text{ м}, \quad (4.2)$$

де $h_1 = 0,45 + 43,5 = 43,95$ м – висота від рівня стоянки крана до рівня опори;

$h_2 = 0,5$ м – зазор між рівнем опори та нижнім кінцем елемента, що подається на монтаж;

$h_3 = 1,5$ м – висота елемента, що монтується;

$h_4 = 3,0$ м – висота такелажного пристрою.

Виліт стріли:

$$L_m = L_1 + L_2 + L_3 = 19 + 3,8 + 3 = 25,8 \text{ м}, \quad (4.3)$$

де $L_1 = 19 \text{ м}$ – відстань від виступаючої частини будівлі з боку крану до центру ваги віддаленого елемента;

$L_2 = 3,8 \text{ м}$ – відстань від виступаючої частини будівлі з боку крану до крайньої рейки підкранової колії;

$L_3 = 3 \text{ м}$ – половина підкранової колії.

Приймаємо кран КБк-250 з наступними технічними параметрами:

- вантажність $Q = 10 \text{ т}$;
- виліт стріли: $L = 40 \text{ м}$;
- висота підйому: $H = 53 \text{ м}$.

Процеси зведення будинку організовані таким чином, щоб забезпечити максимально ефективне поєднання в часі різних видів будівельно-монтажних операцій. Для транспортування арматурних елементів та подачі бетонної суміші на робочі горизонти застосовується баштовий кран марки КБк-250, який відповідає вимогам вантажопідймальності та радіусу обслуговування, визначеним проєктом.

Каркас будівлі споруджується із використанням комплектної крупнощитової інвентарної опалубки системи Outinord, що забезпечує високу точність геометрії, технологічність монтажу та багаторазове використання щитів.

Перед початком бетонування вертикальних конструкцій (стін та колон) виконуються такі підготовчі технологічні операції:

- встановлення арматурних каркасів та сіток згідно з робочими кресленнями;
- монтаж усіх елементів крупнощитової опалубки з фіксацією на проектних позначках;
- перевірка наявності антиадгезійного мастила на робочій поверхні щитів для забезпечення якісного розпалублення;

- підготовка необхідного інструменту, інвентарю та засобів вимірювання.

Монтаж крупноразмірних щитів опалубки та встановлення арматурних каркасів здійснюється краном. Опалубка перекриття збирається вручну на попередньо встановлених телескопічних або рамних стійках з ригелями.

Бетонна суміш з осадкою конуса до 8 см подається в баддях місткістю 1 м³, змонтованих на гаку баштового крана. Укладання суміші при бетонуванні стін та колон здійснюється рівномірними шарами товщиною 30-40 см з безперервним поступовим заповненням опалубки по висоті. Ущільнення бетонної суміші виконується глибинними вібраторами моделі ИВ-66 до отримання однорідної структури без пустот і незаповнених зон.

Після досягнення бетоном початкової міцності проводиться розпалублення конструкцій. Великі щити переставляються на нову ділянку за допомогою крана.

У журнал бетонних робіт під час бетонування стін обов'язково вносяться такі дані:

- дата початку і завершення бетонування в межах захватки;
- фактичний склад бетонної суміші та характеристики її рухливості;
- обсяги виконаних бетонних робіт по кожній захватці;
- температура навколишнього повітря під час укладання бетону;
- температура бетонної суміші в момент укладання.

Операційний контроль якості бетонних робіт проводиться згідно з вимогами ДБН А.3.1-5-2016 [22]. Відхилення геометричних параметрів готових монолітних стін і колон від проєктних величин не повинні перевищувати нормативно допустимих значень. Під час виконання робіт дотримуються вимог техніки безпеки відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 [24].

У зимовий період для забезпечення належного твердіння бетону організовується підтримання необхідного температурно-вологісного режиму шляхом застосування електропрогріву, теплових гармат або інших засобів термообробки.

Контроль міцності бетону здійснюють шляхом випробування

контрольних зразків, а результати випробувань заносяться до журналу контролю температур.

Зведення будівлі відбувається комплексним способом, який передбачає спорудження всіх основних несучих елементів (колон, стін, ригелів, плит перекриття) у межах одного поверху. Оздоблювальні роботи, монтаж інженерних мереж і кладка стін проводяться після влаштування трьох перекриттів над відповідним поверхом для забезпечення просторової жорсткості конструкцій.

До монтажу плити перекриття поверху на нього завозять малогабаритне обладнання та матеріали, необхідні для продовження будівельних процесів. У місцях тимчасового складування цегли або інших матеріалів опалубка перекриття не демонтується до моменту набору бетоном проєктної міцності.

4.3.3 Технологічна карта на улаштування монолітних конструкцій типового поверху

Технологічна карта розроблена для процесу бетонування монолітних конструкцій типового поверху каркасно-монолітної будівлі розмірами 29,7×19,0 м із застосуванням розбірно-переставної крупнощитової опалубки.

До складу робіт, які регламентуються технологічною картою, входять:

- підготовчі операції та організаційно-технічні заходи;
- транспортування бетонної суміші та її подача до місця укладання;
- укладання бетонної суміші в елементи конструкцій;
- ущільнення бетону глибинними вібраторами;
- забезпечення догляду за бетоном у теплий і холодний сезони.

Роботи виконуються в умовах природного клімату міста Вишневе у двозмінному режимі. Рухливість бетонної суміші в момент укладання повинна відповідати класу Р-2. У випадку подачі суміші автобетонозмішувачами допускається коригування рухливості згідно з рекомендаціями заводу-виробника, за участі лабораторії постачальника та лабораторії будівельно-

монтажної організації.

До обов'язкових умов застосування технологічної карти належать:

- виконання опалубочних робіт відповідно до вимог ТТК-МО-МД-2008;
- виконання арматурних робіт згідно з ТТК-АР-МД-2008;
- підтвердження несучої здатності нижче розташованого перекриття, яке сприймає навантаження від опалубки;
- відповідність міцності вертикальних елементів вимогам ДБН В.2.6-98:2009 [25].

При адаптації карти до конкретних умов будівництва у складі ПВР повинні бути наявні:

- будівельний генеральний план зі схемою роботи вантажопідіймальних механізмів;
- організаційна схема поділу споруди на захватки, із зазначенням розташування робочих швів бетонування відповідно до робочих креслень;
- розрахункові дані щодо передачі навантажень на базове перекриття під час монтажу;
- проєкт технології зимового прогрівання бетону.

4.3.4 Організація будівельного процесу

Перед початком основних робіт виконуються організаційно-технічні дії:

1. Оформлення виконавчої документації, включаючи ведення загального журналу робіт відповідно до ДБН А.3.1-5-2016.
2. Монтаж опалубки, з нанесенням на її поверхню антиадгезійного мастила (ЕКО-24 або іншої універсальної змазки), установлення по периметру перекриття захисної огорожі.
3. Очищення поверхонь опалубки та монтаж арматури з урахуванням нормативних величин захисного шару бетону.
4. Доставка на об'єкт інструментів, інвентарю, допоміжних пристроїв і ресурсів, необхідних для процесу бетонування.

Основні роботи виконуються паралельно, із поєднанням у часі кількох будівельно-монтажних процесів. Для подачі бетону та арматури застосовується кран КБк-250, а монтаж каркаса виконується з використанням системної опалубки Outinord.

Перед бетонуванням пілонів виконуються такі дії:

- установлення арматури,
- монтаж щитів опалубки,
- перевірка нанесення мастила,
- підготовка інструменту та інвентарю.

Монтаж опалубки та арматури здійснюється краном. Опалубка перекриття збирається вручну на встановлених стояках.

Склад ланки бетонувальників: 2 бетонники 4 розряду (Б-1, Б-2), 1 слюсар 3 розряду (С-1), 1 арматурник 3 розряду (А-1).

Послідовність бетонування:

1. Бетонники підіймаються на приймальний майданчик для роботи з баддями, тоді як арматурник і слюсар супроводжують баддю та стабілізують її від розгойдування.

2. Суміш вивантажується у навісний лоток або напряму з бадді з хоботком.

3. Укладання суміші проводиться горизонтальними шарами 0,35-0,40 м у напрямку одного фронту робіт.

4. Віброущільнення здійснюється глибинним вібратором із перекриттям попереднього шару на 5–10 см.

5. Крок перестановки вібратора встановлюється не більше 1,5 радіуса його дії.

6. Безперервна висота бетонування пілонів не повинна перевищувати 5 м.

У холодний період бетон прогрівається відповідно до проєкту термообробки.

У журнал бетонних робіт вносяться:

- дати бетонування кожної захватки;

- склад бетонної суміші та її рухливість;
- обсяги бетонування;
- температурні параметри зовнішнього повітря;
- температура бетонної суміші.

Бетон класу рухливості Р-2 транспортується автобетонозмішувачами. Максимальний час транспортування – 150 хвилин. При використанні пластифікаторів час транспортування визначається лабораторними випробуваннями.

Контроль міцності бетону виконується за результатами випробування контрольних кубів.

Комплексний метод зведення передбачає виконання робіт у межах одного поверху. Кладка та опорядження починаються після влаштування трьох вище розташованих перекриттів. Складування матеріалів на перекритті допускається лише після досягнення бетоном проєктної міцності.

Калькуляція трудовитрат для типового поверху представлена у таблиці 4.10 і містить обсяги робіт, їх найменування, нормативи часу, трудові витрати в людино-змінах, склад ланки та кваліфікаційні розряди виконавців.

Таблиця 4.10 – Калькуляція трудових затрат на зведення типового поверху

N п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Норма часу	Трудо- затрати всього	Склад ланки	
				люд-год	люд-зм	Професія, розряд	Кі-сть
1	Встановлення арматурного каркасу та сіток	1 т	7,62	15	114,3	Армат. 5р Армат. 2р	2
2	Встановлення тунельної опалубки	м ²	1340	0,12	160,8	Тесляр 4р Тесляр 3р	3

Технологічні параметри виконання комплексу робіт зі зведення типового поверху будівлі визначені у таблиці 4.11. У таблиці наведено структурований розрахунок трудових витрат, чисельності та кваліфікаційного складу будівельної бригади, а також тривалість виконання кожного етапу робіт.

Розрахунки виконано з урахуванням прийнятих технологічних схем, норм часу, режиму роботи будівельного майданчика та регламентованих показників продуктивності праці.

Рельєф будівельного майданчика зазнав істотних змін унаслідок тривалої техногенної діяльності, що призвело до його штучного вирівнювання та формування забудованої території. Згідно з чинним нормативним районуванням, глибина сезонного промерзання ґрунтів на ділянці становить 0,8 м.

Таблиця 4.11 – Технологічні розрахунки на зведення типового поверху

N п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Трудозатрати люд-змін		Склад бригади		змінність	Тривалість робіт, днів
				За нормам	Прийнята	Професія, розряд	Кількість		
1	Встановлення арматурного каркасу та сіток	1 т	7,62	114,3	112	Армат. 5р Армат. 2р	14	2	4
2	Встановлення тунельної опалубки	м ²	1340	160,8	160	Тесляр 4р Тесляр 3р	20	2	4
3	Бетонування стін	м ³	68,81	62,62	60	Бетонщик 4р Бетонщик 2р	10	2	3
4	Встановлення та в'язання арматури	1 т	7,9	110,6	112	Армат. 4р Армат. 2р	14	2	4
5	Бетонування перекриттів	м ³	78,46	48,65	50	Бетонщик 4р Бетонщик 2р	8	2	3
6	Розбирання тунельної опалубки	м ²	1340	201	200	Тесляр 4р Тесляр 3р	20	2	5

Проектна відмітка закладання ростверків прийнята на рівні 0,0 м від поверхні природного рельєфу ґрунту, що відповідає конструктивним і геотехнічним умовам майданчика. Як пальові елементи застосовують забивні залізобетонні палі типу С10-30, які забезпечують сприйняття проектних навантажень від надземних конструкцій будівлі. Розрахунковий опір основи палі за несучою здатністю становить: $R=3978$ кПа.

Висновки за розділом 4

У межах розділу 4 виконано комплекс інженерних розрахунків та проектних рішень, спрямованих на розроблення конструктивної схеми

дванадцятиповерхового монолітного житлового будинку у місті Вишневе Київської області. Як основний будівельний матеріал прийнято монолітний залізобетон, що є оптимальним для багатоповерхових споруд завдяки високій просторовій жорсткості, рівномірному перерозподілу зусиль та можливості формування гнучких об'ємно-планувальних рішень. Застосування змінних перерізів несучих елементів забезпечує ефективне керування деформаційною стійкістю та загальною жорсткістю будівлі.

Будівля має складену багатокутну конфігурацію в плані з основними габаритами $29,70 \times 19,00$ м та прибудованою автостоянкою розміром $29,70 \times 23,19$ м. По висоті споруда включає підвальний рівень, перший нежитловий поверх, одинадцять житлових поверхів і технічний поверх.

На основі матеріалів інженерно-геологічних досліджень запроєктовано фундамент у вигляді забивних залізобетонних паль типу С10-30, об'єднаних монолітним ростверком висотою 900 мм. Несуча здатність паль визначена за результатами геотехнічних розрахунків з урахуванням опору ґрунту по боковій поверхні та підшві.

Перекриття запроєктовано монолітними залізобетонними плитами товщиною 160 мм, що спираються на внутрішні та зовнішні несучі стіни. Внутрішні стіни виконані у вигляді монолітних залізобетонних елементів товщиною 300 мм із бетону класу С25/30, армованих окремими стержнями відповідно до проєктних вимог.

У межах розділу проведено теплотехнічний аналіз зовнішньої стіни та виконано порівняння отриманого опору теплопередачі з нормативними значеннями. Перевірка показала відповідність конструкції вимогам енергоефективності згідно з діючими нормативами.

Організаційно-технологічна частина розділу охопила розроблення технологічної карти на влаштування монолітних конструкцій типового поверху, визначення трудовитрат на виконання будівельно-монтажних робіт, вибір типу баштового крану для забезпечення монтажних процесів та формування календарного графіка будівництва.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Кошторисна документація на будівництво житлового будинку

Кошторисна документація на будівництво складена в поточних цінах станом на 2025 рік у відповідності з Кошторисними нормами України. Настанова з визначення вартості будівництва [26]. Для визначення кошторисної вартості складаємо інвесторську кошторисну документацію (додаток В):

- локальний кошторис на загально будівельні роботи (таблиця 5.1),
- на внутрішні санітарно-технічні роботи (таблиця 5.2),
- внутрішні електромонтажні (таблиця 5.3),
- на монтаж технологічного устаткування (таблиця 5.4),
- на придбання технологічного устаткування (таблиця 5.5),
- об'єктний кошторис(таблиця 5.6),
- зведений кошторисні розрахунки (ЗКР) (таблиці 5.7).

Локальні кошториси (таблиця 5.1 – 5.5) підраховуємо за укрупненими кошторисними нормами на основі об'єму будівлі (разом з підземною частиною) – 144282 м³.

Заробітна плата 7 –го розряду робіт -171.52 грн/люд-год для розрахунку заробітної плати робочих, що виконують загально виробничі витрати. Кошторисний прибуток приймаємо 22.5 грн/люд-год, адміністративні витрати 5,66 грн/люд-год, ризик усіх учасників інвестиційного процесу – 2,5% від суми глав 1-12 ЗКР, витрати, які враховують інфляційні процеси, приймаємо 32,2 % від суми глав 1-12 ЗКР.

Для розрахунку кошторисного прибутку в ЗКР необхідно визначити загальну кошторисну трудомісткість по будівельному об'єкту, яка складається з таких трудовитрат:

- нормативно-розрахункова кошторисна трудомісткість в прямих витратах – $T_{ПВ}$ (визначається за локальними кошторисами) –
- 744,263 тис. люд-год,

- розрахункова кошторисна трудомісткість в загальновиробничих витратах (ЗВВ) (визначається за локальними кошторисами)
- 81,45 тис. люд-год;
- розрахункова кошторисна трудомісткість в засобах на зведення та розбирання титульних тимчасових будівель та споруд:

$$T_{\text{тимч}} = 0,015 \times T_{\text{пв}} = 11,164 \text{ тис. люд-год}, \quad (5.1)$$

- де 0,015- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт на зведення та розбирання тимчасових будівель.
- розрахункова кошторисна трудомісткість в додаткових затратах при виконанні БМР в зимовий період

$$T_{\text{зим}} = 0,166 \times T_{\text{пв}} = 123,548 \text{ тис. люд-год}, \quad (5.2)$$

де 0,166- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт в зимовий період . Всього $T = 960,43$ тис. люд-год,

Кошторисний прибуток $\Pi = 22.5 \times 960,43 = 21609,68$ тис. грн.

Загальна площа приміщень становить 25441,64 м².

Прибуток від продажу із розрахунку, що 1 м² житлової площі коштує 28 тис. грн :

$$\Pi = 28 \times 25441,64 = 712365,92 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності – 1 рік

5.2 Розрахунок техніко-економічних показників проекту

На основі складених кошторисних розрахунків та отриманих планувальних показників розраховуємо техніко-економічні показники проекту [27] у табличній формі (таблиця 5.8).

Таблиця 5.8 – Техніко-економічні показники проекту

Назва показника	Одиниця виміру	Дипломний проект	
		Розрахунок	Показник
Площа забудови,	м ²	S заб	2595
Будівельний об'єм,	м ³	V	144282
Загальна площа	м ²		25441,64
Кошторисна вартість		Зв.коштр.	
а) будівництва	тис.грн.	Об'єктн.	704697,31
б) об'єкта	тис.грн.	кошт.	559911,66
в) БМР (С _{БМР})	тис.грн.	Лок.кошт	250811
Кошторисна вартість загальнобудівельних робіт на 1 м ² будівлі	грн.	С _{БМР} / S	22008
Витрати праці	тис. люд-год	T	825,72
Середньо змінний виробіток на одного робітника	Тис.грн./люд-год	С _{БМР} / T	615.91
Витрати праці на 1 м ³ будівлі	люд-год	T / V	5,73
Прибуток буд. організації	тис. грн.		21609,68
Рівень рентабельності	%		10,21
Строк окупності	роки		1

Висновки до розділу 5

Розділ складається з локальних, об'єктного та зведеного кошторисів, а також підрахованих техніко-економічних показників проекту, де наведено інвестиційну привабливість та доцільність інвестиційних вкладень в будівництво висотного житлового будинку.

Кошторисна документація складена із застосуванням програмного комплексу АВК, за допомогою якого порашовані локальні та об'єктні кошториси та зведений кошторисний розрахунок.

Також розділ містить інформацію про локальний кошторис на підземну частину, на загальнобудівельні роботи, локальний кошторис на внутрішні санітарно-технічні роботи, внутрішні електромонтажні роботи та на монтаж технологічного устаткування, на придбання технологічного устаткування, об'єктний кошторис та зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва в цілому.

ВИСНОВОК

В наслідок виконаних розрахунків було отримано такі результати:

- проаналізовано зміну напружено-деформованого стану фундаментів будинку за даними числового моделювання спільної роботи елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» на прикладі покращення деформаційних характеристик та показників міцності ґрунтів основи шляхом застосування бурозмішувальної технології та влаштування ґрунтоцементних елементів;
- встановлено, що характер напружено-деформованого стану фундаментів суттєво залежить від жорсткості надземної частини будинку та розташування несучих конструкцій в плані;
- запропоновано варіаційний розрахунковий підхід для пошуку раціонального варіанту фундаментних конструкцій будівлі або споруди шляхом числового моделювання взаємодії елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» для призначення потрібних параметрів ґрунтоцементних елементів (довжина, діаметр, розташування в плані).

Другий варіант виявився економнішим, однак з'являється крен будівлі та збільшується величина осідання. Виходячи з цього остаточно був прийнятий варіант №1 – будівля на пальовому фундаменті.

Відносна різниця осідання другого варіанту складає 0,018м, що в свою чергу не перевищує граничних значень, наведених в нормах.

В результаті проведених розрахунків першого варіанту (пальового фундаменту) осідання склало 41,7 мм, зона максимального осідання розташована під висотною частиною будівлі. При проектуванні фундаментної плити осідання зросли в 2,6 рази і склали 108 мм, також зона осідання змістилась до ядра жорсткості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зуїдін А. Врахування генетичної нелінійності при проектуванні/ А. Зуїдін // Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/.pdf>
2. ДБН В.2.2-41:2019 "Висотні будівлі. Основні положення" Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2019 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074874197005042809?doc_type=2
3. Жук В. Напружено-деформований стан фундаментів будинку з врахуванням можливого водонасичення лесових ґрунтів / В. Жук, О. П'ятков, С. Трамбула // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науковотехнічний збірник. – К.: КНУБА. 2020. Вип. 41. С. 22-31.
4. Жук В., Шульгач Б. Роль параметрів фундаментних конструкцій у формуванні напружено-деформованого стану фундаментів будинку // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науковотехнічний збірник. К.: КНУБА. 2021. Вип. 42. С. 19-29.
5. Ручківський В. Формування напружено-деформованого стану основи при зведенні фундаментів на різних відмітках в щільно забудованій території // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науковотехнічний збірник. К.: КНУБА. 2021. Вип. 42. С. 64-71.
6. Носенко В. С. Числове моделювання напружено-деформований стану пальового фундаменту будинку з використанням різних моделей ґрунтової основи/ В. С. Носенко, О. О. Кашоїда// Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. К.: КНУБА. 2019. Вип. 38. С. 34-42.
7. Бойко І.П. Особливості взаємодії пальових фундаментів під висотними будинками з їх основою. / І.П.Бойко // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. К.: КНУБА. 2006. Вип. 30. С. 3-8.

8. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/2110-2018.pdf>
9. ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження та впливи. Норми проектування [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/37.1.-DBN-V.1.2-22006.-SNBB.-Navantazhennya-i-vplivi.-Nor.pdf>
10. ДБН А.2.1-1-2008 "Інженерні вишукування для будівництва" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074132130146550876?doc_type=2
11. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf
12. ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200410998024438840
13. Кашоїда О. О. Взаємодія пальових фундаментів з ґрунтовими основами при врахуванні зміни жорсткості конструкцій будівлі/ дис. канд. техн. наук.: К., 2023. 169 с.
14. Моргун А.С. Застосування методу граничних елементів у розрахунку паль в пластичному середовищі ґрунту: монографія / А.С. Моргун. Вінниця : Універсум-Вінниця, 2001. 64 с
15. Моргун А.С. Ефекти взаємодії наземної та підземної частини висотних будівель [Текст] / А.С. Моргун, І.М. Меть // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2010. №1 (27) С. 16-19.
16. Моргун А. С. Інноваційні технології розрахунку за МГЕ фундаментів глибокого закладання(паль-оболонки) / А. С. Моргун, І. М. Меть, А. В. Колесник, Р. І .Лебідь // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2024-2. С . 67-74. Режим доступу: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/914/844>
17. Зоценко М. Л. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. Харків: «Друкарня Мадрид», 2016. 94 с

18. ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619
19. ДБН В.2.2-28-2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423
20. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення"[Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2
21. ДСТУ Б В.2.6-23:2009 Блоки віконні та дверні - Загальні технічні умови [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/5-1-0-1077>
22. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-01-01]. К., Держбуд України, 2016. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64312
23. ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві"[Чинний від 2010-01-01]. – К., Держбуд України, 2010. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
24. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074220455066862610
25. ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200410998024438840
26. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0293858-13#Text>
27. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навчальний посібник / Гойко А.Ф., Ізмайлова К.В., Гриценко О.С., Гриценко Ю.О., Беленкова О.Ю. К.: КНУБА, 2010. -140 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Зміна напружено-деформованого стану фундаментних
інструкцій висотної будівлі в залежності від параметрів ґрунтової основи

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Ідентифікаційний номер: БМГА, ФБЦЕІ, гр. 2Б-24м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism (КПІ) 20,85 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

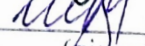
- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

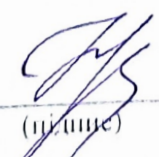
Експертна комісія:

Бікс Ю.С., доцент кафедри БМГА
(прізвище, ініціали, посада)

Швель В.В., завідувач кафедри БМГА
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)


(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Блащук Н.В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Меть І.М., доцент кафедри БМГА
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач ГЕВ
(підпис)

Тімін С.В.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Відомість підрахунку об'ємів будівельно-монтажних робіт на будівельному майданчику

№ п/п	Назва роботи	Одиниці виміру	Об'єм роботи
1	2	3	4
Роботи підготовчого періоду			
1	Планування майданчика	м ²	3090,8
	Земляні роботи		
2	Розробка ґрунту в котловані (h=4,5 м)	м ³	6010,23
3	Добірка ґрунту вручну та підчистка дна котловану	м ³	180,3
4	Зворотня засипка ґрунту з пошаровим ущільненням механізованим способом	м ³	371,5
Влаштування фундаментів			
5	Пальових фундаментів	100м ³	109,66
	Влаштування підвальної частини будівлі		
6	Влаштування колон підвального поверху	шт	9
7	Влаштування монолітних залізобетонних стін підвального поверху	м ³	108,03
8	Влаштування внутрішніх стін	м ³	142,46
9	Влаштування перекриття паркінгу	м ³	110,2
10	Влаштування монолітного залізобетонного сходово-ліфтового блоку	м ³	32,8
Надземна частина 1-12 поверхи (по поверхово)			
11	Влаштування монолітної залізобетонної плити перекриття	м ³	119,79
12	Влаштування зовнішніх стін	м ³	83,28
13	Влаштування внутрішніх стін та перегородок	м ³	113,87
14	Влаштування монолітного залізобетонного сходово-ліфтового блоку	м ³	32,8
Технічний поверх			
15	Влаштування монолітної залізобетонної плити перекриття	м ³	119,79
16	Влаштування зовнішніх стін	м ³	83,28
17	Влаштування внутрішніх стін та перегородок	м ³	113,87
18	Влаштування монолітного залізобетонного сходово-ліфтового	м ³	21,2

	блокуб		
--	--------	--	--

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4
Влаштування покриття			
19	Влаштування монолітної залізобетонної плити покриття	м ³	119,79
20	Влаштування експлуатуємої покрівлі	м ²	564,3
Опоряджувальні роботи			
21	Встановлення дверних блоків	м ²	623
22	Влаштування гідроізоляції	м ²	112
23	Поліпшена штукатурка стін	м ²	2832
24	Поліпшене штукатурення стелі	м ²	1067
25	Високоякісне фарбування стін водоемульсійними сумішами	м ²	2018
26	Заповнення віконних прорізів віконними блоками	м ²	543
27	Фасадна штукатурка	м ²	3178
Влаштування підлог (по поверхово)			
28	Влаштування паркетної підлоги	м ²	212,88
29	Влаштування підлоги з керамічної плитки	м ²	86,75

Таблиця Б.2 – Визначення об'ємів будівельно-монтажних робіт

Назва	Одиниці виміру	Розрахунок	Кількість
1. Планування майданчика	м ²	$(23,19+19+2*10)*(29,7+2*10)=3090,8$	3090,8
2. Розробка ґрунту в котловані	м ³	Ґрунт – супісок, m=1:0,25 $L_1=42,19$ м, $L_2=29,7$ м, $H=4,5$ м $L_3 = H * m + L_1 + H * m =$ $4,5*0,25+42,19+4,5*0,25= 44,44$ м $L_4 = H * m + L_2 + H * m =$ $4,5*0,25+29,7+4,5*0,25 = 31,95$ м $V_{\text{заг.}} = (H / 6 * ((2 * L_1 + L_3) * L_2 + (2 * L_3 + L_1) * L_4)) = (4,5 / 6 * ((2* 42,19 + 44,44) * 29,7 + (2 * 44,44 + 42,19) * 31,95)) = 6010,23$	6010,23
3. Добірка ґрунту вручну (3%)	м ³	$6010,23*0,03=180,3$	180,3
4. Влаштування пальових фундаментів	100 м ³	3 розділу «основи і фундаменти»	109,66
6. Влаштування підвальної частини будівлі	м ³	$V_{\text{підв.}}=V_{\text{зов.ст.}}+V_{\text{вн.ст.}}+V_{\text{пер.пар.}}+V_{\text{сх-ліф.бл.}}$ $108,03+142,46+110,2+32,8=393,49$	393,49
5. Зворотна засипка ґрунту з пошаровим ущільненням	м ³	$V_{\text{зв.зас.}} = V_{\text{заг.}} - V_{\text{фунд.пл.}} - V_{\text{підв.}}$ $6010,23-877,13-4761,6=371,5$	371,5
7. Влаштування надземної частини будівлі (по поверхово)	м ³	$V_{\text{жит.пов.}}=V_{\text{пл.пер.}}+V_{\text{зов.ст.}}+V_{\text{вн.ст.}}+V_{\text{сх-ліф.бл.}}$ $119,79+83,28+113,87+32,8=349,74$	349,74
8. Влаштування технічного поверху	м ³	$V_{\text{тех.пов.}}=V_{\text{пл.пер.}}+V_{\text{зов.ст.}}+V_{\text{вн.ст.}}+V_{\text{сх-ліф.бл.}}$ $119,79+83,28+113,87+21,2=349,74$	338,14
9. Влаштування покрівлі	м ²	$29,7*19=564,3$	564,3
10. Опоряджувальні роботи	м ²	$\Pi_{\text{оп.}}=\Pi_{\text{дв.}}+\Pi_{\text{гідр.}}+\Pi_{\text{ст.1}}+\Pi_{\text{стелі}}+\Pi_{\text{ст.2}}+\Pi_{\text{вік.}}+\Pi_{\text{фас}}$ $623+112+2832+1067+2018+543+3178=10373$	10373
11. Влаштування підлоги	м ²	$\Pi_{\text{підл.}}=\Pi_{\text{парк.}}+\Pi_{\text{кер.пл.}}$ $212,88+86,75=299,63$	299,63

Таблиця Б.3 – Калькуляція трудових затрат

Калькуляція трудових затрат

№ п/п	Найменування робіт	Обсяг робіт		Обґрунтування за ДБН Д 2.2.	Норма на од. виміру, люд.-год	Трудоємність, люд.-зм		Склад бригади		К-ть змін в день	Трив а л і с ь, д н і
		Од. виміру	Кількість			Нормативна	Прийнята	Професія	К-ть		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Підготовчий етап будівництва		3%	-	-	437,4	432		36	2	6
2	Розробка ґрунту в котловані із навантаженням у автотранспорт	100 м³	60,1	1-16-15	11,05	83,01	80	машиніст 2р	10	2	4
3	Добір ґрунту вручну	100 м³	1,8	1-163-9	719,9	161,98	160	землекоп 2.7р	16	2	5
4	Влаштування пальових фундаментів	100 м³	109,66	5-42-1	16,66	228,37	224	бетонник 3р	8	2	14
5	Влаштування пілонів підвального поверху	100 м³	0,16	6-14-6	732,25	14,65	16	бетонник 3.2р	4	2	2
6	Влаштування монолітних з/б стін підвального поверху	100 м³	1,08	6-13-4	858,4	115,88	120	бетонник 3.2р	12	2	5
7	Влаштування внутрішніх стін	1 м³	142,46	8-22-1	5,88	104,71	110	муляр 3.1р	11	2	5
8	Влаштування монолітного з/б сходово-ліфтового блоку	100 м³	0,328	6-17-3	2030	83,23	84	бетонник 3.2р	14	2	3
9	Влаштування монолітної з/б плити перекриття над підвалом	100 м³	1,2	6-22-1	1168,7	175,31	168	бетонник 3.1р	12	2	7
10	Зворотня засипка ґрунту з пошаровим ущільненням	100 м³	3,72	1-166-3	206	95,79	96	землекоп 1.5р	12	2	4
11	Влаштування монолітної з/б плити перекриття 1-12 поверхів	100 м³	1,2	6-22-1	1168,7	175,31	168	бетонник 3.1р	12	2	7
12	Влаштування легкобетонних зовнішніх стін 1-12 поверхів	1 м³	83,28	8-22-3	4,85	50,49	48	муляр 2.8р	12	2	2
13	Влаштування внутрішніх стін та перегородок 1-12 поверхів	1 м³	113,87	8-22-1	5,88	83,69	88	муляр 3.1р	11	2	4
14	Влаштування монолітного з/б сходово-ліфтового блоку	100 м³	0,328	6-17-3	2030	83,23	84	бетонник 3.2р	14	2	3
15	Влаштування монолітної з/б плити перекриття технічного поверху	100 м³	1,2	6-22-1	1168,7	175,31	168	бетонник 3.1р	12	2	7
16	Влаштування легкобетонних зовнішніх стін технічного поверху	1 м³	83,28	8-22-3	4,85	50,49	48	муляр 2.8р	12	2	2

Продовження таблиці Б.3

17	Влаштування внутрішніх стін та перегородок технічного поверху	1 м ³	113,87	8-22-1	5,88	83,69	88	муляр 3.1р	11	2	4
18	Влаштування монолітного з/б сходово-ліфтового блоку	100 м ³	0,212	6-17-3	2030	53,80	56	бетонник 3.2р	14	2	2
19	Влаштування монолітної залізобетонної плити покриття	100 м ³	1,2	6-22-1	1168,7	175,31	168	бетонник 3.1р	12	2	7
20	Влаштування покрівлі	100 м ²	5,64	12-1-4	44,87	31,63	32	покрівельник 3.8р	8	2	2
21	Влаштування паркетної підлоги	100 м ²	2,13	11-34-2	124,89	33,25	32	столяр 3.9р	8	2	2
22	Влаштування підлоги з керамічної плитки	100 м ²	0,87	11-27-2	167,48	18,21	16	плиточник 3.2р	4	2	2
23	Влаштування віконних блоків	100 м ²	5,43	10-20-2	126	85,52	80	теплари 3.9р	8	2	5
24	Влаштування дверних блоків	100 м ²	6,23	10-28-2	79,28	61,74	64	теплари	8	2	4
25	Поліпшена штукатурка стелі	100 м ²	10,67	15-60-2	97,84	130,49	120	штукатур 3.7р	20	2	3
26	Поліпшена штукатурка стін	100 м ²	28,32	15-60-1	93,39	330,60	320	штукатур 3.7р	20	2	8
27	Високоякісне фарбування стін водоемульсійними сумішами 1-12 поверхів	100 м ²	20,18	15-152-1	15,18	38,29	32	маляр 2.7р	8	2	2
28	Фасадна штукатурка	100 м ²	31,78	15-51-1	100,81	400,47	400	штукатур 4.4р	20	2	10
29	Санітарно-технічні роботи	1000 м ³	3,79	-	200	94,75	90	сантехніки	15	2	3
30	Електромонтажні роботи	1000 м ³	2,92	-	200	73,00	64	електрики	16	2	2
31	Здача об'єкту в експлуатацію	-	-	-	-	-	-	різні	4	2	10

Додаток Г

Відомість графічної частини МКР

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Актуальність дослідження. Мета роботи. Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Основні задачі дослідження.	
2	Ефективність системи «основа – фундамент – надземні конструкції»	
3	Скінченно-елементна модель палевого та плитного фундаментів	
4	Зусилля в палях. Пікові значення згинальних моментів	
5	Фасад 1-15. План першого та типового поверхів	
6	Розріз 1-1, розріз 2-2, розріз 4-4	
7	План розташування бурінекційних паль та ростверку. Схеми стикування палі з ростверком.	
8	Схеми розташування основної та додаткової арматури	
9	Інженерно-геологічний розріз 7-7, схематичне розташування свердловин	
10	Технологічна карта на влаштування монолітних конструкцій типового поверху	
11	Календарний графік, техніко-економічні показники проекту	
12	Висновки	

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ЗМІНА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ
БУДІВЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ
ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ**

Виконав: здобувач гр.2Б-24м Тімін Є. В.

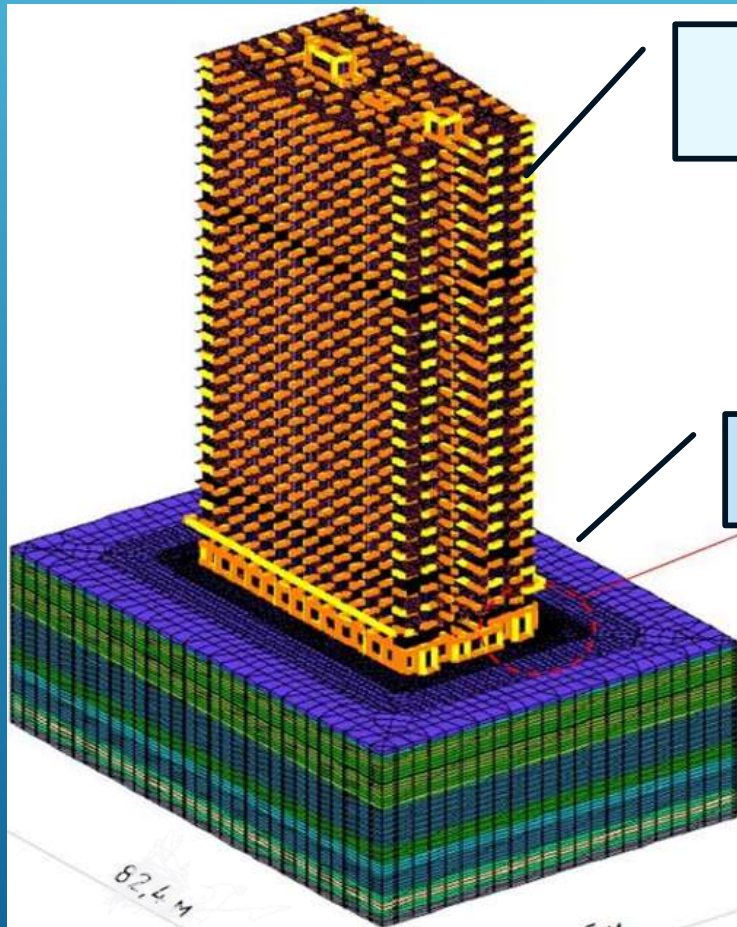
Керівник: к.т.н., доцент Меть І .М.

- ▶ **Мета роботи:** дослідження зміни напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій в залежності від параметрів ґрунтової основи, варіативне моделювання зведення висотної житлової будівлі з використанням конструкції пальового фундаменту у взаємодії з ґрунтовим масивом та плитної фундаментної конструкції, з урахуванням поліпшених ґрунтових властивостей.
- ▶ **Об'єкт дослідження** – взаємодія фундаментної конструкції з елементами системи «основа – фундамент – надземна конструкція».
- ▶ **Предметом дослідження** є зміна напружено-деформованого стану фундаментів будинку при покращенні показників міцності і деформаційних характеристик основи.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- 1) вивчити стан питання оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій в звичайних ґрунтових умовах;
- 2) створення скінченно-елементної моделі системи «основа-фундамент-надземна конструкція»;
- 3) проаналізувати зміну напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій з урахуванням покращення деформаційних та міцнісних характеристик ґрунту, шляхом влаштування ґрунтоцементних елементів;
- 4) провести варіантний аналіз двох видів фундаментної основи в звичайному ґрунтовому середовищі та за умови покращених ґрунтових властивостей;
- 5) прогнозування основних деформацій будинку в залежності від вибору фундаментної конструкції.

Ефективність системи «основа – фундамент – надземні конструкції» забезпечується правильним розрахунком та формуванням скінчено-елементної моделі, яка складається із ґрунтового середовища, фундаментів та надземних конструкцій, що володіють певною жорсткістю і можуть сприймати навантаження.



Надземна
конструкція

Фундаментна
основа

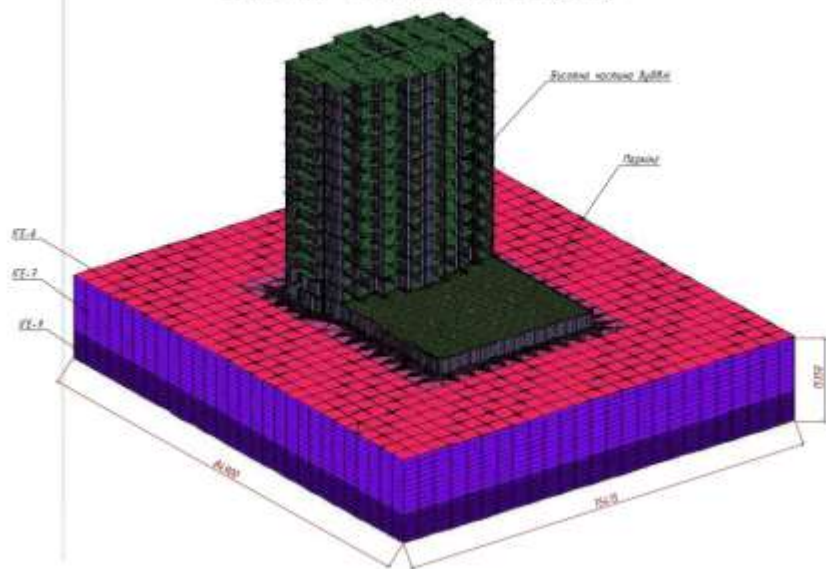
Моделювання пальового фундаменту методом скінченних елементів є потужним інструментом сучасного геотехнічного проєктування, що забезпечує надійність та безпеку будівництва на різних ґрунтових масивах.

Параметри ґрунту при розрахунках:

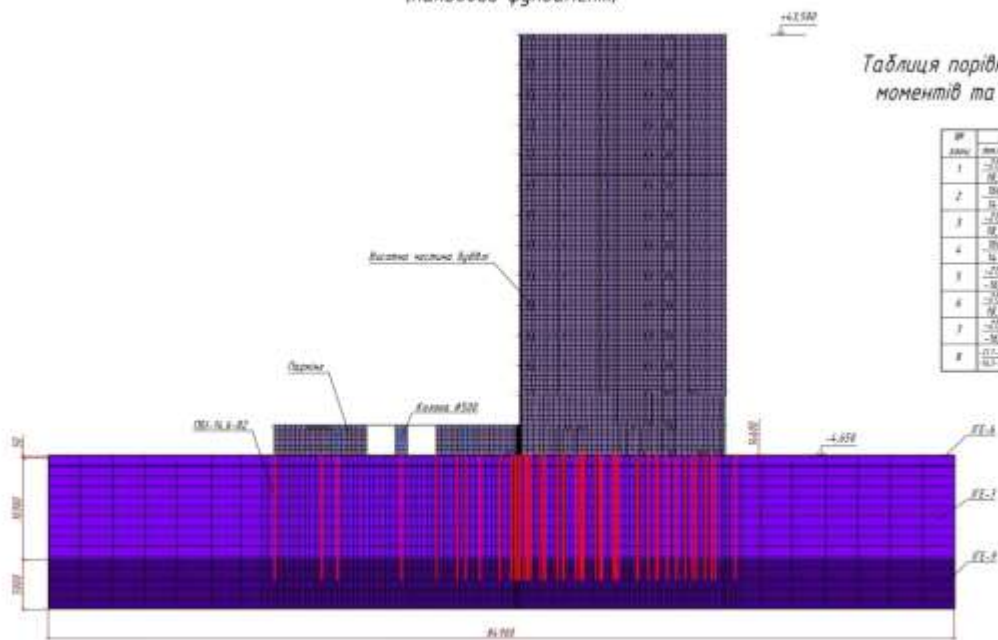
- ▶ E – модуль деформацій;
- ▶ γ – питома вага ґрунту;
- ▶ ν – коефіцієнт Пуассона.

Числове моделювання спільної взаємодії усіх елементів конструкцій даної системи дозволяє обрати раціональні параметри фундаментів. Достовірні результати числового моделювання системи «основа – фундамент – надземні конструкції» можуть бути отримані завдяки виконаній попередній «ідентифікації параметрів» моделі ґрунтової основи

Скінченно-елементна модель системи "грунтова основа - фундамент - надземна частина будинку"



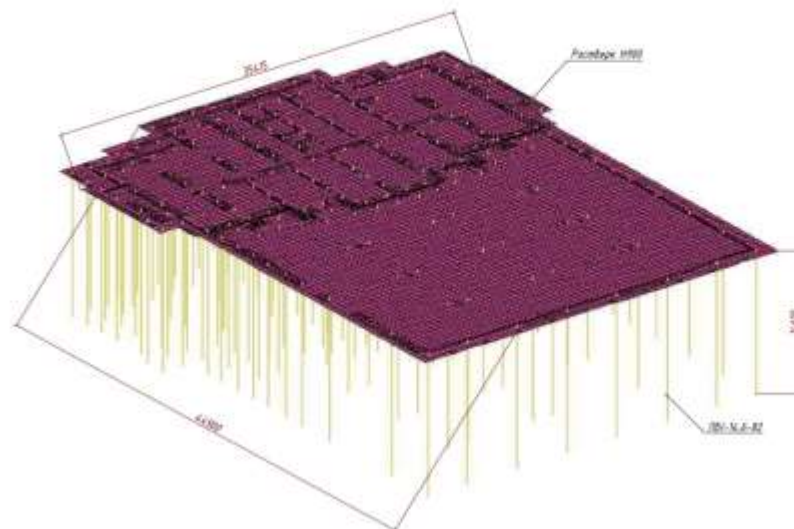
Розріз скінченно-елементної моделі першого варіанту (пальовий фундамент)



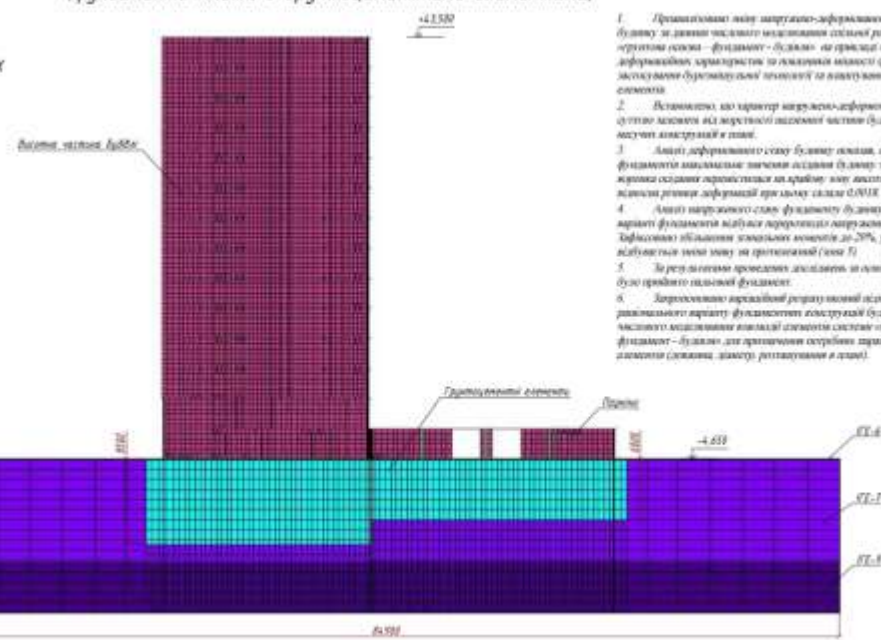
Таблиця порівняння величинизгинальних моментів та осідання обох варіантів

№	M _y		M _x		S
варіант	мм/м	мм/м	мм/м	мм	
1	-11.7 10.6	+15.7	-13.24 -13.24	4.17 3.12	+61.4
2	10.6 -11.7	-12.5	-13.24 -13.24	3.12 4.17	+61.9
3	-11.7 10.6	+15.7	-13.24 -13.24	4.17 3.12	+61.4
4	10.6 -11.7	-12.5	-13.24 -13.24	3.12 4.17	+61.9
5	-11.7 10.6	+15.7	-13.24 -13.24	4.17 3.12	+61.4
6	10.6 -11.7	-12.5	-13.24 -13.24	3.12 4.17	+61.9
7	-11.7 10.6	+15.7	-13.24 -13.24	4.17 3.12	+61.4
8	10.6 -11.7	-12.5	-13.24 -13.24	3.12 4.17	+61.9

Скінченно-елементна модель пальового фундаменту



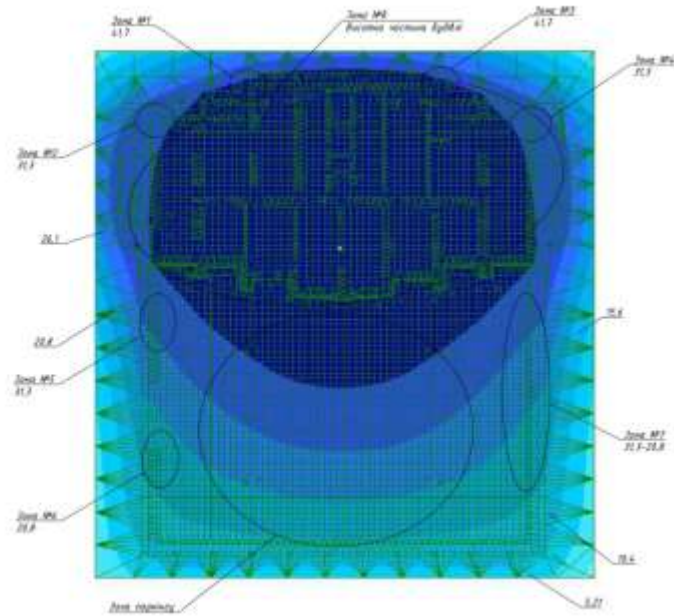
Розріз скінченно-елементної моделі другого варіанту (фундаменту плита з ґрунтоцементними елементами)



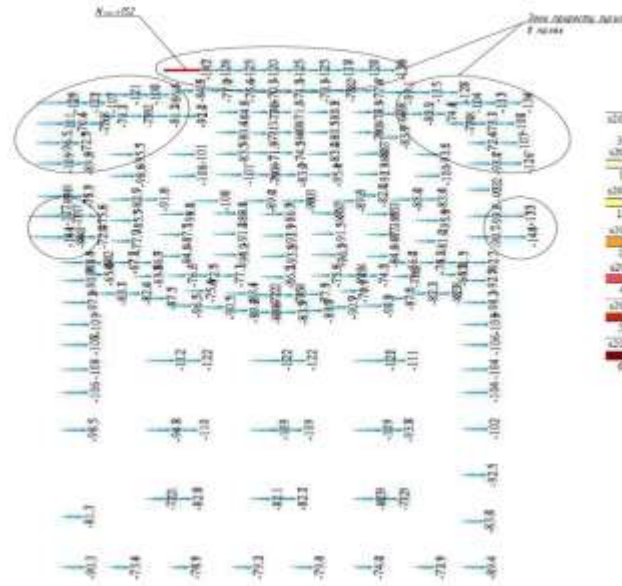
Висновки

1. Проведено аналіз напружено-деформованого стану фундаменту будинку та довжини осідання напружено-деформованої системи "грунтова основа - фундамент - будинок" на різних глибинах деформування, характеризують її лінійною величиною осідання осередку застосовуючи бурові скважини та вимірюючи ґрунтоцементні елементи.
2. Встановлено, що характер напружено-деформованого стану фундаменту суттєво залежить від напружено-деформованого стану будинку та розташування осередку конструкції в плані.
3. Аналіз деформованого стану будинку показав, що при другому варіанті фундаменту напружено-деформований стан будинку збільшився у 2.6 рази, крім того осідання збільшилося на крайній лівій частині частини будинку, крім того деформований стан осередку збільшився у 0.0018.
4. Аналіз напружено-деформованого стану будинку показав, що при другому варіанті фундаменту відбувся зворотний вплив у плані фундаменту, збільшення осідання осередку становить до 20%, у довжину ж осідання збільшилося на 10% на протилежній стороні.
5. За результатами проведених досліджень, на основі варіанту фундаменту було проведено порівняння фундаменту.
6. Запропоновано порівняльний розрахунок осідання для порівняння розташування варіанту фундаменту конструкції будинку або скрині, який має бути виконаний на основі системи "грунтова основа - фундамент - будинок" для порівняння осередку конструкції ґрунтоцементних елементів (довжина, діаметр, розташування в плані).

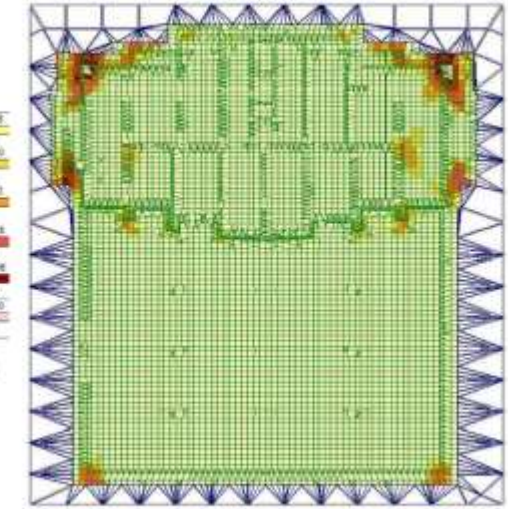
Ізополя осідання розтверку, мм



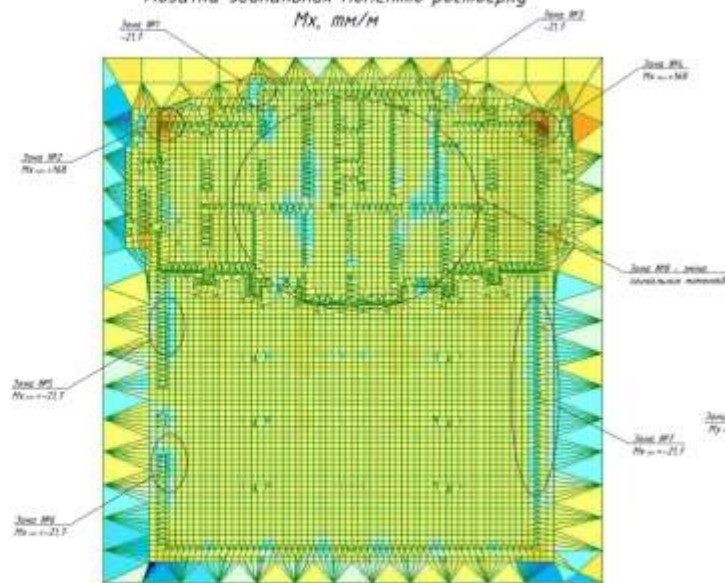
Зусилля в палях N, т



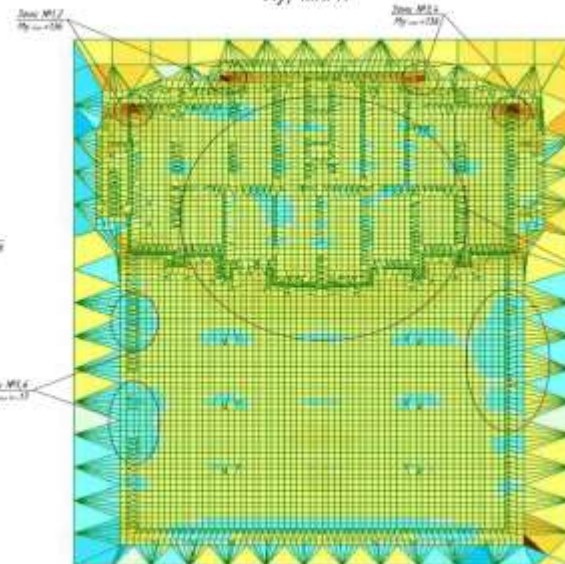
Мозаїка нижньої арматури у ростверку по осі X



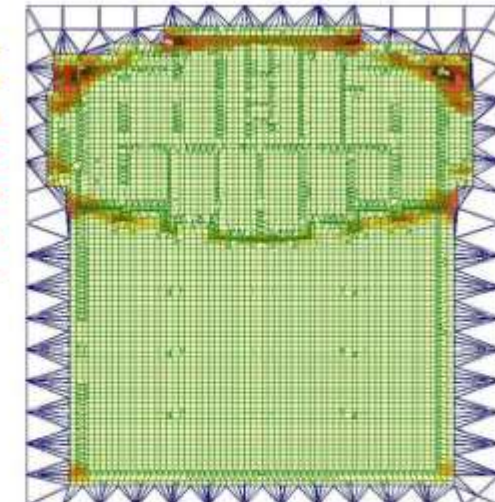
Мозаїка згинальних моментів ростверку
Mx, тм/м



Мозаїка згинальних моментів ростверку
My, тм/м

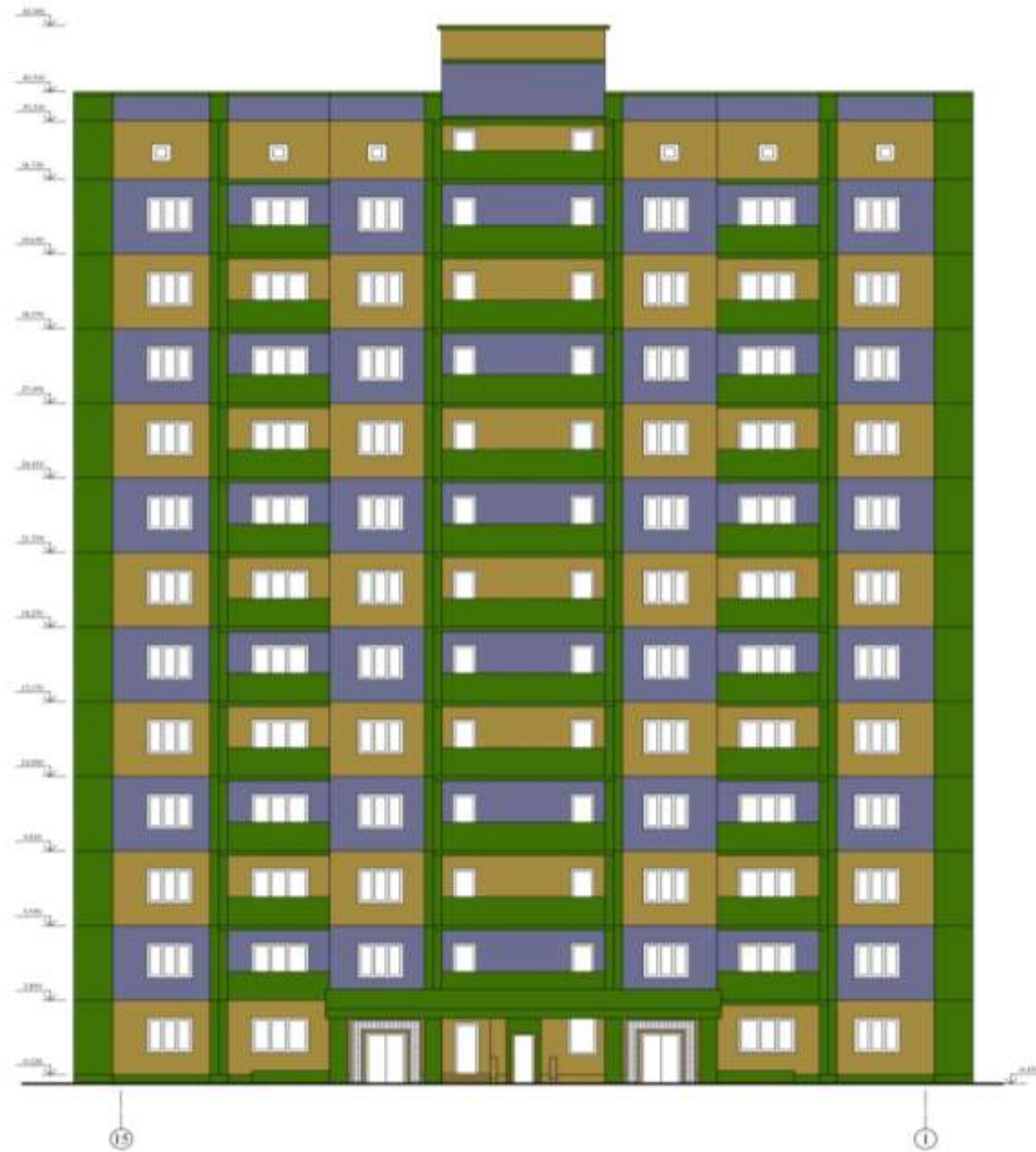


Мозаїка нижньої арматури у ростверку по осі Y

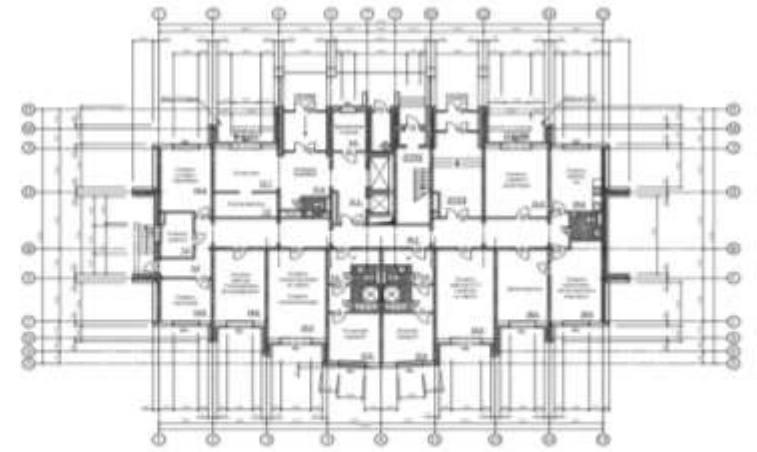


Зона максимальних деформацій розташована під центром ваги будинку. Максимальне осідання плитного ростверку – 41, 7 мм. Пікові значення згинальних моментів розташовані в зонах на перетині зовнішніх стін, значення яких не перевищує 168 тм/м та 136 тм/м

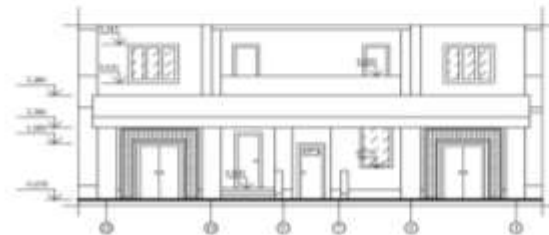
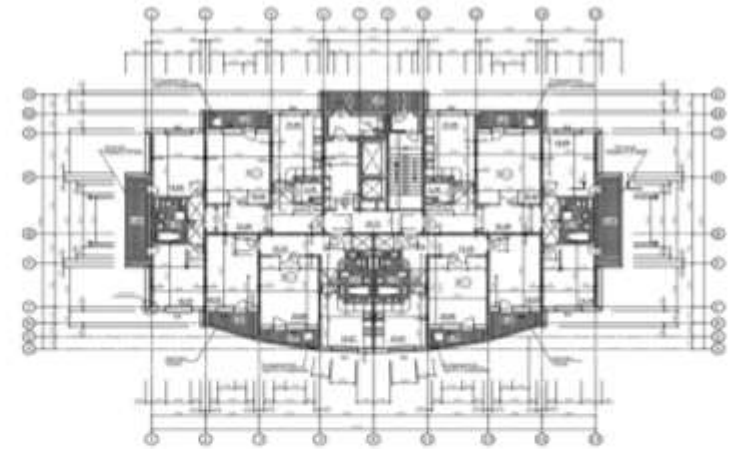
Фасад 1 - 15



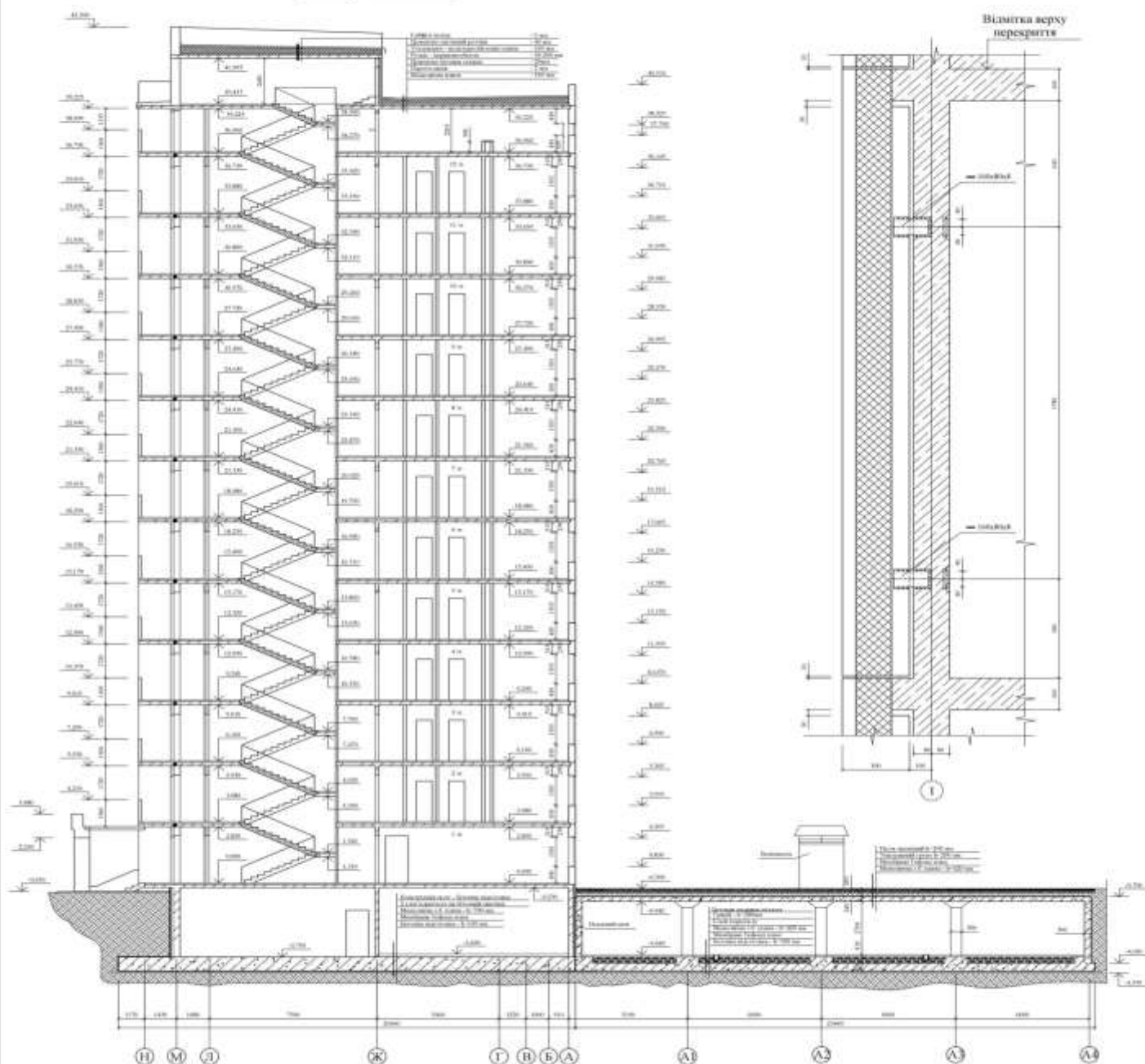
План першого поверху на відм. 0,000



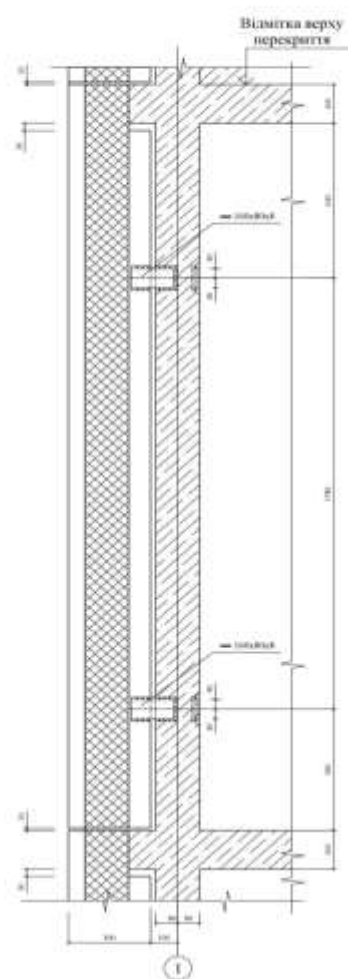
План типового поверху на відм. +3,080



Розріз 1 - 1

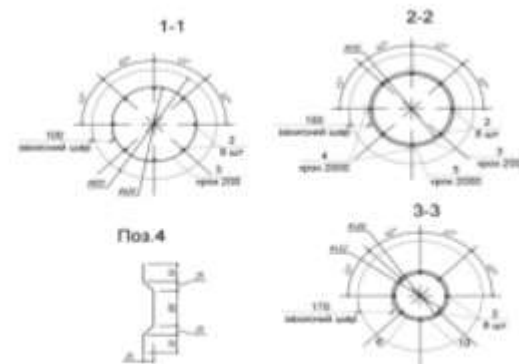


Розріз 4 - 4



Розріз 2-2



[illegible]

Показатель	Наименование	Единица	Максимальное значение	Полученное значение
Г	Средняя зарплата	руб.	1000	1000
	Вклад в ГП	млн руб.	1000	1000
	Материалы	кг	1000	1000

Масса заготовки	Пол	Наименование	Масса	Масса из- готовленной	Примечание
МН-0	2	И54 А3600 ДСТУ 3760-2006 L=8000	8	7,35	МН-0
	3	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	24	3,25	
	4	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	12	0,94	
	5	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	3	3,45	
	6	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	1	2,30	
	7	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	1	0,27	
	8	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=1300	1	0,24	
	9	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=800	1	0,22	
	10	И6 А3400 ДСТУ 3760-2006 L=800	1	0,19	

Опалубочне креслення

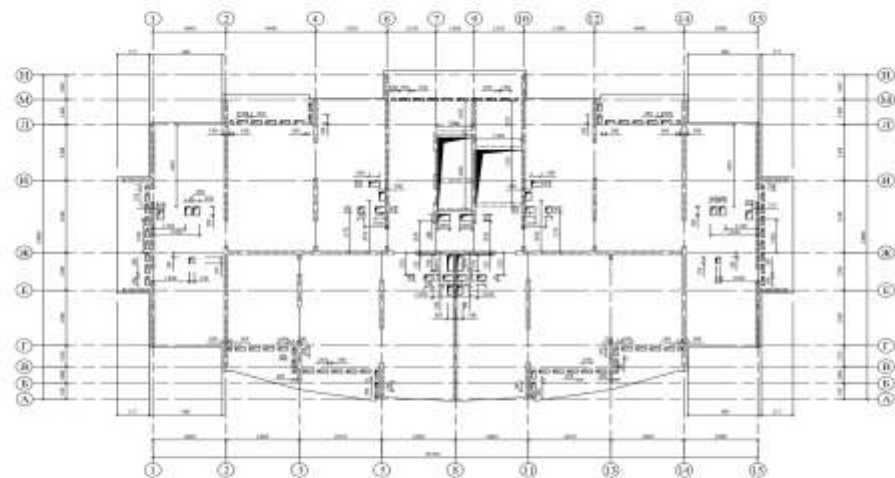


Схема розташування основної арматури в верхній і нижній зонах армування

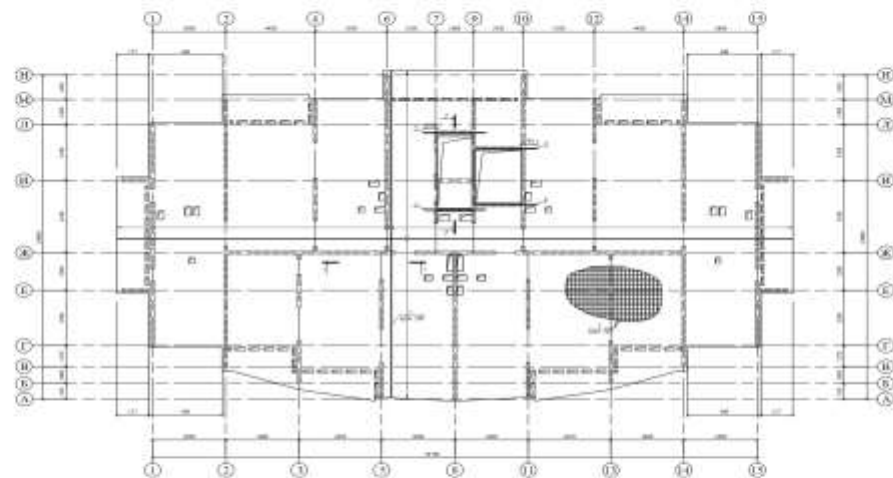
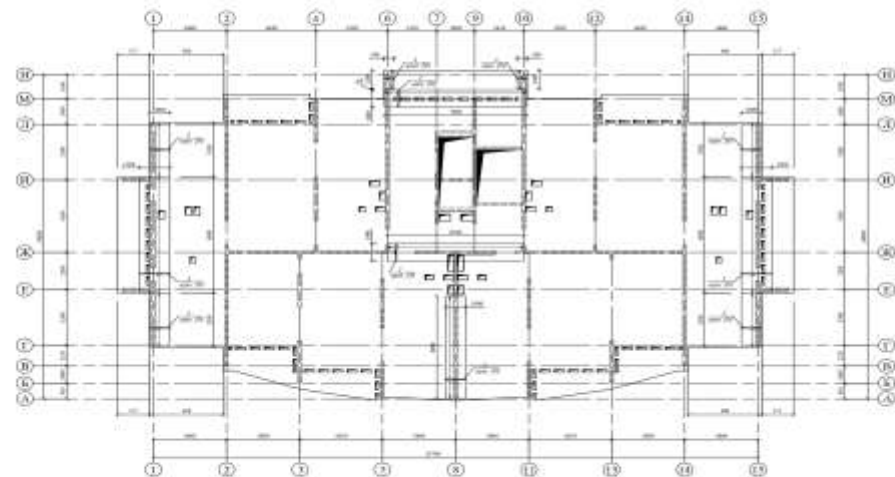
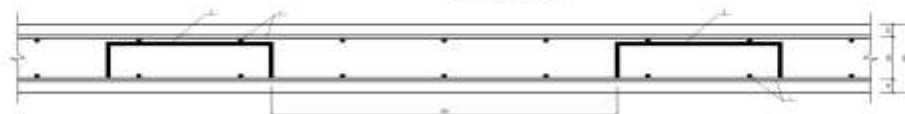


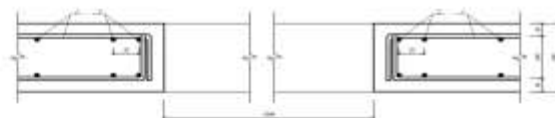
Схема розташування додаткової арматури в верхній зоні армування



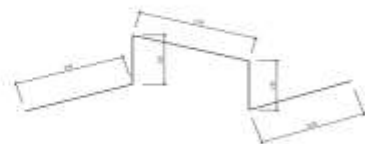
Розріз 1-1



Розріз 2-2



Поз. 7



Специфікація арматурних виробів

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од. кв.	Примітки
Деталі:					
1		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 12100		0,339	4 965,15
2		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 1,0м	158	0,888	140,3
3		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 1,0м	68	1,332	90,58
4		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 0,5м	10	0,444	4,44
5		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 3,0м	8	1,095	8,76
6		№ А395С, ДСТУ 3760:2008 L= 3,0м	8	1,095	8,76
7		№ А240С, ДСТУ 3760:2008 L= 1,2м	660	0,533	351,78
Матеріали:					
		Бетон C25/30	73,3		м³

Примітка:

1. Бетон важкий класу C²⁵/₃₀
2. В місцях пропуску комунікацій та утеплювача сутку обрізати по місцю
3. Захисний шар арматури 30 мм.
4. Армування стін умовно не показано

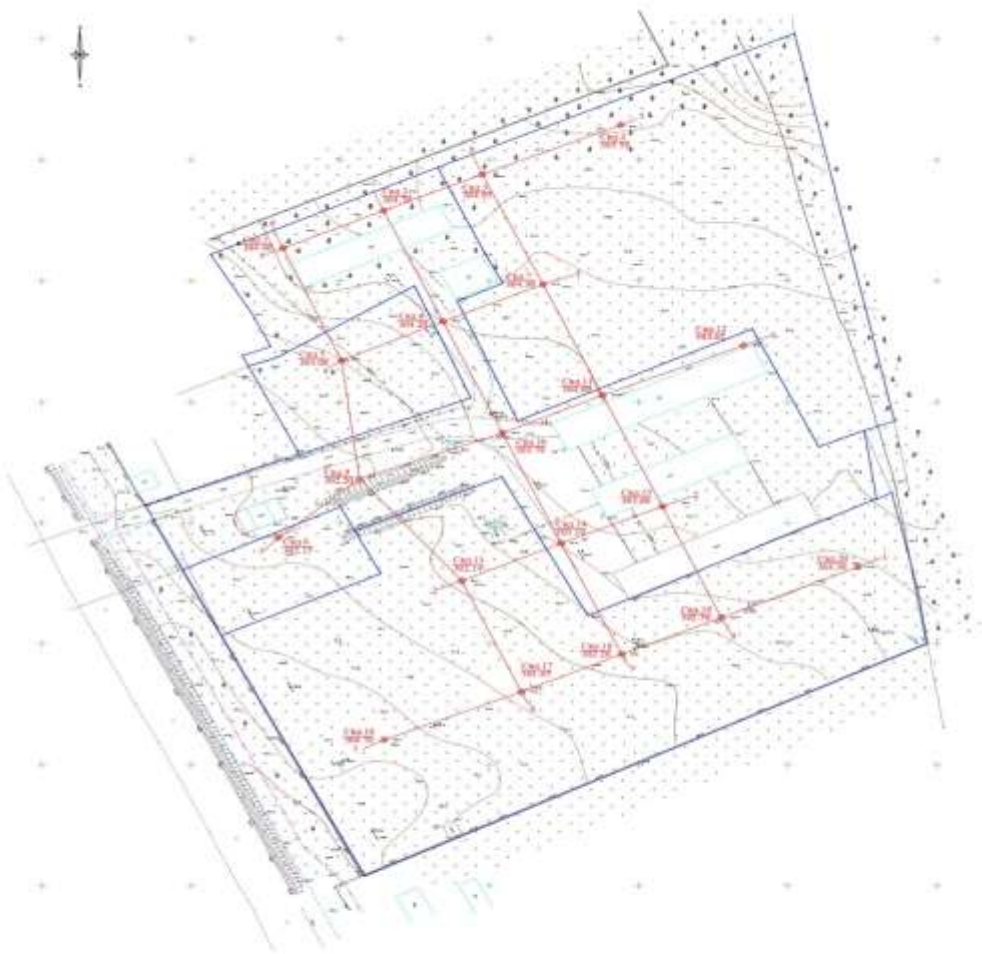
вертик. 1:100



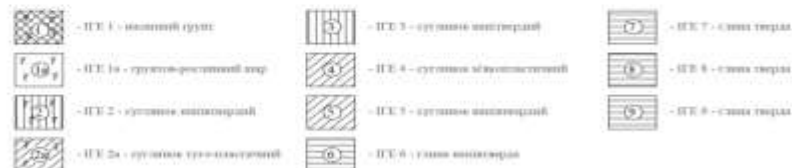
Таблиця нормативних і розрахункових значень
фізико-механічних властивостей ґрунтів

№№ п/п	Наименование сырья	Продукция, кг										Полупродукты, кг										Изделия, кг										Итого
		Мука					Вода					Сахар					Масло					Дрожжи					Другое					
		Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	Мука	Вода	Сахар	Масло	Дрожжи	
1	Мука высшего сорта, 1 кг	1																														
1a	Мука высшего сорта, 1 кг																															
2	Мука высшего сорта, 1 кг	0,22	0,38	0,22	0,16	0	1,68	1,38	0,48	0,34	0,83	9	14	14	0,21	0,38	0,83	0	1,67	1,68	14	9	14	12	8							
2a	Мука высшего сорта, 1 кг	0,26	0,38	0,31	0,18	0,27	1,74	1,38	0,48	0,83	0,72	9	14	14	0,21	0,47	0,86	0	1,72	1,72	14	9	14	12	8							
3	Мука высшего сорта, 1 кг	0,17	0,38	0,17	0,11	0	1,68	1,42	0,48	0,88	0,51	11	18	18	0,35	11	0,85	0	1,84	1,82	18	18	18	18	8							
4	Мука высшего сорта, 1 кг	0,28	0,32	0,31	0,12	0,38	1,78	1,48	0,48	0,82	0,62	7	18	14	0,28	0,48	0,82	7	1,78	1,77	18	18	14	12	8							
5	Мука высшего сорта, 1 кг	0,22	0,37	0,37	0,17	0,12	1,68	1,34	0,48	0,74	0,86	12	18	18	0,32	0,52	0,88	14	1,97	1,98	18	18	18	18	8							
6	Мука высшего сорта, 1 кг	0,27	0,45	0,22	0,23	0,22	1,68	1,38	0,78	0,88	0,87	12	22	11	0,31	0,58	1	11	1,88	1,88	22	22	11	18	8							
7	Мука высшего сорта, 1 кг	0,23	0,35	0,35	0,28	0,28	1,68	1,51	0,74	0,81	0,84	18	18	18	0,28	0	0,84	18	1,88	1,87	18	18	18	18	8							
8	Мука высшего сорта, 1 кг	0,28	0,45	0,26	0,28	0,28	1,87	1,36	0,74	0,83	0,62	18	42	18	0,28	0,2	0,82	18	1,88	1,88	42	28	18	17	8							
9	Мука высшего сорта, 1 кг	0,34	0,78	0,37	0,42	0,42	1,87	1,44	0,74	0,88	0,81	18	44	17	0,38	0	0,81	18	1,88	1,88	44	28	17	18	8							

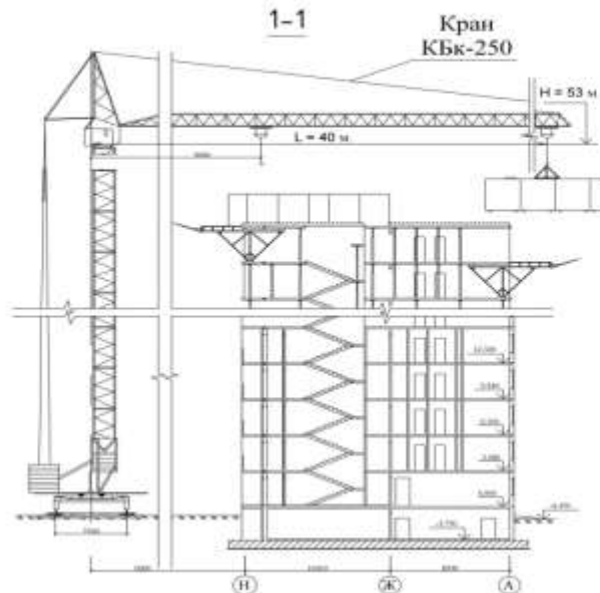
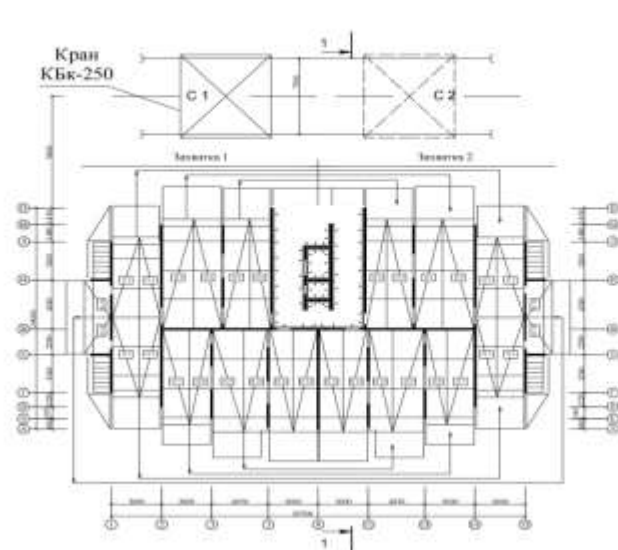
Схема розташування свердловин



Умовні позначення



Технологічна карта на зведення монолітних конструкцій типового поверху



Матеріало - технічне забезпечення.

Відомість потреби в машинах та обладнанні

№ п/п	Наименование изделия	Марка	Количество	Примечания
1	Кран Вахтовый	КВ-250	1	Подача на восстановление опрессовки арматуры по сборке элементов
2	Вакуумносорбционный насос	МТН-1000-110	2	Подача вакуума на район работ
3	Вентилятор	СВ-95 А	1	Подача на удаление дыма
4	Разбрызгиватель	SOMING KVM 23/28-125	1	Подача на удаление дыма
5	Вентилятор		1	Транспортировка дыма
6	ВМРатоп	ВМ-66	2	Удаление дыма
7	Опалубка	"Bühner"	-	Формование конструкций

Відомість потреби в матеріалах та конструкціях

№ п/п	Наименование оборудования	Модель	Объемное звучание	Колонки
1	2	3	4	5
1	Акустическая система	A-400 Bq-1	m	10,998
2	Басов	C 20/25	n ²	74,127

Графік виконання робіт на поверх

[illegible]

№	Назва показника	Під одиницю виміру	Кількість
1	Об'єм банків на покриття	млн	347,21
2	Виплати грошей на виступаючих робіт	млн-дн	173,95
3	Виробництво на лінійних в'їзних	млн-дн млн-дн	1,18
4	Трибунальність на об'єктах об'єкту роботи	млн-дн млн	0,82
5	Трибунальність робіт	дн	20
6	Чисельність командирів бригад	млн	12

Объекты застройки ТК переданных на конкурс
поставки конструкций стального скелета в здании
гаража

В основу розробки ТК покладено узагальнене схематичне зображення розміром 160мм по перекриттю та 160мм по висоті.

В галаз райн розделеных кормов беднее

11. **Визначте місце народження героя**

29. **назва журналу і редакції**

3) Вспомогательные цепи

4.1.2. *Phylogenetic relationships*

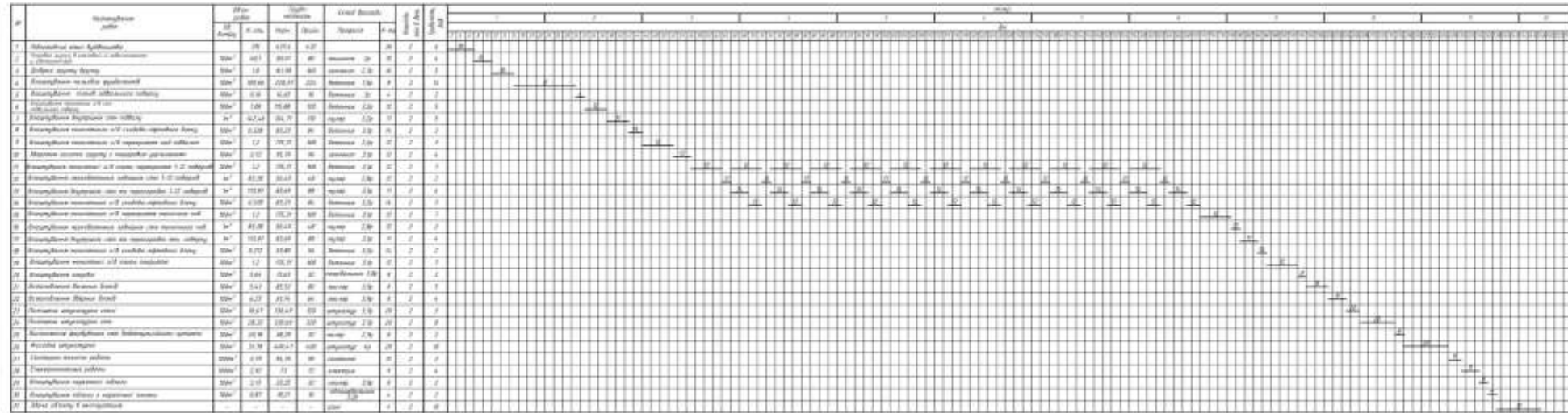
Si no nos suñen

Роботы ведутся в 2 этапа

Номенклатура
"тунельної" опалубки
фірми Outinord

Платеж- форма	Таблица: млн			Всего	Частное до 01.01.08	Государ- ство
	доходы	расходы	баланс			
П1	6875	1950	2780	3421	80/80	2
П2	6875	1950	2780	2009	80/80	2
П3	9375	2250	2780	4320	80/80	1
П4	9375	1950	2780	3790	80/80	1
П5	9375	1950	2780	4050	80/80	1
П6	9375	1950	2780	3713	80/80	1
П7	9125	2250	2780	3795	80/80	1
П8	8125	1950	2780	3121	80/80	1
П9	6875	1950	2780	3421	80/80	1
П10	6875	1950	2780	3421	80/80	1
П11	6875	1950	2780	3421	80/80	1
П12	6875	1950	2780	3421	80/80	1
П13	6875	1950	2780	3421	80/80	1

Календарний графік



Графік руху машин і механізмів



Графік поставки матеріалів та конструкцій



Графік руху робітників



Техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниці виміру	Значення
Кошторисна вартість	тис. грн.	704697,31
Витрати праці	тис. люд-год	825,72
Трудомісткість будівельних робіт	люд. змін	37
Рівень рентабельності	%	10,2
Строк окупності	років	1

ВИСНОВКИ

В наслідок виконаних розрахунків було отримано такі результати:

- ▶ проаналізовано зміну напружено-деформованого стану фундаментів будинку за даними числового моделювання спільної роботи елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» на прикладі покращення деформаційних характеристик та показників міцності ґрунтів основи шляхом застосування бурозмішувальної технології та влаштування ґрунтоцементних елементів;
- ▶ встановлено, що характер напружено-деформованого стану фундаментів суттєво залежить від жорсткості надземної частини будинку та розташування несучих конструкцій в плані;
- ▶ запропоновано варіаційний розрахунковий підхід для пошуку раціонального варіанту фундаментних конструкцій будівлі або споруди шляхом числового моделювання взаємодії елементів системи «грунтова основа – фундамент - будівля» для призначення потрібних параметрів ґрунтоцементних елементів (довжина, діаметр, розташування в плані).
- ▶ Другий варіант виявився економнішим, однак з'являється крен будівлі та збільшується величина осідання. Виходячи з цього остаточно був прийнятий варіант №1 – будівля на пальовому фундаменті.
- ▶ Відносна різниця осідання другого варіанту складає 0,018м, що в свою чергу не перевищує граничних значень, наведених в нормах.
- ▶ В результаті проведених розрахунків першого варіанту (пальового фундаменту) осідання склало 41,7 мм, зона максимального осідання розташована під висотною частиною будівлі. При проектуванні фундаментної плити осідання зросло в 2,6 рази і склали 108 мм, також зона осідання змістилась до ядра жорсткості.

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Тіміна Євгенія Вячеславовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Зміна напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій висотної будівлі в залежності від параметрів ґрунтової основи спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітня програма – Промислове та цивільне будівництво

Магістерська кваліфікаційна робота, що подана на опонування виконувалась на кафедрі будівництва, міського господарства та архітектури. Тема роботи є актуальною і присвячена розвитку процесів проектування та будівництва багатоповерхових житлових будівель, де виникає цілий комплекс задач пов'язаних з тим, що зростання поверховості і розмірів будівлі в плані призводить до кардинальних змін напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, конструкцій фундаментів і будівлі в цілому, а отже і спільної роботи системи «ґрунтова основа – фундамент – надземна частина будівлі».

Тема МКР відповідає напрямку наукових досліджень кафедри БМГА та відповідає затвердженій темі та завданню, виконана вчасно та у повному обсязі. Вступ роботи містить аспекти актуальності, проблеми дослідження, мету і завдання, об'єкт і предмет, наукову новизну та практичну цінність досліджень.

Робота містить розділи з архітектурно-будівельних рішень, технології виконання робіт, теплотехнічних розрахунків та економічного обґрунтування інвестиційних вкладень.

Виявлені такі недоліки:

- в графічній частині магістерської роботи не наведено усіх результатів числового моделювання фундаментних конструкцій залежно від параметрів ґрунтового середовища;
- календарний графік виконання будівельно-монтажних робіт варто було б оптимізувати краще.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота в цілому виконана на достатньому рівні та у відповідності з завданням із дотриманням всіх вимог. Робота заслуговує оцінки С, а її автор Тімін Євгеній Вячеславович – присвоєння кваліфікації «магістра будівництва» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», згідно освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво».

Доцент кафедри ІСБ, к.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Н. М. Слободян
(ініціали, прізвище)

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи
здобувача групи 2Б-24м Тіміна Євгенія Вячеславовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Зміна напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій висотної будівлі в залежності від параметрів ґрунтової основи

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню зміни напружено-деформованого стану фундаментів будинку за даними числового моделювання спільної роботи елементів системи «основа – фундамент - будівля» на прикладі покращення деформаційних характеристик та показників міцності ґрунтів основи шляхом застосування бурозмішувальної технології та влаштування ґрунтоцементних елементів.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи відповідає виданому завданню та напрямку наукових досліджень кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Здобувач Тімін Є. В. самостійно і відповідально виконував поставлені завдання наукового дослідження, вдало систематизував дані з інформаційних джерел, фахової літератури, знання нормативної бази в будівництві.

При проведенні числового моделювання магістрант застосовував програмні комплекси та графічні редактори для визначення зміни напружено-деформованого стану фундаментів з урахуванням властивостей ґрунтового середовища. У підготовці роботи проявив старанність та наполегливість. Вчасно та в необхідному обсязі представив роботу на попередньому захисті, дотримуваяся термінів календарного графіку виконання магістерської роботи.

Результати досліджень апробовані на Міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність в галузях економіки України-2025", 19-20 листопада 2025 р., м. Вінниця, ВНТУ.

Магістерська кваліфікаційна робота виконується на основі завдання на проектування відповідно до діючих норм та стандартів.

Магістерська кваліфікаційна робота оформлена якісно.

Робота може бути реалізована в будівельній практиці.

До основних недоліків роботи слід віднести:

- недостатньо вивчені моделі ґрунтового середовища, що визначають напружено-деформований стан фундаментних конструкцій у багатоповерхових житлових будівлях.

Висновки: якість підготовки здобувача Тіміна Євгенія Вячеславовича відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» і магістрант заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку С.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи к.т.н., доцент



I. М. Мет