

Вінницький національний технічний університет

(повна назва університету)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
ВРАХУВАННЯ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ
ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЗУСИЛЬ У ФУНДАМЕНТАХ.
ЧАСТИНА 2. КАРКАСНІ БУДИНКИ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1Б-22м
спеціальності

192 Будівництво та цивільна
інженерія

(номер і назва курсу/ підготовки, спеціальності)

Штойко К.О.

(підписав та виконав)

Керівник: К.Т.Н., доцент

(вчений ступінь, посада)

Мавська І.В.

(підписав та виконав)

«13» 12 2023 р.

Опонент: К.Т.Н., доцент

(вчений ступінь, посада)

Слободян Н.В.

(підписав та виконав)

«13» 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
П.М. Шибир
13 грудня 2023 року

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Ступінь вищої освіти магістр

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво
(шифр і назва)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

Освітня програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМГА
Швець В.В.
12 10 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Штойко Крістині Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Врахування жорсткості надфундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки

керівник роботи Маєвська І.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "18"092023 року №247

2. Строк подання студентом роботи 01.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проектування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування житлового будинку каркасної конструкції з огорожувальними стінами з полегшених матеріалів з зовнішнім утепленням. Перекриття монолітні залізобетонні. Фундамент у вигляді суцільної плити. Покрівля плоска суміщена з рулонних матеріалів. Передбачене автономне опалення.

4. Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

1. Науково-дослідна частина (огляд літературних джерел, Аналіз публікацій з врахування впливу жорсткості остову на перерозподіл зусиль у фундаментах каркасних будинків. Чисельне моделювання роботи конструкцій каркасного будинку при врахуванні жорсткості частини будинку у 1, 2 – n поверхів з метою виявлення межі, коли вплив жорсткості перестає бути значним. Аналіз одержаних результатів, виявлення найбільш впливових чинників на перерозподіл зусиль у конструкції фундаменту. Практичні рекомендації із моделювання остову будівлі для адекватного проектування фундаментних конструкцій.

2. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, специфікації на збірні залізобетонні

конструкції, віконні та дверні заповнення, експлікація підлоги, теплотехнічний розрахунок).

3. Конструктивні рішення фундаментів за традиційною методикою та за результатами досліджень

4. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту.

5. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту).

Висновки

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

1. Науково-дослідний розділ – 5-8 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)

2. Архітектурно-будівельні рішення – 1-2 арк. (фасад, генеральний план, плани, план покрівлі, розріз, вузли)

3. Основи та фундаменти – 1-2 арк. (робочі креслення фундаментів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
1-4	Маєвська І. В.- доцент каф. БМГА, к.т.н.		
5 (Охорона праці)	Кобилянська І. М. – доцент каф. БЖДПБ, к.пед.н.		
6 (Економіка)	Лялюк О. Г. - доцент каф. БМГА, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 12.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	11.10-16.10.23	
2	Науково-дослідна частина	02.09-13.10.23	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	16.10-31.10.23	
4	Другий підрозділ технічної частини	01.11-10.11.23	
5	Охорона праці та цивільний захист	11.11-17.11.23	
6	Економічна частина	18.11-24.11.23	
7	Оформлення МКР	25.11-28.11.23	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	29.11-30.11.23	
9	Попередній захист	01.12-03.12.23	
10	Рецензування	04.12-09.12.23	

Студент

Штойко К. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Маєвська І.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 624.15 : 624.131

Штойко К.О. Врахування жорсткості надфундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – будівництво і цивільна інженерія, освітня програма – промислове та цивільне будівництво. Вінниця: ВНТУ, 2023. 73 с.

На укр. мові. Бібліогр.:37 ; рисунків: 20; табл.: 11.

Метою роботи є аналіз впливу ступеня жорсткості надфундаментних конструкцій на перерозподіл зусиль у фундаменті. Виконання числового моделювання поведінки каркасної будівлі з урахуванням різної жорсткості конструкцій на кожному поверсі (від 1 до n) з метою визначення моменту, коли вплив жорсткості перестає бути істотним.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Змоделювати модель будівлі із різними варіантами ґрунту;
- Виконати числовий експеримент для збору результатів;
- Проаналізувати результати розрахунків та визначити зміну у напруженнях, що виникають у плиті.

Проведено числовий експеримент. Створено числову модель за допомогою програмних комплексів. На основі експерименту отримано та проаналізовано ефект від врахування жорсткості кожного поверху, запропоновано новий підхід до проектування будівель та споруд.

В технічній частині роботи розглянуто конструювання фундаменту у двох варіантах: при стандартному підході та при урахуванні повної жорсткості будівлі. Будівлю запроектовано у м. Вінниця. Виконано розділ охорони праці та економіки.

Ключові слова: фундамент, ґрунт, система «ґрунт-фундамент-будівля», метод кінцевих елементів, моделювання, напруження.

ABSTRACT

Shtoyko K.O. Taking into account the rigidity of super-foundation structures when determining forces in foundations. Part 1. Frame houses. Master's qualification thesis on specialty 192 - construction and civil engineering, educational program - industrial and civil construction. Vinnytsia: VNTU, 2023. 73 p.

In Ukrainian language Bibliography: 37; drawings: 20; tab.:11.

The method of work is the analysis of the influence of the degree of rigidity of super-foundation structures on the redistribution of forces in the foundation. Performing a numerical simulation of the behavior of a frameless structure taking into account the different rigidity of the structure on each version (from 1 to n) with the purpose of determining the moment when the influence of rigidity ceases to be significant.

To achieve the goal, the following tasks are necessary:

- Simulate a building model with different soil options;
- Perform a numerical experiment to collect results;
- To analyze the results of calculations and to change the change in stresses that are found in the slab.

A numerical experiment was conducted. A numerical model was created with the help of software complexes. Based on the experiment, the effect of taking into account the stiffness of each surface was obtained and analyzed, and a new approach to the design of buildings and structures is proposed.

In the technical part of the work, the foundation is formed in two versions: with a standard approach and with full rigidity of the building taken into account. The building was designed in Vinnytsia. The section on labor protection and economy has been completed.

Key words: foundation, soil, "soil-foundation-building" system, finite element method, modeling, stresses.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ	12
1.1 Каркасно-монолітні будівлі та їх фундаменти	12
1.2 Аналіз існуючих теоретичних досліджень впливу жорсткості будівлі на перерозподіл зусиль у фундаментах каркасних будівлі	16
Висновки	23
2. ПЛАНУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ БЕЗКАРКАСНОЇ БУДІВЛІ	24
2.1 Планування чисельного експерименту	24
2.2 Моделювання чисельного експерименту	26
Висновки	33
3. АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	34
3.1 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на міцному ґрунті	34
3.2 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на нормальному ґрунті	36
3.3 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на слабкому ґрунті	38
Висновки	42
4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	43
4.1 Архітектурно-будівельні рішення	43
4.1.1 Об'ємно-планувальні вирішення та конструктивна схема	43
4.1.2 Техніко-економічні показники будівлі	43
4.1.3 Конструктивне вирішення будівлі	44
4.1.4 Фундаменти	44
4.1.5 Стіни	44
4.1.6 Перекриття та покриття	45
4.1.7 Експлікація підлог	45
4.1.8 Покриття та покрівля	45
4.1.9 Конструкція перегородок, сходів, балконів	46
4.1.10 Зовнішнє та внутрішнє опорядження будівлі	46
4.1.11 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі	46
4.2 Конструювання фундаментів	47
4.2.1 Загальна характеристика будівлі	47
4.2.2 Вихідні дані для розрахунку	47
4.2.3 Результати розрахунку	47
Висновки	50

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	55
Висновки	61
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	62
6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	62
6.1.2 Електробезпека	65
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	66
6.2.1 Мікроклімат	66
6.2.2 Склад повітря робочої зони	66
6.2.3 Виробниче освітлення	67
6.2.4 Виробничий шум	68
6.2.5 Виробничі вібрації	68
6.2.6 Психофізіологічні фактори	69
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	79
Додаток Б. Відомість графічної частини	80

ВСТУП

Актуальність теми

Сучасний розвиток будівельної галузі визначає необхідність вдосконалення технологій та методів будівництва для забезпечення найвищого ступеня якості, ефективності та стійкості споруд. Одним із перспективних напрямків у цьому контексті є застосування каркасно-монолітного будівництва – інноваційної технології, що поєднує переваги монолітного та каркасного підходів.

Проектування каркасно-монолітне будівництво, в основі якого лежить синергія структурної міцності каркасів та монолітності бетонних конструкцій, надає можливість створення здебільшого високотехнологічних та естетичних об'єктів з врахуванням специфіки будівельної галузі. Враховуючи зростаючу популярність цього підходу, дослідження в галузі каркасно-монолітного будівництва набуває великого значення.

Мета ефективного проектування полягає в глибокому розгляді та аналізі технічних, економічних та екологічних аспектів каркасно-монолітного будівництва, вивченні його застосування в різних типах будівель, а також в оцінці переваг та обмежень цього будівельного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно проводити постійний аналіз сучасного стану досліджень у галузі каркасно-монолітного будівництва, визначені перспективні напрямки його розвитку, а також розглянуті випадки успішного впровадження цієї технології в практиці будівництва. Основним результатом роботи буде отримання глибокого розуміння принципів та можливостей каркасно-монолітного будівництва, а також розробка ефективного використання цього методу в різних умовах будівельної індустрії.

Проектування монолітного каркасу представляє собою важливий етап в будівельній сфері, що визначає не лише структурну міцність, а й функціональність майбутньої споруди. Проектування плитного фундаменту є

ключовим етапом у створенні надійних та стійких будівельних конструкцій. Плитний фундамент визначає не лише стійкість будівлі до навантажень, але й має важливе значення для розподілу навантажень на ґрунт. У зв'язку з постійним розвитком будівельної індустрії та високими вимогами до ефективності та безпеки конструкцій, дослідження та оптимізація процесів проектування плитних фундаментів набувають особливої актуальності.

Ця робота присвячена аналізу методів та підходів проектування плитних фундаментів, зокрема їхньої міцності, довговічності та стійкості. В контексті сучасних технологій та інновацій у будівництві, робота ставить за мету виявлення оптимальних інженерних рішень та врахування сучасних тенденцій у галузі.

Мета дослідження - аналіз впливу жорсткості надфундаментних конструкцій на перерозподіл зусиль у фундаменті. Чисельне моделювання роботи конструкцій каркасного будинку при врахуванні жорсткості частини будинку у 1, 2 – n поверхів з метою виявлення межі, коли вплив жорсткості перестає бути значним.

Задачі дослідження

1. Дослідження та аналіз сучасних конструктивних рішень для каркасних будівель. Вибір «типової» сучасної безкаркасної будівлі для подальших досліджень і розрахунків.
2. Змоделювати розрахункову схему для сумісного розрахунку «ґрунт-фундамент-надфундаментна конструкція» та порівняти розподіл зусиль для фундаменту при комплексному розрахунку, розрахунку при врахуванні жорсткості частини будинку у 1, 2 – n поверхів та розрахунку «ґрунт-фундамент».
3. Виконати розрахунок для трьох варіантів ґрунту:
 - Для міцного ґрунту ($E=30$ МПа);
 - Для нормального ґрунту ($E=20$ МПа);

- Для слабкого ґрунту ($E=18$ МПа).

4. Проаналізувати результати розрахунків та визначити на якому з етапів вплив жорсткості надфундаментних перестає мати значення під час розрахунку розподілу напружень у фундаменті, виявлення найбільш впливових чинників на перерозподіл зусиль у конструкції фундаменту.

Об'єкт дослідження – зміна напружено-деформованого стану фундаментної плити при врахуванні жорсткості частини будинку у 1, 2 – n поверхів та зміні ґрунту.

Предмет дослідження – конструктивне вирішення фундаментної плити у двох варіантах: із врахуванням жорсткості будівлі та без врахування жорсткості будівлі.

Методи дослідження. Математичне дослідження – використання методу кінцевих елементів для числового моделювання системи «ґрунт-фундамент-надфундаментна конструкція» для визначення розподілу зусиль у фундаменті із застосуванням ПК Ліра САПР.

Новизна отриманих результатів.

Зазнало подальшого розвитку у дослідженні впливу жорсткості надфундаментних конструкцій на розподіл зусиль у фундаменті.

Практична значимість дослідження.

Комплексний розрахунок у системі «ґрунт-фундамент-надфундаментна конструкція» дозволяє оцінити сумісну роботу усієї конструкції та зменшити витрати на армування плитного фундаменту, при цьому міцність та надійність тіла фундаменту зберігається за рахунок перерозподілу внутрішніх зусиль у фундаменті.

Апробація результатів роботи. На основі матеріалів дослідження опубліковано доповіді на конференції:

- Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузі економіки України 2023»

Публікації.

1. За результатами міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України 2023» опубліковані тези: «Визначення впливу жорсткості надфундаментних конструкцій каркасних будівель на перерозподіл зусиль у фундаменті», м. Вінниця, ВНТУ, 2023р. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19452>

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ

1.1 Каркасно-монолітні будівлі та їх фундаменти

Монолітно-каркасна конструкція будинку представляє собою будівлю, де монолітний залізобетонний каркас, що складається з колон і перекриттів, поєднаний зі стінами, збудованими з газоблоку чи цегли, а також можуть використовуватися інші матеріали. Монолітні елементи будинку відіграють ключову роль у його несучій здатності, надаючи йому високу жорсткість і стійкість. Поверхні будівлі жорстко взаємодіють між собою, а ця жорстка зв'язаність триває до самого фундаменту. Будівля володіє високою міцністю, що дозволяє використовувати монолітні колони як обов'язковий елемент в житловому будівництві в сейсмонебезпечних регіонах, зробивши цю технологію однією з найпопулярніших у світі.

Основні риси та характеристики монолітно-каркасного будівництва включають:

- Жорстке з'єднання фундаменту і каркасу, що призводить до міцної конструкції, і надає можливість втілювати різноманітні архітектурні концепції. Ця технологія дозволяє застосовувати нестандартні форми для відливання бетону, що робить її особливо популярною у сучасних проектах з нестандартною архітектурою.
- Можливість використання різних типів фундаменту. Після побудови опалубки (форми для заливки бетону, в якій він затвердіває) на фундаменті можна встановити колони в найбільш навантажених ділянках будівлі.

Досить часто для каркасно-монолітних будівель застосовують саме плитний фундамент, особливо на слабких ґрунтах. Плитний фундамент забезпечить максимально рівномірне осідання усіх конструкцій.

Плитні фундаменти у формі плоских або ребристих залізобетонних плит використовуються в різних ситуаціях. Зазвичай це стає потрібним, коли необхідно переносити великі навантаження на ґрунт з низьким розрахунковим

тиском, або коли плита виконує роль гідроізоляційного елемента для високого рівня ґрунтових вод. Іншим важливим випадком використання таких фундаментів є ситуація, коли обчислені площі окремих фундаментів становлять більше 50-60% від загальної площі забудови.[1]

Основна перевага цих фундаментів полягає в їхній здатності знижувати тиск на ґрунт та перерозподіляти навантаження на різні частини ґрунту: зменшувати тиск на більш природно чутливі ділянки та, навпаки, збільшувати тиск на ділянки з більшою міцністю. Ребристі плити можуть бути розташовані так, щоб ребра виступали вгору або вниз. Вони можуть перетинатися в місцях з'єднання з колонами каркаса, що сприяє концентрації залізобетону в областях з найбільшим навантаженням.

Розміри плитних фундаментів визначаються на основі габаритів будівлі, і вони можуть мати консолі відносно зовнішніх стін або рядів колон. Для з'єднання плитних фундаментів з колонами каркаса можуть використовуватися збірні або монолітні підколоники.

На сьогоднішній день все більше розрахунків будівельних об'єктів виконується з урахуванням впливу основи, хоча раніше наземну частину зазвичай розглядали як жорстко защемлену. Проте реальну картину напружено-деформованого стану можна отримати тільки тоді, коли враховано взаємодію системи "наземна частина-фундамент-основа".

Врахування цієї взаємодії є ключовим принципом при проектуванні основ та фундаментів, який знайшов своє відображення у сучасних нормативних документах, зокрема у ДБН В.2.1-10-2019 "Основи і фундаменти будівель та споруд". Ці документи надають чіткі вказівки щодо необхідності виконання спільних розрахунків.

Оскільки будівля протягом свого життєвого циклу постійно взаємодіє з ґрунтовою основою, надійне та економічне проектування споруди вимагає аналізу її напружено-деформованого стану, який отримується при вивченні роботи системи "будівля-фундамент-основа" у цілому.

Урахування перерозподілу зусиль між складовими системи "основа-фундамент-будівля" дозволяє використовувати наявні резерви несучої здатності цієї системи, забезпечуючи надійність та достовірність оцінки експлуатаційних характеристик і навіть може вказувати на доцільність застосування заходів для поліпшення міцності та деформативних властивостей системи.

Виявлення резервів ефективності та якості роботи системи "будівля-фундамент-грунтова основа" стає можливим за умови більш повного врахування властивостей ґрунтів, на яких базується конструкція.

Використання такого інтегрованого розрахунку дозволяє отримати більш деталізовану модель навантаження на ґрунтову основу та надфундаментні конструкції. Так само, як вплив жорсткості будівлі на ґрунтову основу та рівень осідання, нелінійні характеристики ґрунту визначають розподіл навантажень в надфундаментних конструкціях за допомогою цього спільного розрахунку. Отже, цей інтегрований підхід встановлює важливий зв'язок між розрахунковою моделлю будівлі і ґрунтовою основою.

Роль фундаменту в будівництві вирішальна. Фундамент планування має на меті забезпечити, щоб він міг підтримувати навантаження до заданого обмеження безпеки, включаючи максимальне навантаження, з яким можна зіткнутися.

Фундамент плитного типу зазвичай являє собою велику бетонну плиту, що підтримує кілька колон або цілу конструкцію. Плитні фундаменти застосовують там, де ґрунти мають низьку несучу здатність і коли навантаження на колони настільки високі (в багатоповерхових будинках), що окремі фундаменти покриватимуть більше 50% площі будівлі [6]. Об'єднання окремих опор в суцільну не тільки зменшить контактний тиск, але й збільшить несучу здатність.

Інші переваги плитних фундаментів полягають у зменшенні диференціальних осідань залежно від жорсткості або перемиканні підповерхневих порожнин. Плитні фундаменти використовувалися для

підтримки важливих будівель, таких як історичні пам'ятки [7], атомні об'єкти [8] та багатоповерхові будинки. Монумент Вашингтона є класичним зразком матового фундаменту, який був споруджений у 1848 році; як 24,38 м² [7]. Плитні фундаменти також застосовуються із палями (пальново-плитні фундаменти) для підтримки навантаження висотних будинків або веж, коли плита має достатню несучу здатність, але осідання або перепад осідання перевищує допустимі значення [9].

На практиці більша частина аналізу та проектування плитного фундаменту зосереджена на окремих рішеннях щодо геотехнічних або структурних аспектів. Таким чином, взаємодія між ґрунтом і загальною конструкцією (плита + надбудова) ігнорується, а контактний тиск ґрунту та/або коефіцієнт реакції земляного полотна приймаються як вхідні дані.

Існують різні методи аналізу та проектування плитних фундаментів, тобто звичайний жорсткий метод, наближений гнучкий метод, чисельні методи (методи скінченних різниць, скінченних елементів і сітки) і підхід взаємодії ґрунт–конструкція. Звичайний жорсткий метод є наближеним методом, коли плита вважається нескінченно жорсткою. Плита розділена на кілька смуг у напрямках x і y , навантажених лінією стовпців і витриманих під тиском ґрунту. Тиск ґрунту розподілений лінійно, і центр тиску ґрунту збігається з лінією дії результуючих навантажень стовпа. Потім ці смуги аналізуються та проектуються як комбіновані фундаменти. Цей метод можна використовувати, коли плита є дуже жорсткою, схема відстаней між колонами досить рівномірна в обох напрямках, а навантаження на колони не змінюються значно більше ніж на 20% [10]. Цей метод на даний момент не рекомендується через значну кількість наближень і широку доступність комп'ютерних програм, що використовують метод скінченних елементів. [11]

1.2 Аналіз існуючих теоретичних досліджень впливу жорсткості будівлі на перерозподіл зусиль у фундаментах каркасних будівель

Каркасні будівлі набувають популярності. Безкаркасні будівлі відходять на задній план. Проте, питання ефективного розрахунку фундаментів стоїть гостро для усіх типів будівель.

Варіант із спільним розрахунком ґрунту, фундаменту та будівлі розглядається як найсучасніший підхід до розрахунку усієї споруди загалом, так як враховується вплив ґрунту на фундамент, а відповідно і вплив фундаменту на усі надфундаментні конструкції.

Аналізуючи напрацювання дослідників [3, 4] простежується тенденція застосування монолітного перекриття між підвалом та першим поверхом задля створення абсолютно жорсткої конструкції підвалу.

Виявлено, що заміна одного підвального поверху у панельному будинку зі збірного залізобетону на монолітний суттєво впливає на перерозподіл зусиль. Наприклад, самонесуча стіна довантажується в 2,6 рази, тоді як найбільш завантажена стіна, на яку спираються плити перекриття, розвантажується до 2,1 разів. Варіант із підвальним поверхом із збірного залізобетону може призводити до розбіжності зусиль в оголовках паль (під несучими стінами) в 1,98 рази, а монолітний варіант - в 1,17 разів. Таким чином, монолітний залізобетонний підвальний поверх, порівняно із збірним, зменшує нерівномірне осідання фундаменту в 2,4 рази [3].

Сучасні програмні пакети надають можливість проводити аналогічні розрахунки. Крім того, існує значна кількість комплексів, які дозволяють моделювати та комплексно оцінювати роботу всіх елементів конструкції взаємодіючи в межах єдиної системи, а не окремо кожного елемента.

Більшість програмних комплексів для розрахунку використовують метод кінцевих елементів із величезною бібліотекою елементів із різною дискретизацією.

Володіючи інструментами розрахунку на ПК, спеціалісти можуть отримати досить детальну інформацію про те, як працює система, проаналізувати слабкі місця та прийняти відповідні конструктивні рішення.

Каркас будівлі, загалом, моделюється не складно. Проте є складність із моделюванням конструкцій на ґрунтовій основі. При розгляді цього класу конструкцій необхідно надземну частину конструкцій розраховувати сумісно із ґрунтовим масивом, а сам ґрунтовий масив має представлятися як нелінійно деформативне середовище. Найбільш поширеною та розробленою моделлю, на сьогоднішній день, є модель уявлення ґрунтового масиву у вигляді кінцево-елементної моделі, яка враховує різномірність ґрунту і нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, які засновані на тій чи іншій теорії міцності.

Проте деякі моделі ґрунту можуть бути занадто громіздкими навіть для сучасних програмних комплексів, бо ґрунтові масиви мають мати досить значні розміри. Тому досить часто використовують модель Вінклера (коефіцієнт постелі C_1) чи модель Пастернака (коефіцієнт постелі C_1 та коефіцієнт зсуву C_2).

Безумовно, ці моделі є спрощеними і потребують ряд передумов. Через це існує багато методик по визначенню C_1 та C_2 . [5] Загалом, можна виділити два основних підходи по визначенню коефіцієнтів:

1 підхід: В основі лежить вираз для усередненого модуля деформацій для шарів ґрунту, що входять у товщу, що стискається, тобто:

$$E_0 = \frac{\sum_1^n \sigma_{zpl} h_i}{\sum_1^n \sigma_{zpl} h_i / E_i}; \mu_0 = 1 / H_c \sum_1^n \mu_i h_i \quad (1.1)$$

$$C_1 = E_0 / H_c (1 - 2\mu_0^2); C_2 = E_0 H_c / 6(1 + \mu_0) \quad (1.2)$$

Де $\sigma_{zpl} h_i$ – додаткове вертикальне напруження на глибині z в i шарі;

H_c – глибина стискаючої площі;

h_i, E_i – відповідно товщина і модуль деформації i -того шару;

n – кількість шарів ґрунту;

E_0, μ_0 - відповідно усереднене значення модуля деформації та коефіцієнта Пуасона для заданих шарів ґрунту;

C_1, C_2 – відповідно коефіцієнт постелі та зсуву.

2 підхід: в основі лежить вираз:

$$C_1 = \frac{P}{\Delta} \quad (1.3)$$

де P – тиск на рівні подошви фундаменту;

Δ - осідання.

Осідання визначається за формулою:

$$\Delta = \int_{H_{\text{стиск.товщ.}}} \varepsilon_z d_z \quad (1.4)$$

$$\text{де } \varepsilon_z = \beta \begin{cases} \frac{\sigma - \sigma_0}{E_e}, \sigma \leq p_c \\ \frac{p_c - \sigma_0}{E_e} + \frac{\sigma - p_c}{E_0}, \sigma > p_c \end{cases} \quad (1.5)$$

σ – сумарне ефективне вертикальне напруження;

σ_0 – початкове вертикальне ефективне напруження до початку прикладання навантаження;

σ_p – додаткове вертикальне ефективне напруження;

E_0 – модуль (пружнопластичної) деформації;

$E_e = 8E_0$ – модуль пружної (зворотньої) деформації

p_c – структурна міцність на стиск, що залежить від пористості ґрунту та тиску;

β – коефіцієнт, що відображає ступінь бокових деформацій

$\beta_1 = 0,7$ до $\beta_n = 1$.

Тобто, вираз для ε_z виражає нелінійні властивості ґрунту, для якого приймаються різні модулі деформацій (рис. 1.1).

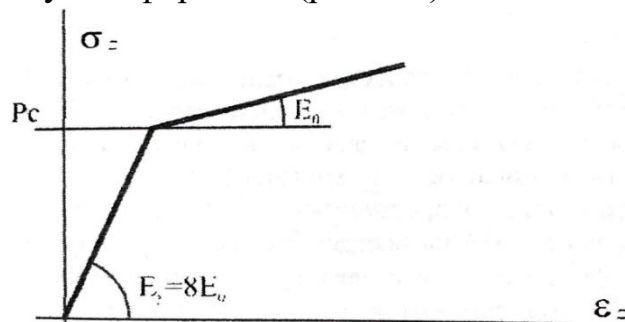


Рисунок 1.1

В 2 підході до розрахунку коефіцієнтів постелі мають місце невідповідності. Так як у формулі 1.3 в чисельнику знаходиться тиск під подошвою P , проте в той же час в формулі визначення осідання приймають участь напруження від сусідніх штампів навантажень.

Метод скінчених елементів

Ще на початкових етапах створення розрахункової схеми потрібно прийняти рішення щодо того, чи слід використовувати лінійний чи нелінійний розрахунок, чи слід враховувати сили інерції та проводити динамічний аналіз, чи можна обмежитися статичним аналізом. Усі ці аспекти очікуючої поведінки конструкції впливають на вибір розрахункової схеми, включаючи можливі ступені свободи та схематизацію при призначенні навантажень, які діють на систему.

Якщо для аналізу розрахункової схеми використовується метод переміщень, то при ідеалізації конструкції розрахункова схема представляється у вигляді набору тіл стандартного типу (стрижнів, пластин, оболонок тощо), які називаються кінцевими елементами (КЕ) та приєднані до вузлів розрахункової схеми. Чим більша бібліотека кінцевих елементів (БКЕ) сучасного обчислювального комплексу, тим більше у розрахунків можливостей при моделюванні конструкції.

Кожен окремий кінцевий елемент може бути розглядений як самостійна конструкція. Можливий варіант, коли вузли кінцевого елемента та вузли розрахункової схеми не співпадають. Наприклад, геометрично вузол елемента може бути розташований на певній відстані від вузла схеми, тобто, може мати ексцентриситет примикання. У цьому випадку припускається, що вузол (кінцевий переріз) елемента з'єднаний з вузлом схеми нескінченно жорсткою вставкою, яка становить частину кінцевого елемента. Зрозуміло, що у випадку наявності такої нескінченно жорсткої вставки переміщення кінцевого перерізу

елемента не дорівнює переміщенню вузла схеми, при умові, що кути повороту збігаються.

Відхилення у переміщеннях (та обертаннях) вузла та асоційованого із ним кінцевого перерізу елемента може бути обумовлено особливостями конструкції їх з'єднання. Якщо припустити, що елементи можуть бути з'єднані своїми вузлами до центрів вузлів схеми за допомогою шести зв'язків, кожен з яких обмежує одну з шести можливих взаємних змінених позицій, то можна уявити відсутність будь-якого з цих шести зв'язків. Відсутність зв'язку між кутовими зміщеннями відповідає циліндричному шарніру, відсутність трьох зв'язків для всіх взаємних кутових переміщень – сферичному шарніру, відсутність зв'язку між лінійними переміщеннями – «повзуну» та іншим. Заради лаконічності усі ці випадки далі називаються "шарнірами", хоча це вираження може бути деякою мірою неточним [12].

Усі вузли та елементи розрахункової схеми нумеруються. Номери, присвоєні ним, слід трактувати як імена, які дозволяють робити потрібні посилання. Наприклад, можна вказати вузол, де прикладено деяке навантаження, перерахувати вузли, до яких приєднано цілком конкретний елемент, перерахувати елементи завдання місцевого навантаження і т.п. Видача результатів розрахунку проводиться за номерами вузлів (переміщення, реакції) або елементів (внутрішні зусилля). Обчислювальний комплекс нумерує сам усі ступеня свободи розрахункової схеми в такий спосіб, щоб оптимізувати кількість операцій під час вирішення одержуваної системи рівнянь.

Існуючу розрахункову схему можна уточнити, роздробивши включені до неї кінцеві елементи на елементи меншого розміру. Однак надмірно дрібне дроблення призводить до збільшення часу розрахунку та пов'язане із запитом на використання великих ресурсів пам'яті комп'ютера для зберігання та обробки даних. Можуть у своїй виявлятися ефекти нестійкості самого процесу розрахунку. Занадто грубе дроблення може призвести до втрати точності результатів, особливо у випадках, коли розраховуються пластинчасті або оболонкові конструкції. Загальних рекомендацій щодо вибору оптимального

рівня дроблення системи на кінцеві елементи не існує. Теоретично методу кінцевих елементів велику увагу приділяється оцінці точності одержуваного наближеного рішення при необмеженому згущенні сітки кінцевих елементів.

Кожен кінцевий елемент характеризується такими властивостями:

- розмірністю використовуваного простору (одномірний, двовимірний, тривимірний тощо);
- геометричною формою, яка найчастіше є однією з найпростіших геометричних фігур (відрізок прямий, трикутник, прямокутник, чотирикутник, тетраедр тощо);
- набором вузлів, що розташовуються, як правило, на лініях (поверхнях) розділу елементів і є спільними для елементів, що межують один з одним;
- набором використовуваних ступенів свободи, віднесених найчастіше до вузлів (що необов'язково) – переміщення, кути повороту тощо;
- правилами, що визначають залежність між переміщеннями вузлів кінцевого елемента та вузлами системи. Вузли елемента, наприклад, можуть бути прикріплені до вузлів системи жорстко або шарнірно;
- системою апроксимуючих функцій, визначених усередині області та що дозволяють наближено виразити компоненти переміщень у будь-якій точці елемента через його ступінь свободи;
- фізичним законом, що визначає залежність між внутрішніми зусиллями та переміщеннями;
- класом завдань, до яких можна застосувати цей тип кінцевого елемента: пластини плоского напруженого стану, плити Кірхгофа-Лява, плити Рейсснера, стрижень Тимошенко для просторового завдання тощо;
- набором допустимих навантажень та впливів, які можуть бути додані безпосередньо до кінцевого елемента, та способом їхнього завдання;
- збереженням чи не збереженням симетрії при розрахунку симетричної розрахункової схеми;

- залежністю чи незалежністю результатів розрахунку від порядку нумерації вузлів елемента у розрахунковій схемі;

- переліком обмежень та рекомендацій щодо застосування.

У обчислювальних комплексах реалізовані, як правило, такі місцеві навантаження на кінцеві елементи:

- зосереджені, які додані до точки x елемента. Вочевидь, що у житті такі навантаження немає, т.к. це ідеалізація силових впливів, що додаються на малі площі. У загальному випадку в точці докладання навантаження отримуємо особливість рішення;

- рівномірно розподілені, інтенсивність яких є постійною у всіх точках елемента. Наприклад, власна вага;

- трапецієподібні, інтенсивність яких змінюється на елементі за заданим законом. Наприклад, тиск води на підпірну стінку;

- рівномірно розподілені за межею елемента. Це може бути тиск на грань об'ємного елемента, так і навантаження по ребру пластини;

- трапецієподібні за межею (стороною) елемента;

- температурний вплив як у вигляді загального нагріву (охолодження) по відношенню до температури замикання, що викликає розтягування (стиснення), так і як різниця температур на зовнішніх поверхнях, що викликає вигин елемента.

Кінцеві елементи взаємодіють між собою лише у точках сітки. Вважатимемо, що вузли розрахункової схеми геометрично збігаються з вузлами елементів, з'єднані з ними жорстко і мають однакові імена (номери). Елементи можуть мати і не включені до сітки додаткові вузли для реалізації жорстких вставок, шарнірного з'єднання тощо.

Теоретичні дослідження та досвід експлуатації обчислювальних комплексів показують, що при розбитті області на кінцеві елементи поява елементів геометричної форми, що вироджується: прямокутників з великим співвідношенням довжин сторін, витягнутих трикутників з малими кутами

(так званих “гольчастих” елементів) призводить до нестійкості обчислювального процесу через сильне збільшення числа обумовленості матриці системи рівнянь [13].

Висновки до розділу 1:

1. Завдяки створенню нових систем та підходів у розрахунку, можна досягти надійних, раціональних та економічно вигідних рішень.
2. Нові підходи до проектування розробляються та удосконалюються вже існуючі. Це полегшує роботу як проєктантам, так і дослідникам. Володіючи навиками чисельного моделювання у різних програмних комплексах та вивчення нових підходів до проектування, спрощує та пришвидшує проектування надійних будівель та споруд.

2 ПЛАНУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНОЇ БУДІВЛІ

Як було вказано раніше, система "грунт-фундамент-будівля" обладнана різноманітним спектром можливостей та деталізацій для вивчення взаємодії всіх її компонентів. Проте, для зручності моделювання та оптимізації розрахунків у програмах на комп'ютері використовується лише обмежений фрагмент будівельної моделі, зазвичай, перші кілька поверхів. Решту частини представляють у формі еквівалентного навантаження.

Мета даного дослідження полягає в підкресленні важливості числового моделювання будівлі, з урахуванням жорсткості надземних конструкцій, під час розрахунків для плитного фундаменту. Отримані результати на кожному етапі експерименту обов'язково реєструються та піддаються подальшому аналізу.

2.1 Планування чисельного експерименту

Для проведення чисельних експериментів використовується програмний комплекс Ліра-САПР 2016 R5, який надає можливість обрати різні методи розрахунку та легко моделювати різноманітні конструкції. Крім того, для створення тривимірної моделі будівлі можна використовувати інші програмні продукти цього ж сімейства, такі як Мономах і Сапфір, що значно спрощує чисельне моделювання конструкцій. Отримані результати розрахунків також служать основою для створення концептуальних креслень для подальшої розробки проекту.

Задля дослідження впливу жорсткості надфундаментних конструкцій на розрахунок та конструювання фундаменту, було обрано житлову 16-типоверхову будівлю із повним залізобетонним каркасом та підвалом.

Габарити будівлі у плані 43,4мх17,4м.

Будівля передбачена із повним каркасом у вигляді колон із перерізом 400х400 мм та перекриттям товщиною 200 мм.

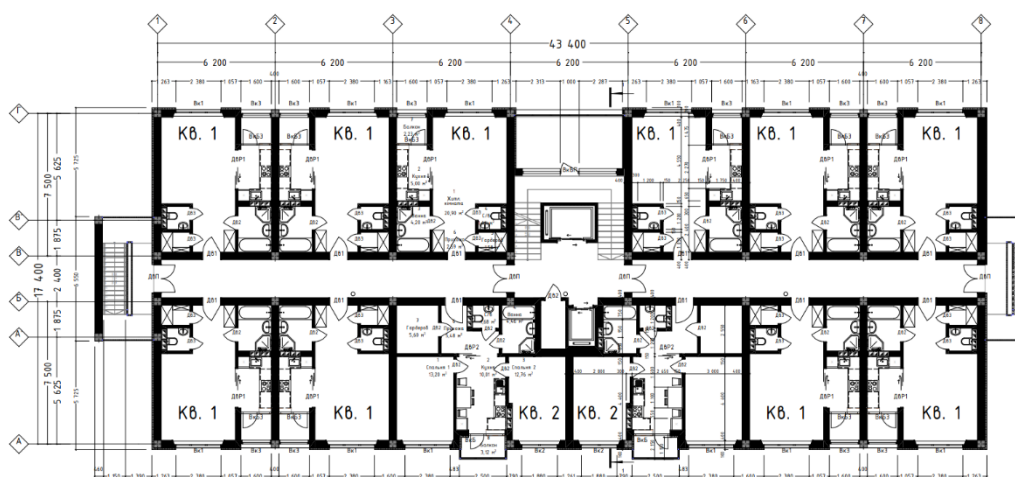


Рисунок 2.1 – План типового поверху будівлі

Об'єктом дослідження виступає фундамент даної будівлі, що являє собою суцільну плиту, на яку опираються залізобетонні стіни підвалу (рис.2.2)

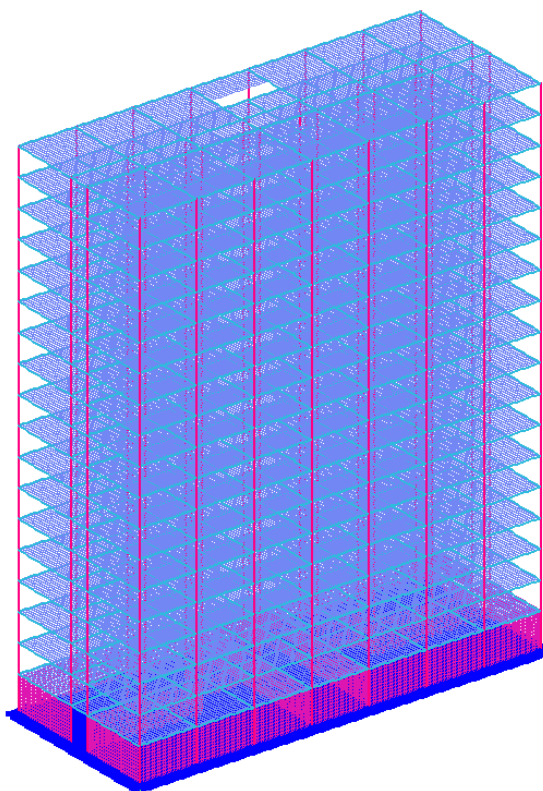


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема будівлі

Розміри фундаменту складають 44,6 м x 18,6 м у плані, із вильотом консолі 0,6 м (при $l_{\text{кочн}} < 3$ м [2]). Глибина закладання фундаменту складає 3 м.

Для дослідження зв'язку між кількістю надземних конструкцій (жорсткостей) та впливом їх на розрахунок, задля можливості дослідити на якому етапі жорсткість будівлі перестає впливати на розрахунок.

В ході експерименту буде замінюватися кожен поверх на еквівалентне йому навантаження, після кожної заміни проводитиметься розрахунок та збір результатів розрахунку.

2.2 Моделювання чисельного експерименту

Як зазначалося вище, для проведення чисельного експерименту застосовуються програмні комплекси. Для даного експерименту було обрано ПК Ліра-САПР, де можна одразу створити розрахункову модель для каркасної будівлі без використання інших програмних комплексів та конвертації тривимірних моделей у розрахункові схеми.

У каркасній будівлі, вертикальні елементи каркасу жорстко зв'язані із плитами перекриття і фундаментною стіною та створюють досить жорстку конструкцію. Вертикальні навантаження можуть значно перерозподілятися між вертикальними елементами, горизонтальні навантаження обумовлюють не лише згинальні моменти у вертикальних елементах, але і появу в них вертикальних зусиль. В даному випадку плити перекриттів включаються у роботу на згин і зсув. Ці особливості необхідно враховувати під час моделювання каркасної будівлі.

Розрахункова схема каркасної будівлі зазвичай представлена у вигляді вертикальних і горизонтальних стержнів (колони і балки) та горизонтальних і вертикальних пластин (плити перекриття, покриття, фундаментні плити та стіни підвалу). Окрім того, для кожного виду елемента призначається певний тип елемента, за яким у подальшому підбирається алгоритм для розрахунку у ПК.

Для моделювання даної будівлі було використано такі типи кінцевих елементів:

- KE 10 – універсальний просторовий стержневий KE;
- KE 42 – універсальний трикутний KE оболонки;
- KE 44 – універсальний чотирикутний KE оболонки;
- KE 56 – одновузловий KE пружних зв'язків (для моделювання ґрунту).

Стержнями із типом КЕ 10 представлені колони та балки, що присутні у перекритті. КЕ 42 і КЕ 44 використані для моделювання фундаментної плити, перекриттів та покриттів.

Колони підібрані перерізом 400x400 мм, на які опираються балки перерізом 400x200 мм та перекриття товщиною 200 мм. Каркас будівлі виконаний із залізобетону.

Числові характеристики матеріалу для елементів каркасу:

- Модуль пружності для бетону – $E = 2.75 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$;
- Коефіцієнт Пуасона для бетону – $\nu = 0.2$;
- Питома вага матеріалу – $R_0 = 2.5 \text{ т/м}^3$.

Система «ГРУНТ» у ПК Ліра-САПР

Ця система розроблена для створення моделі ґрунту, враховуючи інженерно-геологічні умови та визначення коефіцієнтів постелі С1 та С2 ґрунтової основи. Обчислення здійснюються на основі програмно-будівельної моделі ґрунту, для чого вводяться дані про свердловини, їх розташування та характеристики шарів ґрунту (ІГЕ). Моделювання ґрунту між свердловинами виконується згідно з установленими правилами і використанням інтерполяції між шарами.

Для уникнення геометричної змінності в площині ХОУ, на фундаментну плиту накладаються додаткові граничні умови за допомогою одновузлових КЕ 56. Ці елементи розміщуються в вузлах фундаментної плити. Жорсткість для всіх КЕ 56 визначається наступним чином: вона становить 70% від жорсткості пружної основи С1z, помноженої на площу навантаження навколо одного КЕ 56.

В ПК Ліра-САПР представлено 3 методи розрахунку:

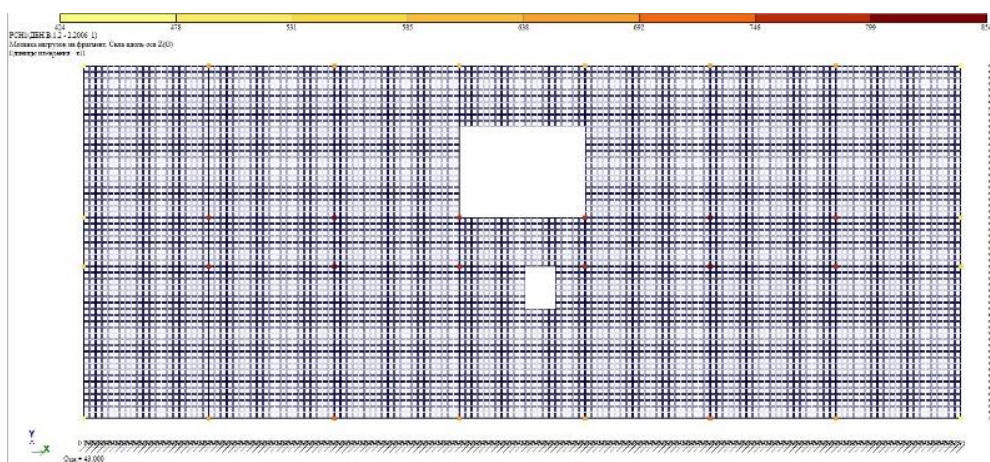
- Метод 1 – коефіцієнт постелі С1 вираховується по усередненим значенням;
- Метод 2 – Коефіцієнт постелі С1 вираховується по формулі Вінклера;

- Метод 3 – метод, що прибирає недоліки методу 1 (неможливість врахування наростання модуля деформації ґрунту в глибині) та методу 2 (в місцях різкої зміни величин прикладених навантажень коефіцієнт C_1 так само має різкі скачки).

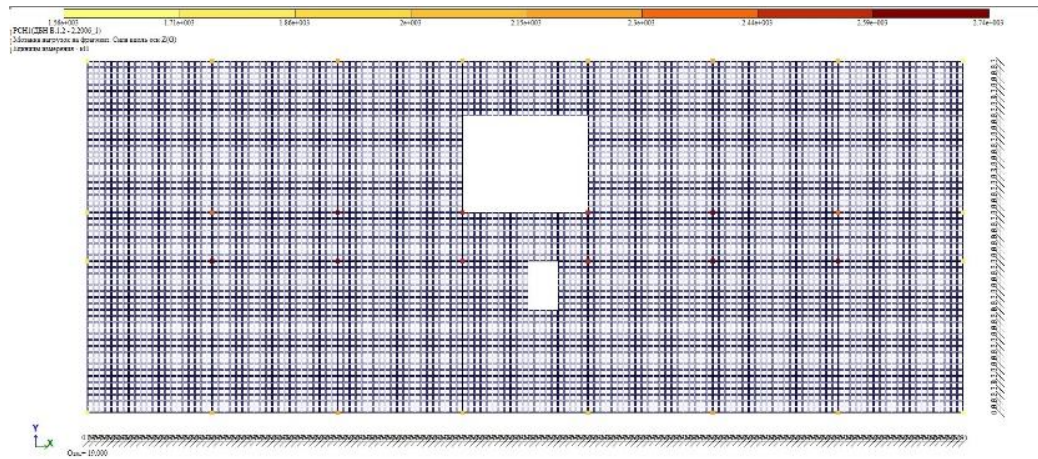
Маючи на увазі, що у нас є лише одна будівля з плитним фундаментом, яка передбачає рівномірне розподілення навантаження на ґрунт, ймовірність різкого змінення величини прикладених навантажень є майже непомітною. Отже, для наших розрахунків найбільш підходить метод 3 - модифікована модель ґрунту Вінклера..

Проведення експерименту:

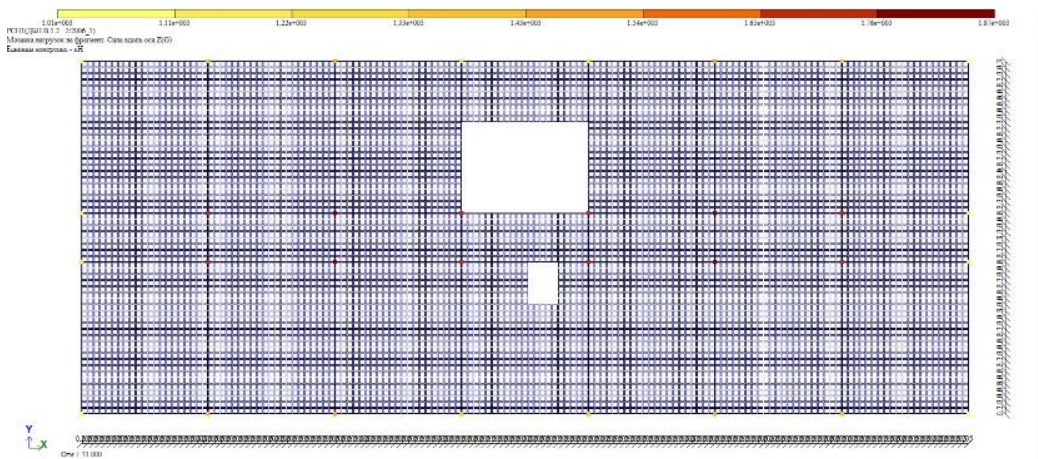
1. Розробка моделі та застосування навантаження. Початково було виконано розрахунок повної будівельної моделі для визначення сукупного навантаження на фундамент, врахування осідання будівлі та аналіз напружень, що виникають у фундаментній плиті.
2. Для визначення впливу жорсткості конструкції з моделі послідовно видалявся кожен поверх та замінювався еквівалентним навантаженням. Так як у нас каркасна будівля, тому еквівалентне навантаження прикладалося до вузлів верху колон. Еквівалентне навантаження визначалося за допомогою прорахунку навантаження на фрагмент та мало вигляд діаграм як на рис. 2.3.



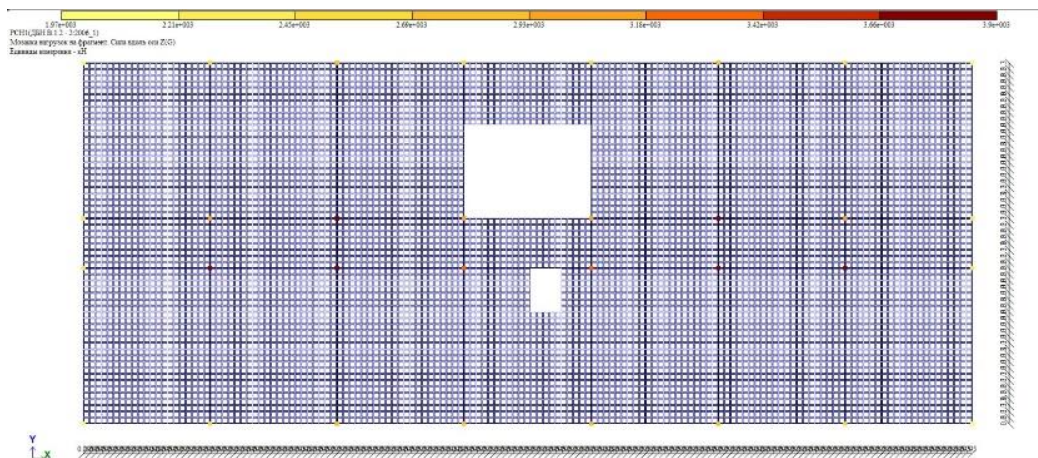
a



б



в



г

Рисунок 2.3 – Діаграма навантаження на колони:

а – для колон 15-ого поверху, б – для колон 9-ого поверху, в – для колон 5-ого поверху, г – для колон 1-ого поверху

3. Щоразу як відбувалася заміна проводився розрахунок та збір результатів розрахунків у вигляді діаграм.

Моделювання ґрунту

Моделювання ґрунту для розрахунку системи «ґрунт-нафундамент-надфундаментна конструкція» використовується розрахунковий модуль ПК Ліра САПР, що називається ГРУНТ.

Програмний інструмент "Редактор ґрунту" відзначається високоорганізованим розподілом екрану на три ключові області для ефективного використання користувачем. У центральній частині інтерфейсу впроваджено двовимірний графічний редактор, завдяки якому можна не лише формувати конфігурацію будівельного майданчика, але й розміщувати навантаження P_z , передані з режиму створення розрахункової схеми.

Нижня зона екрану містить таблицю "Характеристики ґрунтів" або геологічний розріз, в залежності від вибору геологічного розрізу. Тут представлені інженерно-геологічні елементи (ІГЕ) ґрунтового масиву, що входять до геологічного розрізу, забезпечуючи детальний огляд ґрунтових умов.

Ліворуч відображені панелі для створення/редагування свердловин або навантажень, а також панелі візуалізації локальних результатів розрахунку. Ці інструменти надають можливість взаємодії з програмою, встановлюючи параметри свердловин та навантажень.

Таблиця 2.3 – Характеристики ґрунтів

Найменування ґрунту	Модуль деформації	Питома вага ґрунту	Природна вологість	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Питоме щеплення	Кут внутр. тертя
Суглинок тугопластичний	30 кПа	1,87 т/м ³	0,174	0,26	0,68	2 т/м ²	18°

Суглинок тугопластичний	20 кПа	1,87 т/м3	0,174	0,26	0,68	2 т/м2	18°
Суглинок тугопластичний	8 кПа	1,87 т/м3	0,174	0,26	0,68	2 т/м2	18°

Під час відкриття вікна завантаження користувач може детально визначити розташування свердловин та додаткові навантаження від сусідніх фундаментів. У таблиці 1 вказані характеристики ґрунтів, які використовуються в процесі моделювання та розрахунків, і вони виступають ключовою основою для точного врахування інженерно-геологічних умов, необхідних для успішної роботи програми.

Для створення нового Інженерно-геологічного етапу (ІГЕ) важливо дотримуватися конкретних кроків та введення ряду ключових параметрів у відповідні графи таблиці. Нижче наведено детальний опис кожного з параметрів:

- **Номер ІГЕ:** Це унікальний ідентифікатор, який автоматично присвоюється після введення повної інформації.
- **Умовне позначення ІГЕ:** Текстовий код, який інженери можуть використовувати для ідентифікації конкретного етапу будівельних робіт. Зазвичай цей код відповідає позначенню, яке використовується в геологічних описах майданчика.
- **Найменування ґрунту:** Кожен рядок має унікальне найменування ґрунту, і система автоматично вносить корекції, якщо назва співпадає з іншими вже введеними даними.
- **Насипний ґрунт:** Цей параметр вказує, чи є даний ґрунт придатним для використання в планах підсипки під будівельними об'єктами.
- **Колір ІГЕ:** Визначається за допомогою правої кнопки миші і слугує для встановлення візуального позначення кожного ІГЕ на майданчику.
- **Модуль деформації (E):** Це числове значення, що вказує на ступінь відгуку матеріалу на деформації при первинному навантаженні.

- Коефіцієнт Пуассона: Цей параметр описує взаємозв'язок між вертикальними і горизонтальними деформаціями в ґрунті.
- Нормативна питома вага ґрунту (γ): Вага ґрунту на одиницю об'єму у природних умовах, що є важливою для інженерних розрахунків.
- Коефіцієнт переходу до другого модуля деформації: Це число вказує, наскільки різниться модуль деформації при вторинному навантаженні від модуля при первинному.
- Природна вологість (ω): Відсоткове співвідношення води до об'єму ґрунту, що важливе для розуміння його геотехнічних властивостей.
- Показник текучості I_L : Це значення характеризує здатність ґрунту змінювати форму під впливом зовнішніх навантажень.
- Ґрунтові води: Надає інформацію про наявність або відсутність ґрунтових вод у досліджуваному місці.
- Коефіцієнт пористості: Це відсоткове співвідношення об'єму пор в ґрунті до його загального об'єму, важливе для аналізу його структури.

№ ИГЭ	Усл. обозн.	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, т/м**2	Коеффициент Пуассона	Удельный вес грунта, т/м**3	Коеффициент перехода ко 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести I_L	Вода Лесс	Коеффициент пористости e	Удельное сцепление R_c , т/м**2	Угол внутреннего трения F_i , °	Предельное напряжение растяжения R_s , т/м**2	Коеффициент пропорциональности K , тс/м**4 и код грунта	
1	2	Насыпной		1000	0.3	1.8	5	0.05	0.2		0.7	0.5	16	0.1 700	Cf	Глина текучепластичная $I_L=0.75...1$, $K=700...400$ тс/м**4
7	2	Песок пылеватый		1800	0.3	1.75	5	0.25		W	0.54	0.1	31	0.02 1200	S0	Песок пылеватый $e=0.6...0.8$, $K=1200...700$ тс/м**4
8	3	Супесь		2000	0.3	1.82	5	0.26	1.1	W	0.72	0.8	22	0.16 700	Sp	Супесь пластичная $I_L=0...0.75$, $K=1200...700$ тс/м**4
9	4	Сулинок тугоплас		2000	0.35	1.87	5	0.17	0.26		0.68	2	18	0.4 1592	Ls	Сулинок тугопластичный или полутвердый $I_L=0...0.75$, $K=1592$ тс/м**4
10	5	Глина полутвердая		2200	0.42	1.92	5	0.02	0.15		0.8	5	16	1 1680	Cs	Глина тугопластичная или полутвердая $I_L=0...0.75$, $K=1800$ тс/м**4

Примечания: значения R_c , F_i , R_s в расчете коэффициентов постели $C1$, $C2$ не используются, но задаются для последующего экспорта в жесткости ЛИРА-САПР. Значения I_L и K используются для расчета жесткости свай ($K_{Э57}$)

Рисунок 2.4 – Вікно програми ГРУНТ із характеристиками ґрунтів

З метою подальшого вивчення зібрано наступні дані:

- Розподіл напружень, що виникають у фундаментній плиті (графіки переміщень по осі z та напружень: M , N , Q);
- Осідання конструкцій.

Для проведення експерименту використано декілька моделей ґрунту:

- Варіант 1 - Грунт із середнім модулем деформації ($E=20$ МПа);
- Варіант 2 - Слабкий грунт ($E=8$ МПа);
- Варіант 3 - Грунт із високим модулем деформації ($E=30$ МПа).

Даний алгоритм дій використаний для усіх варіантів ґрунту.

Висновки до розділу 2:

1. Постановка задачі та моделювання її у будь-якому програмному комплексі досить відповідальний процес. Від цього залежить подальший розрахунок та результати розрахунку. Тому необхідно урахувати можливі умови, які можуть виникнути під час проектування, будівництва та експлуатації будівлі.
2. При моделюванні експерименту обов'язковим був правильний вибір типів кінцевих елементів для конструкцій, а також правильне задання числових значень ґрунту. Неправильний вибір може створити похибку під час розрахунку.

3 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Як відомо, на різних типах ґрунтів, вплив надфундаментних конструкцій так само може бути різним. Тому, для порівняння і визначення впливу на різних типах ґрунту (згідно з розділом 2), було виконано розрахунок на ґрунтах із різним модулем деформацій.

У ході експерименту було зібрано діаграми переміщень по осі z та мозаїки напружень, M , N , Q .

3.1 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на міцному ґрунті каркасної будівлі

Під час розрахунків найбільш показовою по деформаціям плити є діаграма переміщень по осі z . Проте, якщо порівнювати діаграми для каркасної будівлі та безкаркасної (рис. 3.1 у ч.1), для каркасної будівлі ці зміни не настільки значні, як у безкаркасній будівлі (рис. 3.1).

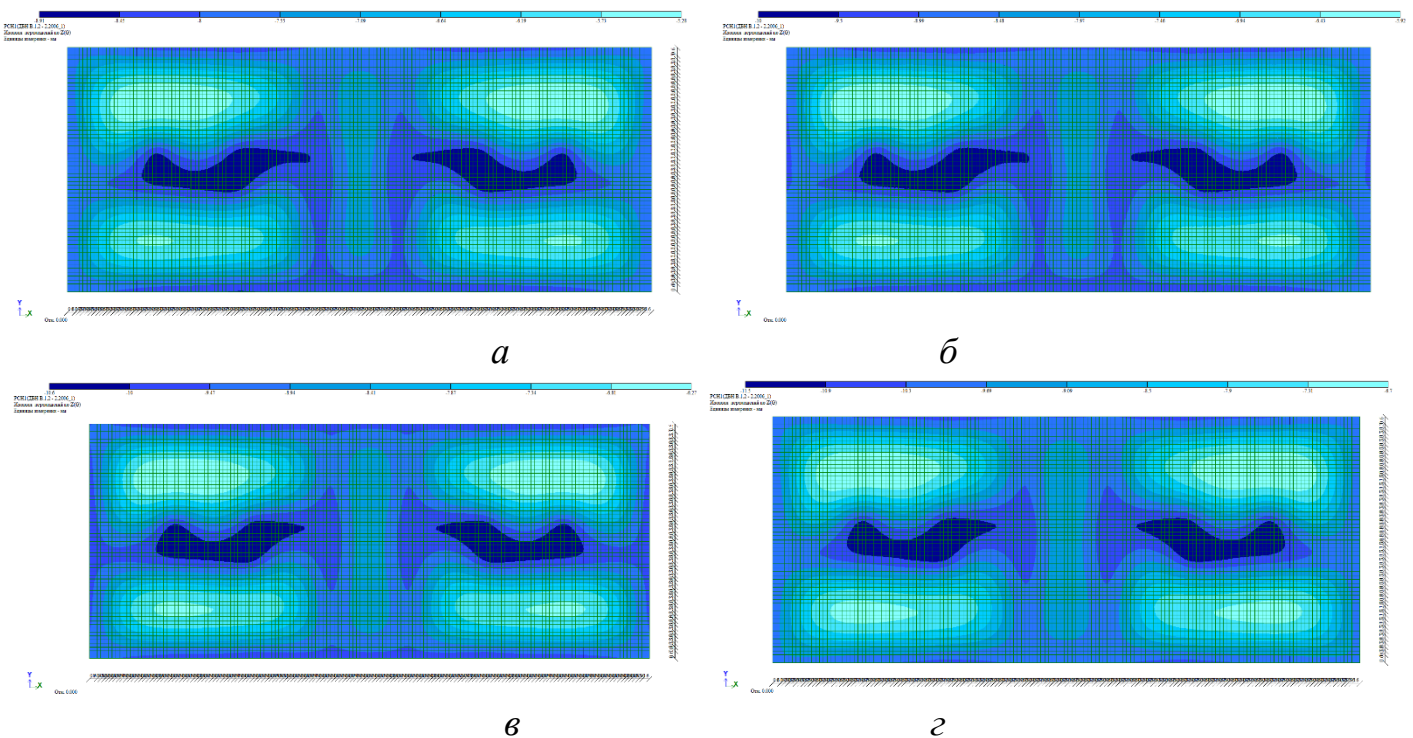


Рисунок 3.1 – Діаграми переміщень по осі z для міцного ґрунту: *a* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 5 поверхів, *г* – для 1 поверху

Згідно з діаграмами, можемо побачити, що деформації фундаментної плити майже незмінні. Це пов'язано з тим, що будівля має підвальний поверх та стіни підвалу створюють додаткову жорсткість фундаментної плити.

Якщо переглянемо діаграму переміщень, що отримали під час розрахунку лише самої плити (без стін підвалу у вигляді жорсткостей) під навантаженням від будівлі, то можемо спостерігати, що характер деформацій змінився. (рис.3.2)

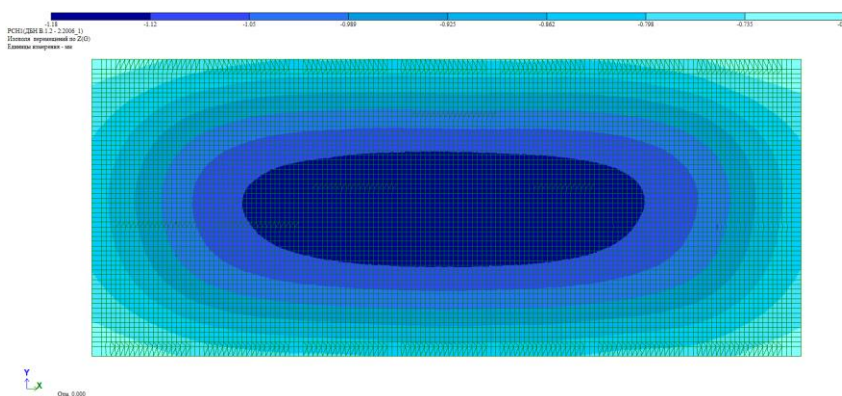


Рисунок 3.2 - Діаграми переміщень по осі z без надфундаментних конструкцій для міцного ґрунту

Так само, якщо переглянути мозаїки напружень, їх розподіл залишається незмінним до того моменту, поки не залишиться нічого, крім жорсткості самого фундаменту. (рис.3.3 – 3.4)

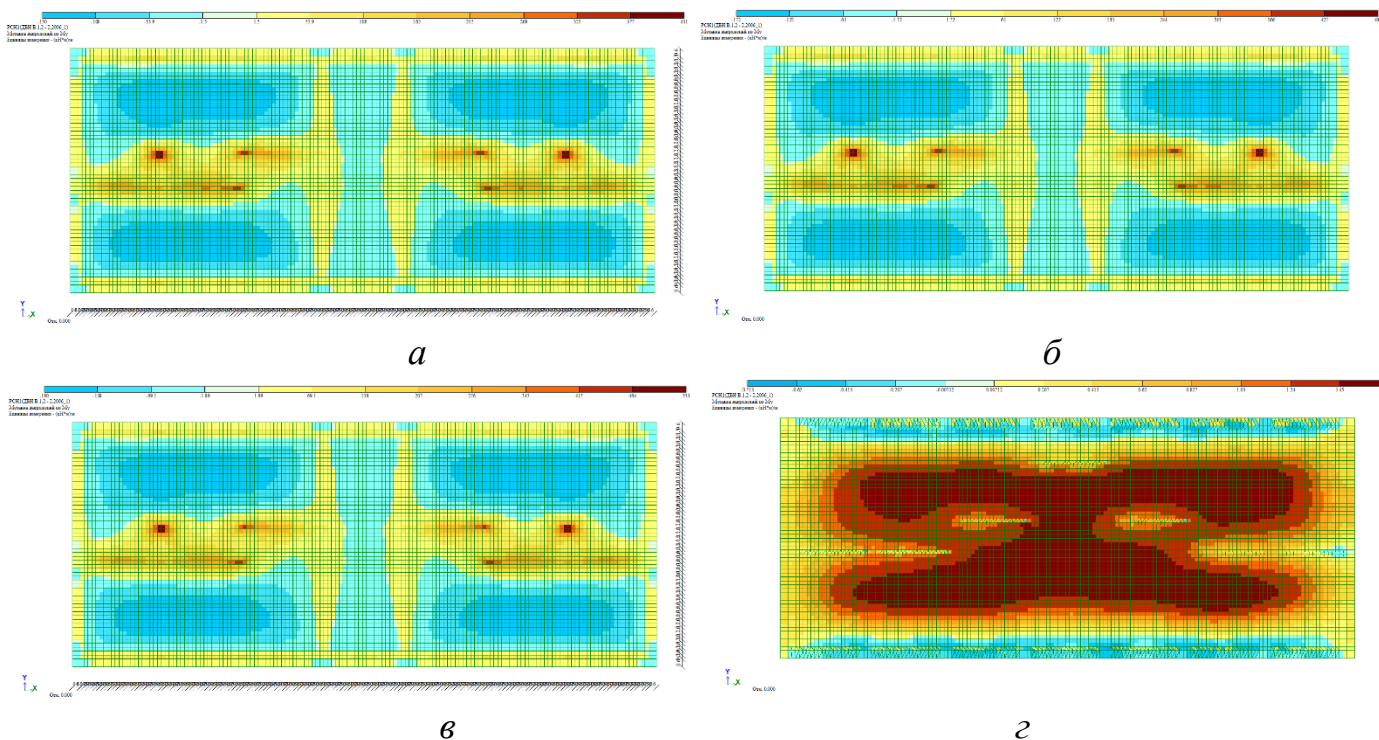


Рисунок 3.3 – Мозаїки напружень по M_u для міцного ґрунту: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

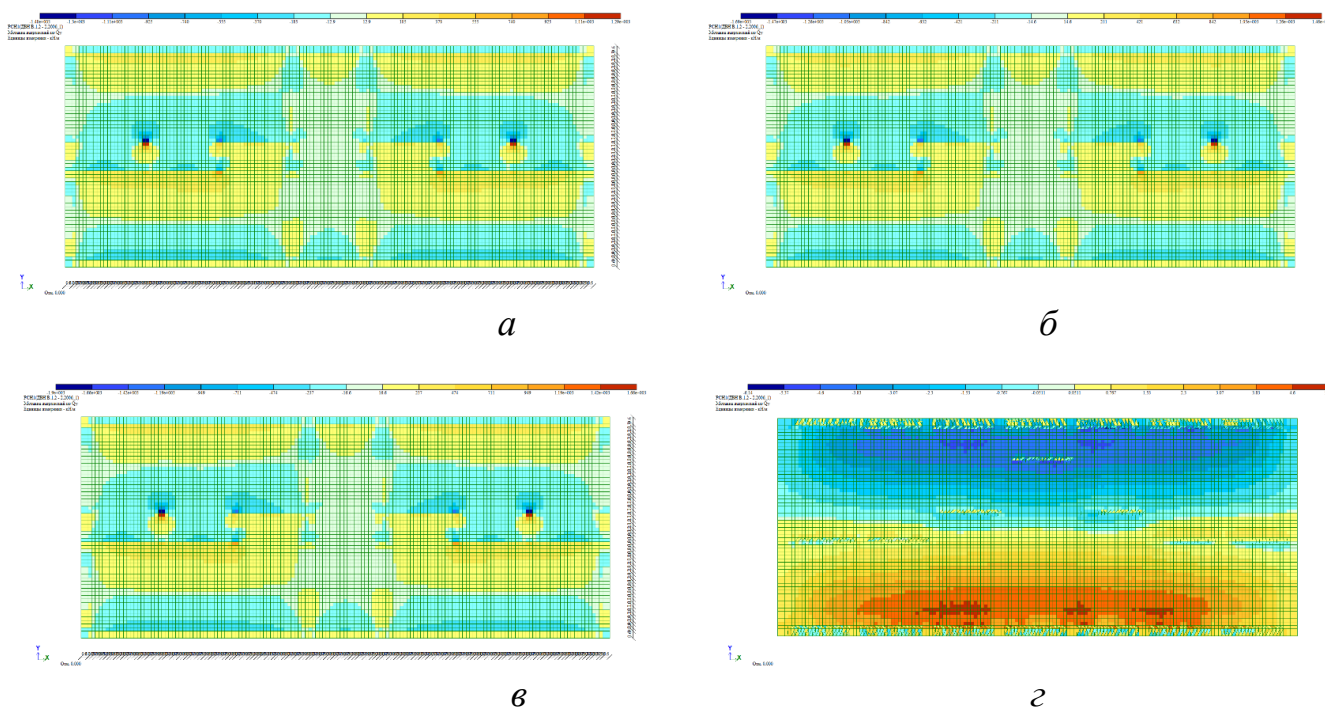
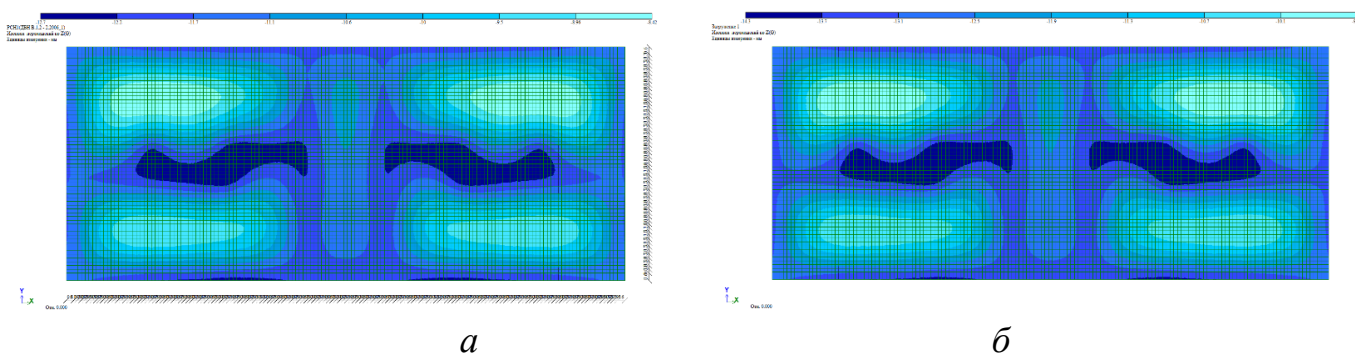


Рисунок 3.4 – Мозаїки напружень Q_y для міцного ґрунту: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

Завдяки присутності стін підвалу як додаткової жорсткості фундаментної плити, зміна жорсткості будівлі майже не впливає на розрахунок фундаменту.

3.2 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на нормальному ґрунті каркасної будівлі

Типові переміщення та розподіл внутрішніх зусиль у плиті практично відповідають тим, що спостерігаються в міцному ґрунті, за винятком збільшених значень осідань та внутрішніх зусиль. Картина розподілу зусиль залишилася незмінною при зміні жорсткості надфундаментної частини. (рис. 3.5-3.7)



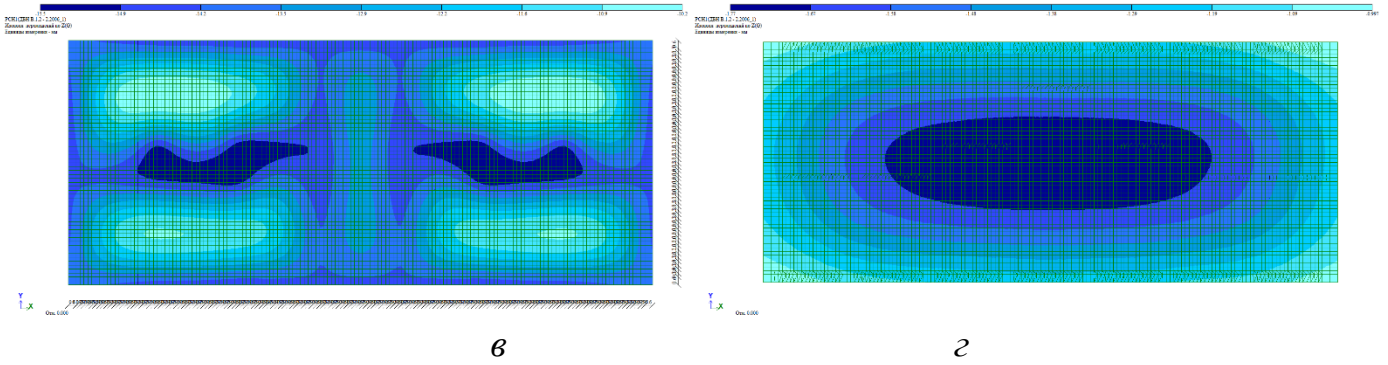


Рисунок 3.5 – Діаграми переміщень по осі z на нормальному ґрунті: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

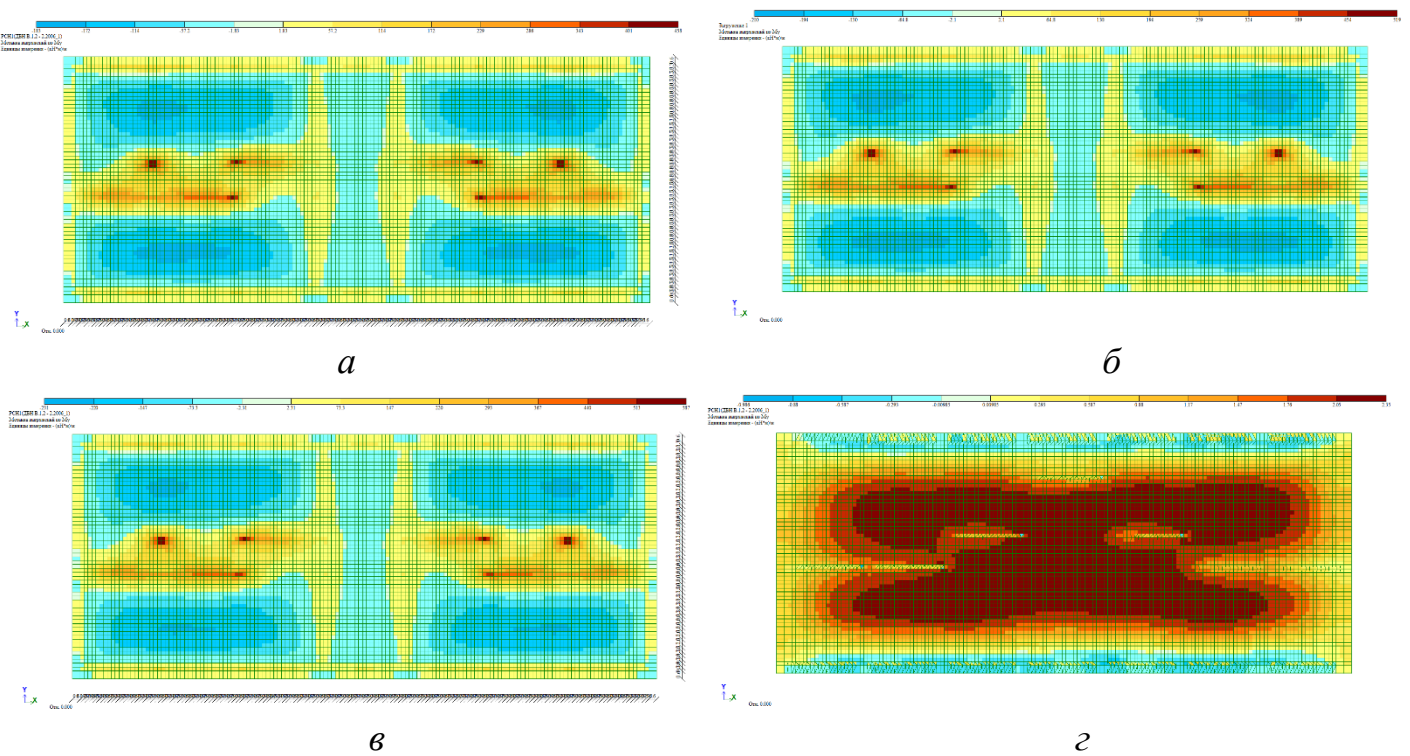


Рисунок 3.6 – Мозаїки напружень по M_u на нормальному ґрунті: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

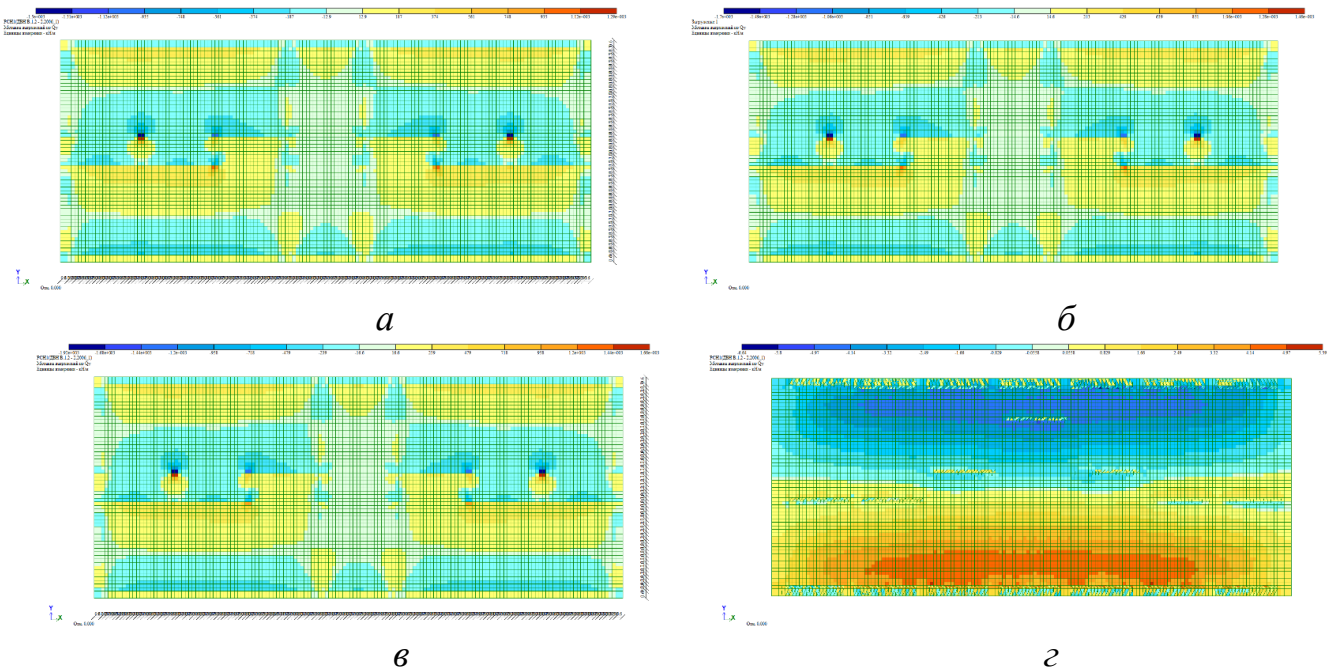


Рисунок 3.7 – Мозаїки напружень Q_y на нормальному ґрунті: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

3.3 Аналіз розрахунків плитного фундаменту на слабкому ґрунті каркасної будівлі

Якщо порівнювати діаграми з різними видами ґрунтів, то можна побачити, що характер деформацій змінився через більшу піддатливість ґрунту. (рис.3.8)

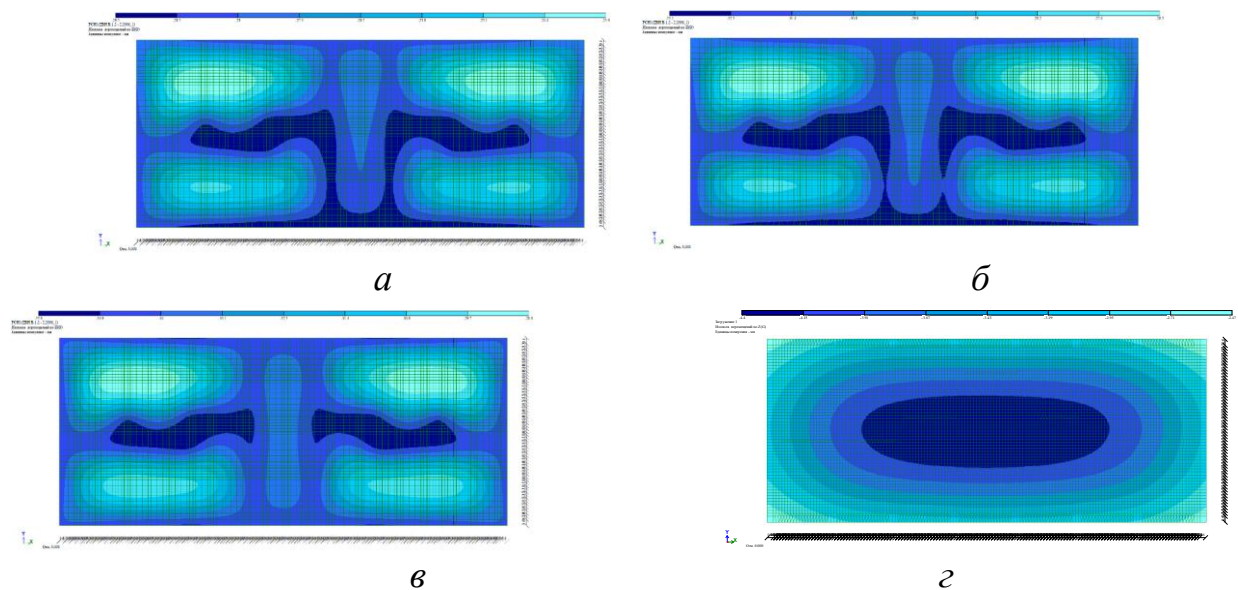


Рисунок 3.8 – Діаграми переміщень по осі z на слабкому ґрунті: *а* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 3 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

За рахунок більшої піддатливості основи, під час розрахунку із різними жорсткостями, можемо побачити, що кількість надфундаментних конструкцій для розрахунку має значення для каркасної будівлі при певних умовах. Основні деформації відбуваються у зоні, де розташоване найбільше навантаження: у цих місцях відсутні отвори для ліфтів та сходів.

Переломний момент настав під час розрахунку 11 поверху. Після цього жорсткість надфундаментних конструкцій зменшувала свій вплив на деформації фундаменту.

Теж саме відбувається і при розрахунку зусиль у фундаментній плиті.
(рис. 3.9-3.10)

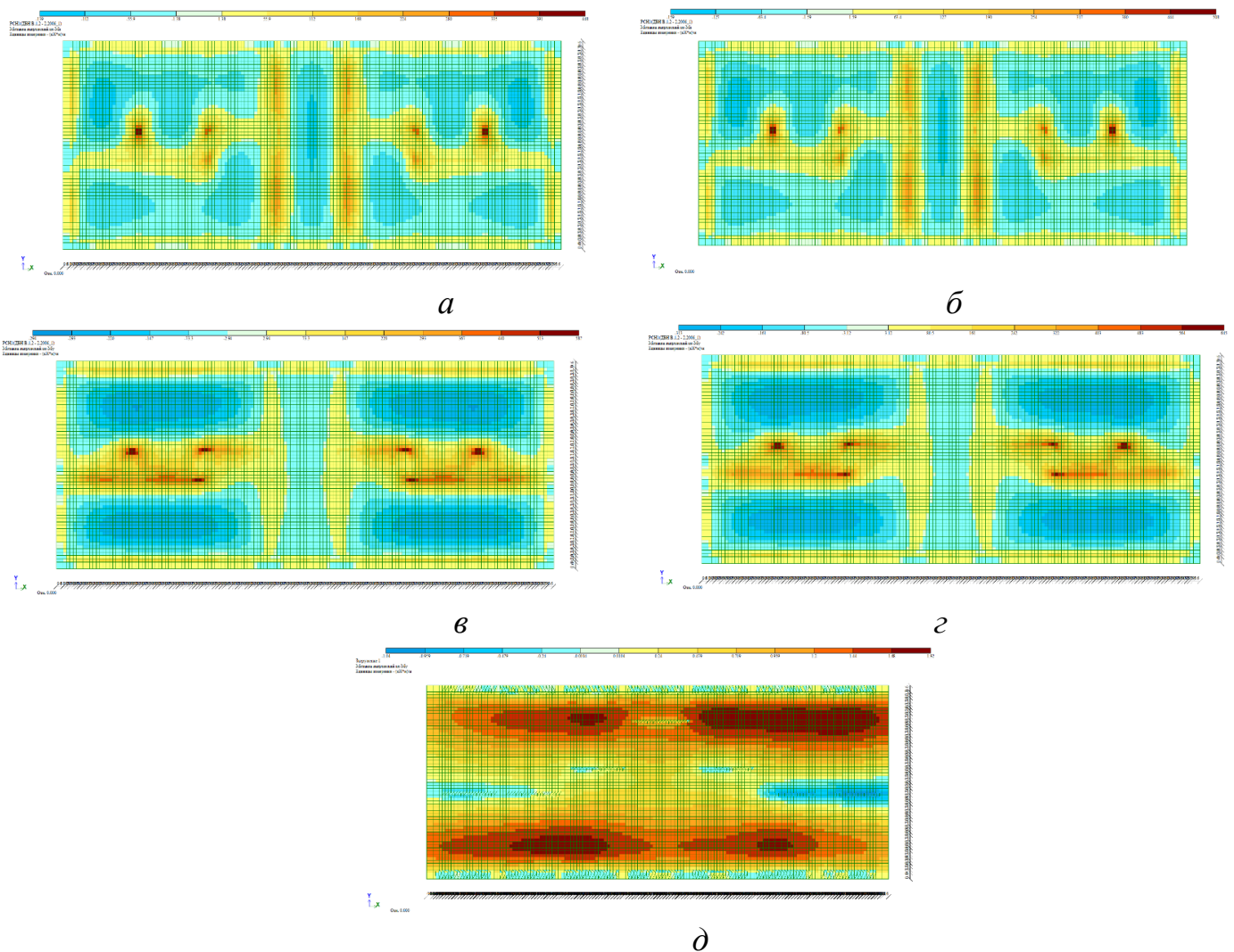


Рисунок 3.9 – Мозаїки напружень по M_u на слабкому ґрунті: *a* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 9 поверхів, *г* – для 5 поверхів
д – без надфундаментних конструкцій

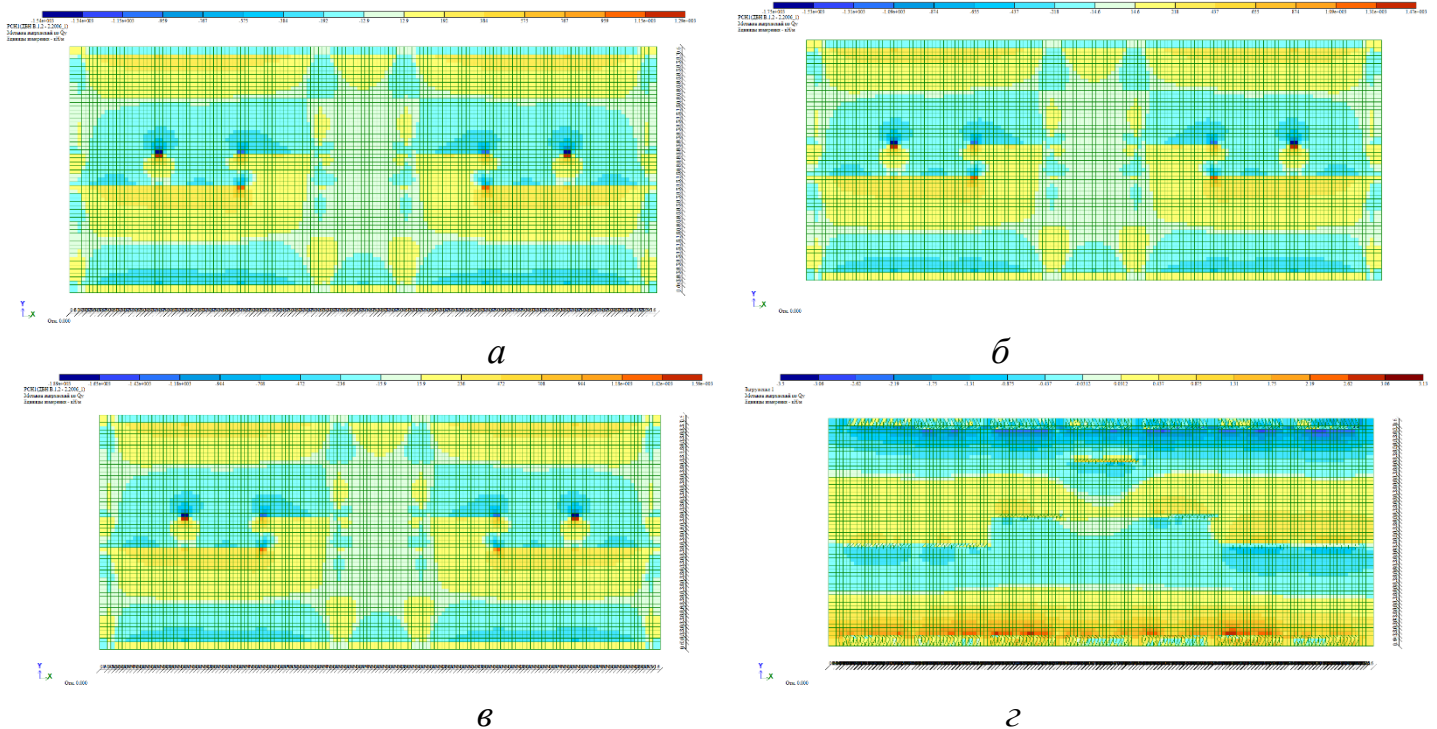


Рисунок 3.7 – Мозаїки напружень Q_y на слабкому ґрунті: *a* – для повної будівлі, *б* – для 11 поверхів, *в* – для 5 поверхів, *г* – без надфундаментних конструкцій

Найбільших змін зазнали моменти, поперечні сили – найменш відчутно. Найяскравіші зміни у перерозподілі відбуваються при повній відсутності жорсткостей.

Залежність жорсткістю будівлі та перерозподіл навантаження у фундаменті

Як вказано на графіках взаємозв'язку між внутрішніми зусиллями та жорсткістю надфундаментних конструкцій, каркасна будівля не виявляє значущого впливу. Це може бути пов'язано з тим, що в будівлі передбачений підвал із монолітними залізобетонними стінами, які постійно утримують стабільний розподіл напружень у фундаменті.

Через це, відповідно, коли забираємо усі жорсткості надфундаментних конструкцій (в т.ч. і стіни підвалу) та проводимо розрахунок зусиль у фундаментах, маємо зовсім іншу картину розподілу напружень.

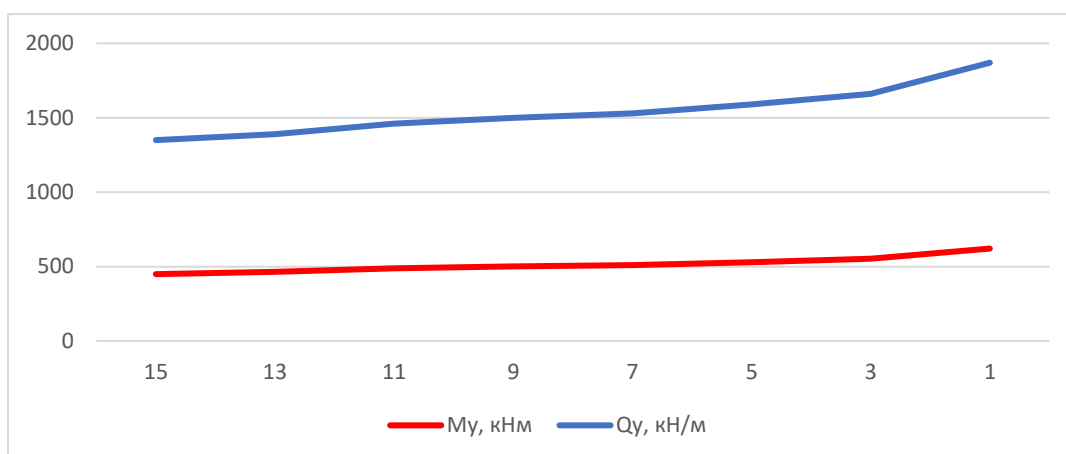
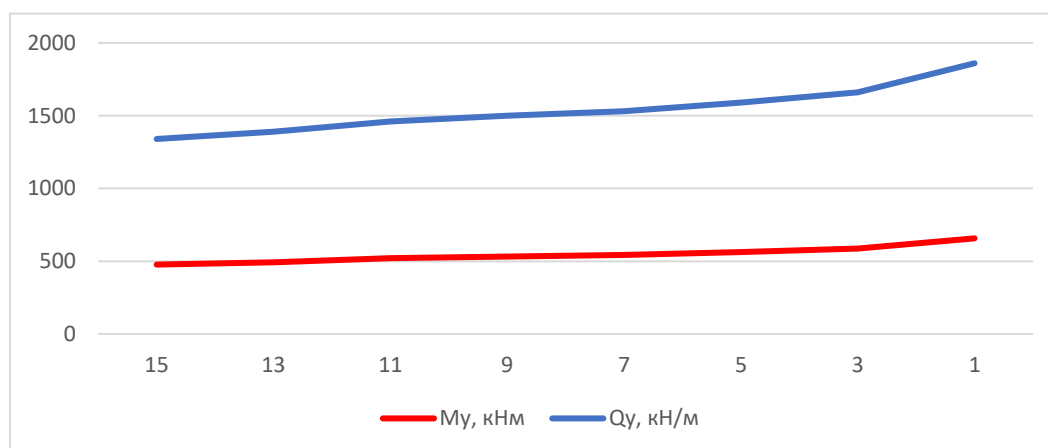
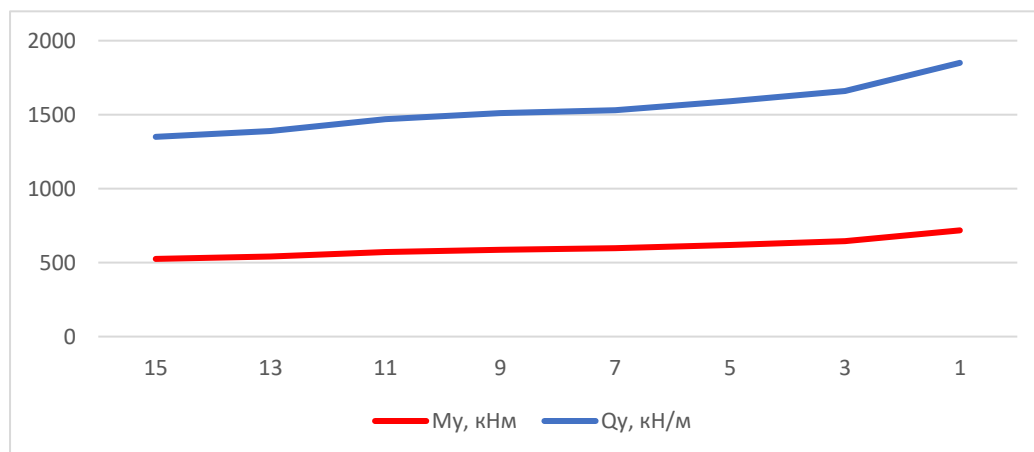
*а**б**в*

Рисунок 3.8 – Діаграма залежності зусиль у фундаменті, що розташований: *а* – на міцному ґрунті, *б* – на нормальному ґрунті, *в* – на слабкому ґрунті

Висновки до розділу 3:

1. Аналізуючи результати розрахунків, можна побачити, що для каркасних будівель кількість надфундаментних конструкцій у вигляді жорсткостей має менший вплив на розподіл напружень у фундаментній плиті, ніж у безкаркасній будівлі. Це пов'язано із розподілом напружень між колонами.
2. За рахунок того, що усі вертикальні навантаження сприймаються колонами та передаються на нижчі поверхи у вигляді зосереджених сил на колони нижчих поверхів, передача навантаження від верхніх поверхів до нижніх залишається майже тим самим.
3. За рахунок наявності підвалу у будівлі та відповідно і стін підвалу, розподіл навантаження та напружень у фундаменті при зміні кількості жорсткостей надфундаментних конструкцій майже не відчутний на міцних та нормальних ґрунтах.
4. Найбільшого впливу від зміни кількості жорсткостей під час розрахунків фундаменту, зазнала модель, що розраховувалася на слабкому ґрунті. Тому, для даного типу ґрунтів має місце врахування усієї конструкції будівлі на розрахунок осідання, деформацій та напружень у фундаменті. Для нормального та міцного ґрунту може бути достатньо врахування лише перших декількох поверхів.
5. Для дослідження економічного ефекту було обрано розрахувати два варіанти конструювання фундаменту:
 - Конструювання фундаменту для повної будівлі;
 - Конструювання фундаменту для фундаменту без надфундаментних конструкцій (лише під дією еквівалентного навантаження).

4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

Будинок розташований в існуючому мікрорайоні міста Вінниця. Проектований 10-и поверховий, 60-квартирний житловий будинок розташований в мікрорайоні міста Вінниця. Розміри ділянки під проектувану будівлю становлять 150 x 100 м, до неї відносяться території сусідніх будинків. Головним фасадом будинок орієнтований на південний захід.

4.1.1 Об'ємно-планувальне вирішення та конструктивна схема будівлі

Проектований 60 – квартирний будинок призначений для постійного проживання людей. Будинок секційного типу, складається з 1 секції. Планування квартири передбачає функціональне зонування приміщень. Кожна квартира має наступні приміщення:

- житлові кімнати площею 16,95; 15,10; 18,50; 14,80; 16,00; 11,97м²;
- кухні, та кухні-гостьові площею 1,11; 14,09; 14,70; 15,45; 8,15м²;
- ванну, санвузол, передпокій, гардероб, балкон та лоджію.

Ширина підсобних приміщень: кухні не менше 1,8 м, коридорів не менше 1,1 м.

4.1.2 Техніко-економічні показники будівлі

1. Житлова площа: $P_{ж} = 1852 \text{ м}^2$
2. Корисна площа: $P_{к} = 2564,4 \text{ м}^2$
3. Ступінь економічності: $K_1 = P_{ж} / P_{к} = 0,52$
4. Кубатура будинку: $V = 10800,9 \text{ м}^3$
5. Об'ємний коефіцієнт: $K_2 = V / P_{ж} = 9,8$

Кількість квартир в будинку:

Однокімнатних – 20 штук,

Трьохкімнатних – 20 штук.

Двокімнатних – 20 штук.

Разом - 60 квартир.

4.1.3 Конструктивне вирішення будівлі

Будівельна конструкція передбачає використання повного монолітного каркасу, який включає колони з квадратним перерізом розміром 400x400 мм. Перекриття спроектовано з товщиною 200 мм, де передбачені потовщення у вигляді монолітних балок з перерізом 200x400 мм.

Стіни розраховані як самонесучі елементи із використанням газобетону Д400 товщиною 400 мм. Перегородки виготовлені з газобетону Д300 і мають товщину 150 мм.

Фундаменти

Підземний рівень будівлі реалізовано у формі підвалу, який виконує також функції гаражу та приміщення для укриття в разі небезпеки. Габарити фундаменту в плані становлять 44,6 м x 18,6 м, з виступом консолі 0,6 м. Структуру фундаментів реалізовано у вигляді залізобетонних монолітних конструкцій плитного типу.

4.1.4 Стіни

Будівельна структура відповідає вимогам нормативних документів, таких як ДБН В.2.6-162:2010 "Кам'яні та армокам'яні конструкції" та ДБН В.2.6-33:2018 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією". Зовнішня стіна, спроектована для підвищеного теплозбереження, складається з двох шарів:

Перший шар представляє собою кладку, товщиною 510 мм (з прив'язкою 120/400), виготовлену з легких блоків газобетону відповідно до вимог ДБН В.2.7-61-97, з використанням цементно-піщаного розчину М 50.

Другий шар включає ефективний плитний утеплювач із пінополістирольних плит, товщиною 100 мм, розташований на фасадній стороні стіни.

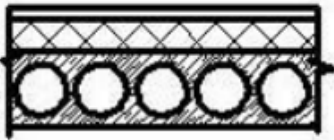
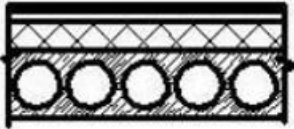
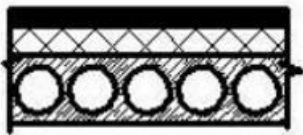
Міжкімнатні перегородки реалізовані у вигляді подвійних, виготовлених з цегли повнотілої звичайної М 75, закладеної на розчині М 5.

4.1.5 Перекриття та покриття

Перекриття та покриття прийнято виконати монолітні залізобетонні із використанням монолітних балок, що жорстко пов'язані із колонами.

4.1.6 Експлікація підлог

Таблиця 4.1 – Експлікація підлог

Найменування приміщень	Схема підлоги	Елементи підлоги	Площа (м ²)
1	2	3	4
Житлові кімнати, коридори, прихожі		Ламінат – 20 Цем.-піщ. стяжка армована сіткою – 30 Звукоізоляція Юніпор – 30 З/Б перекриття - 400	3425
Кухні		Керам. плитка на клею Ceresit - 10 Цем.-піщ. стяжка М 150 армована сіткою – 20 Суша гідроізоляційна суміш – 2,5 Звукоізоляція Юніпор – 30 З/Б перекриття - 400	1512
Санвузли, ванни, кладові		Керам. плитка на клею Ceresit - 10 Цем.-піщ. стяжка М 150 армована сіткою – 20 Суша гідроізоляційна суміш – 2,5 Звукоізоляція Юніпор – 30 З/Б перекриття - 400	520,8

Підлоги у кімнатах та коридорах оздоблено паркетом, у санвузлах і ванних кімнатах використовується керамічна плитка, а в кухнях вибрано також керамічну плитку. Гідроізоляційний шар виготовлено із сумішей групи Г1 для гідроізоляції, самовирівнювальних сумішей групи П2 і клейових сумішей групи К1, відповідно до встановлених стандартів ДБН В.2.6-22-2001.

4.1.8 Покриття та покрівля

Внутрішнє водовідведення і конструкція покриття інтегровані. Парапети встановлені навколо периметру даху висотою 600-900 мм. Похил даху складає 4% і створений нахилом перекриття під визначеним кутом. Для відведення

атмосферних опадів використовуються внутрішні воронки, їх кількість розрахована на одну воронку на кожен секцію будівлі. Покрівля складається з чотирьох шарів рубероїду. Похила поверхня в місцях з'єднання гідроізоляційного покриття зі стінами виконана з відношенням $i=1:1$ та утворена фаскою з цементного розчину М 100, з додатковими двома шарами рубероїду. Утеплювач горіщного перекриття, Dachrock, представляє собою мінераловатні плити з густиною $\gamma=200$ кг/м³ товщиною 120 мм.

4.1.9 Конструкції перегородок, сходів, балконів

Матеріали для перегородок включають цегляні (мм) стіни. У санвузлах та кухнях використовують гідрофобізовані гіпсові плити KNAUF товщиною 80 мм. Міжквартирні перегородки складаються з цегли, загальна товщина яких становить 250 мм. Збільшення звукоізоляції досягнуто за допомогою конопатки швів і зазорів між перегородкою, стінами та перекриттям.

Сходи спроектовані із збірних залізобетонних маршів та площадок, а поручні огорожі сходових маршів виготовлені з пластмаси, мають висоту 0,9м.

Балконні плити представляють собою монолітні залізобетонні конструкції, на яких проведено гідроізоляцію із рубероїду за допомогою бітумної мастики. Зверху розташована захисна цементна стяжка.

4.1.10 Зовнішнє та внутрішнє опорядження будівлі

Опорядження зовнішньої поверхні стіни – акрилова декоративна фасадна штукатурка Ceresit СТ 60.

Огорожа балконів – самонесуча стіна, що кріпиться до металевого каркасу балконних плит та кована металева огорожа

Опорядження цоколя: штукатурення та пофарбування водоемульсійними фарбами стійких до зносу.

4.1.11 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі

Інженерне обладнання будівлі складають:

- водопостачання - зі зв'язку з загальною мережею;
- система каналізації - підключена до міської мережі;

- водостік - внутрішньо організований;
- опалення - централізована, водяна система із зовнішнього витоку, однотрубна з нижньою розводкою;
- вентиляція - природна;
- гаряче водопостачання - централізоване, із зовнішнього витоку;
- газопостачання - природний газ з міської мережі;
- електропостачання - від мережі з напругою 380/220 В;
- пасажирський гідравлічний ліфт;
- телефон, інтернет, телебачення - підключаються зовнішньою мережею

4.2 Конструювання фундаментів

4.2.1 Загальна характеристика об'єкту

Запроектована будівля має вигляд 16-поверхового житлового будинку із повним монолітним каркасом. Будівля прямокутна у плані та має розміри 43,4мх17,4 м.

Конструктивна схема будівлі включає в себе монолітні фундаментні стіни, колони, перекриття та покриття.

Колони запроектовані квадратного перерізу 400 х 400 мм із кроком 6,2 м та прольотами 7,5 м та 6,2 м.

Перекриття будівлі має товщину 200 мм. В перекриття передбачено балки перерізом 200х400 мм.

Фундамент виконано плитного типу під усією будівлею.

Виконано розрахунок та конструювання фундаменту за допомогою програмного комплексу Ліра САПР 2016.

4.2.2 Вихідні дані для розрахунку

Фундаментна плита представлена у вигляді пластин товщиною 50 см, що опирається на пружну основу – суглинок з модулем деформації $E=20$ МПа. Виліт консолей фундаментної плити 0,6 м.

Надфундаментні конструкції виконані у вигляді горизонтальних пластин (монолітні плити перекриття) та горизонтальних і вертикальних стержнів (балки та колони відповідно).

Збір навантажень

В програмному комплексі "Ліра САПР" власна вага конструкцій автоматично розраховується відповідно до введених геометричних параметрів елементів схеми.

Вага перегородок для розрахунку обрана 4 кН/м², підлоги (лінолеум, ламінат або керамічна плитка) - 1,5 кН/м², а покрівлі - 2 кН/м². Корисне навантаження обране 4 кПа.

Снігове навантаження:

- Граничне розрахункове снігове навантаження визначається за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C \quad (4.1)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням снігового навантаження, що визначається згідно пункту 8.11 [8]

$$\gamma_{fm} = 1.14$$

S_0 - характеристичне значення снігового тиску. Для м. Вінниці

$$S_0 = 1.36 \text{ кПа}$$

$$C = \mu C_e C_{alt} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

де μ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю, що визначається згідно п. 8.7 [8]

C_e - коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі і визначається згідно п.8.9 [8]

C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти, що визначається згідно п. 8.10 [8].

$$S_m = 1.14 \cdot 1.36 \cdot 1 = 1.55 \text{ кПа}$$

Експлуатаційне розрахункове значення снігового навантаження визначається за формулою:

$$S_e = \gamma_{fe} S_0 C \quad (4.2)$$

де γ_{fe} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням снігового навантаження, що визначається згідно пункту 8.12 [8]

$$\gamma_{fe} = 0.49$$

$$S_e = 0.49 \cdot 1.36 \cdot 1 = 0.67$$

У ході розрахунків у програмному комплексі "Ліра САПР 2016" використовувалася система завантажень, яка автоматично вибирає необхідні коефіцієнти та формули для кожного виду навантаження відповідно до чинних нормативів.

У таблиці 2 наведений список завантажень та тип, яких для них обраний.

Таблиця 4.2 – Список завантажень

Номер завантаження	Назва навантаження	Вид завантаження
1	Власна вага конструкцій	Постійне
2	Постійне навантаження (стіни, перекриття та покриття)	Постійне
3	Довготривалі навантаження (перегородки, конструкції покриттів підлог)	Довготривале
4	Короткотривалі навантаження (корисне навантаження)	Короткочасне
5	Снігове навантаження	Короткочасне

Види завантажень обрані згідно п. 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 [8].

Підбір розмірів фундаменту

Формуємо фундамент мілкового закладання у вигляді однорівневої фундаментної плити.

Розрахунок розмірів подошви фундаменту мілкового закладання, згідно з [18], виконуємо за другою групою граничних станів.

Розмір подошви центральнозавантаженого фундаменту має відповідати таким граничним умовам:

$$\begin{aligned} p &< R; \\ s &< s_u, \end{aligned} \quad (4.1)$$

де p – тиск під подошвою фундаменту, кПа;

R – розрахунковий опір ґрунту основи, кПа;

s – фактичне осідання фундаменту, м;

s_u – гранично допустиме значення осідання для даної будівлі.

Розрахунковий опір ґрунту визначається за формулою

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma}k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_B \gamma'_{II} + M_c c_{II}), \quad (4.2)$$

де всі позначення згідно з додатком Е, п. Е.4 [2].

Ґрунт для розрахунку обрано із табл. 2

Глибина закладання фундаменту – $d=2$ м

Розміри фундаменту у першому наближенні:

$$A = \frac{N}{R_0 - \gamma_{mt}d} = \frac{3900}{232 - 20 \cdot 3} = 22,7 \text{ м}^2$$

Розміри фундаменту у першому наближенні 4,8х4,8 м. Так як крок та проліт колон замалий для таких розмірів фундаменту необхідно зробити заміну типу фундаменту. Тому, можемо можемо обрати плитний фундамент.

$$\begin{aligned} R &= \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma}k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_B \gamma'_{II} + M_c c_{II}) = \\ &= \frac{1,1 \cdot 1}{1} (0,43 \cdot 1 \cdot 4,8 \cdot 18,7 + 2,73 \cdot 3 \cdot 18,7 + (2,73 - 1) \cdot 0,5 \cdot 18,7 + 5,31 \cdot 20) \\ &= 346,0 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Тиск під подошвою плити

$$p = (3900/23,04) + 20 \cdot 3 = 230,0 \text{ (кПа)} < R = 346,0 \text{ кПа.}$$

Для розрахунку фундаментів та підбору арматури було використано бетон С16/20 та арматуру А500С. Товщину плити було обрано 50 см.

4.2.3 Результати розрахунку

Для спрощення розрахунків та аналізу результатів використано програмний комплекс Ліра САПР у двох варіантах.

Було вирішено провести дослідження та вибір арматури для обох варіантів: повна система "ґрунт – фундамент – надфундаментні конструкції"

(варіант 1) і фундамент з прикладеним еквівалентним навантаженням від будівлі (варіант 2).

Варіант 1.

Згідно з результатами розрахунку для повної жорсткості будівлі основна верхня і нижня сітка буде складатися із арматури діаметром 18 мм класу А500С із підсиленням у місцях розташування найбільш навантажених колон у зоні нижньої сітки та підсиленням у прольотах у зоні верхньої сітки.

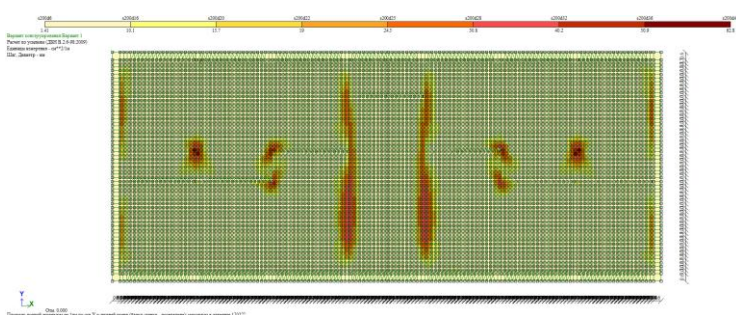
Для найбільш навантажених ділянок було виконано розрахунок локального армування за допомогою Ліра-АРМ (на кутках будівлі).

Армування плити:

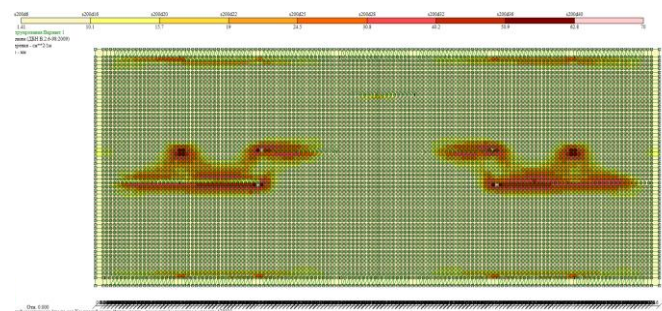
- Нижнє армування по осі Х – крок 200 Ø16 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø16 А500С
- Верхнє армування по осі Х – крок 200 Ø16 А500С
- Верхнє армування по осі Y – крок 200 Ø16 А500С

В місцях концентрації напружень запроєктовано додаткову арматуру в розбіжну з основної арматурою:

- Нижнє армування по осі Х – крок 200 Ø36 А500С
- Нижнє армування по осі Х – крок 200 Ø22 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø36 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø22 А500С
- Верхнє армування по осі Х – крок 200 Ø18 А500С
- Верхнє армування по осі Y – крок 200 Ø18 А500С



a



б

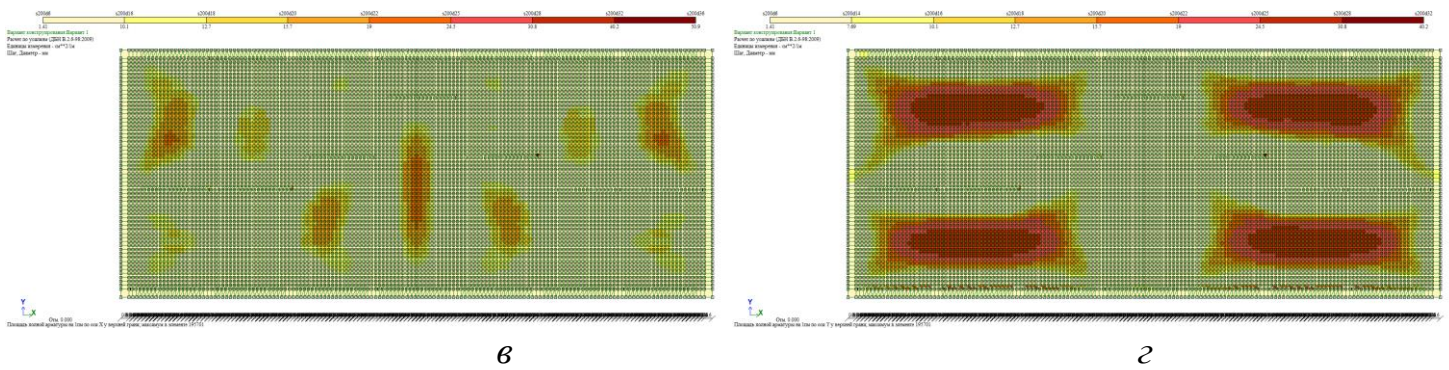


Рисунок 4.1 – Схема армування плити для повної будівлі:

*а – нижнє армування вздовж осі x, б – нижнє армування вздовж осі y,
в – верхнє армування вздовж осі x, г – верхнє армування вздовж осі*

Варіант 2.

Згідно з розрахунками фундаментної плити із прикладеним еквівалентним навантаженням основна верхня і нижня сітка буде складатися із арматури діаметром 18 мм класу А500С із підсиленням у місцях розташування найбільш навантажених колон у зоні нижньої сітки та підсиленням у прольотах у зоні верхньої сітки.

Виконано розрахунок локального армування за допомогою Ліра-АРМ (на кутках будівлі) для найбільш навантажених ділянок.

Армування плити:

- Нижнє армування по осі X – крок 200 Ø16 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø16 А500С
- Верхнє армування по осі X – крок 200 Ø16 А500С
- Верхнє армування по осі Y – крок 200 Ø16 А500С

В зонах концентрації напружень встановлено додаткову арматуру в розбіжну з основної арматурою:

- Нижнє армування по осі X – крок 200 Ø36 А500С
- Нижнє армування по осі X – крок 200 Ø22 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø36 А500С
- Нижнє армування по осі Y – крок 200 Ø22 А500С
- Верхнє армування по осі X – крок 200 Ø18 А500С
- Верхнє армування по осі Y – крок 200 Ø18 А500С

Проте, візуальний аналіз діаграм показує, що у випадку із неповною жорсткістю будівлі в зонах найбільшої концентрації напружень потрібна додаткова арматура значно переважає за кількістю та розмірами ту, яка необхідна для повної будівлі. Таким чином, можна визначити, що з точки зору матеріалозатрат економічно вигіднішим буде перший варіант проектування будівлі..

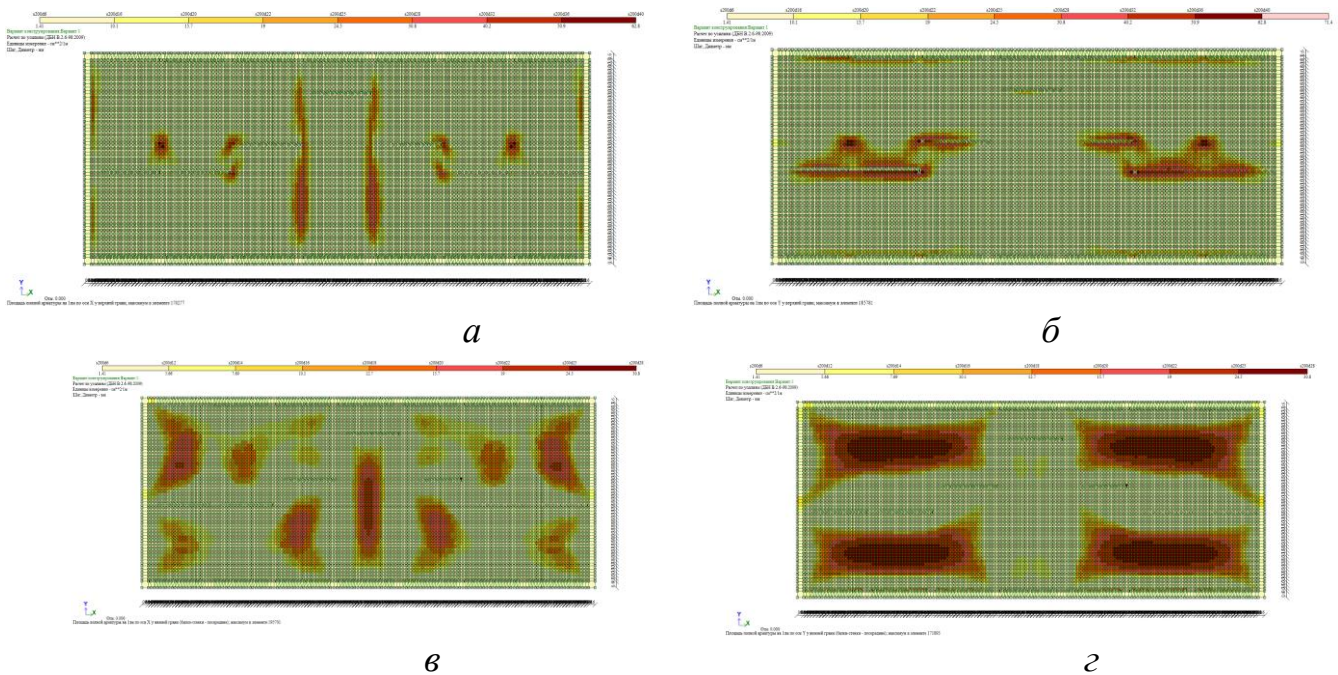


Рисунок 4.2 – Схема армування плити для фундаменту:

а – нижнє армування вдовж осі *x*, *б* – нижнє армування вдовж осі *y*,
в – верхнє армування вдовж осі *x*, *г* – верхнє армування вдовж осі *y*

Висновки до розділу 4:

1. Врахування особливостей ґрунту, фундаменту та надфундаментних конструкцій є важливим моментом у проектуванні. Завдяки урахуванню надфундаментних конструкцій та впливу їх на перерозподіл навантажень є необхідним задля отримання надійних проектних рішень, а також досягнення економічного ефекту.

2. При врахуванні усієї надфундаментної конструкції будівлі для розрахунку фундаментів можна досягти певного економічного ефекту: раціональна витрата матеріалів, що відображається на їх заощадженні шляхом підбору оптимальних перерізів арматури та зменшенню витрат бетону шляхом підбору необхідної товщини плити.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно визначити техніко-економічне порівняння різних варіантів виконання монолітних залізобетонних плит.

Розглядаємо два варіанти, в яких було підібрано за допомогою програмних розрахунків різна кількість арматури:

1 варіант - Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм -15728,9 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм -15728,9 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 18 мм -9500 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 22 мм -28608 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 36 мм – 15908,09 кг.

2 варіант - Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм -15728,9 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм -15728,9 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 18 мм -13300 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 22 мм -4677,28 кг, Стрижнева арматура А-III, діаметр 36 мм – 23866,13 кг.

Для порівняння варіантів розраховуємо об'єм фундаментної плити, представленого на кресленнях 414,78 м³.

Для визначення кошторисної вартості розробляємо локальні кошторисні документи за допомогою програмного комплексу АВК (табл.5.1, табл.5.2) і дотримуємось вимоги Настанови визначення вартості будівництва.

Вони розроблялися на основі:

ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи; поточних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до Настанови визначення вартості будівництва.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загально виробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 5.1 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 01
Варіант 1 монолітної залізобетонної фундаментної плити

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	3087.170 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0.76882 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	58.150 тис. грн.
Середній розряд робіт	3.3 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
					6	7	8	9	10		
1	КБ6-1-15	Улаштування фундаментних плит бетонних плоских	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	4.1478	263772.97	4980.03	1094078	40020	20656	140.6500	583.39
					9648.59	2076.53			8613	24.8458	103.06
2	C147-4-16	Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм	100кг	157.289	3289.78		517446				
3	C147-4-16	Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм	100кг	157.289	3289.78		517446				
4	C147-4-18	Стрижнева арматура А-III, діаметр 18 мм	100кг	95.0	3289.78		312529				
5	C147-4-22	Стрижнева арматура А-III, діаметр 22 мм	100кг	28.608	3289.78		94114				
6	C147-4-36	Стрижнева арматура А-III, діаметр 36 мм	100кг	159.0809	3289.78		523341				
		Разом прямих витрат по кошторису					3058954	40020	20656		583.39
									8613		103.06
		Разом прямі витрати в тому числі:				грн.	3058954				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	2998278				
		вартість ЕММ				грн.	20656				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		8613			
		заробітна плата робітників				грн.		40020			
		всього заробітна плата				грн.		48633			
		Загальновиробничі витрати				грн.	28216				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					82.37
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		9517			
		Всього по кошторису				грн.	3087170				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					768.82
		Кошторисна заробітна плата				грн.		58150			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник проєктної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 5.2 - Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02
Варіант 2 монолітної залізобетонної фундаментної плити

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:
креслення(специфікації)№

Кошторисна вартість	3530.452 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0.76882 тис. люд.-год
Кошторисна заробітна плата	58.150 тис. грн.
Середній розряд робіт	3.3 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2023 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
					6	7	8	9	10	11	12
1	КБ6-1-15	Улаштування фундаментних плит бетонних плоских	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	4.1478	263772.97	4980.03	1094078	40020	20656	140.6500	583.39
					9648.59	2076.53			8613	24.8458	103.06
2	С147-4-16	Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм	100кг	157.289	3289.78		517446				
3	С147-4-16	Стрижнева арматура А-III, діаметр 16 мм	100кг	157.289	3289.78		517446				
4	С147-4-18	Стрижнева арматура А-III, діаметр 18 мм	100кг	133.0	3289.78		437541				
5	С147-4-22	Стрижнева арматура А-III, діаметр 22 мм	100кг	45.7728	3289.78		150582				
6	С147-4-36	Стрижнева арматура А-III, діаметр 36 мм	100кг	238.6613	3289.78		785143				
		Разом прямих витрат по кошторису					3502236	40020	20656		583.39
		Разом прями витрати в тому числі:				грн.	3502236		8613		103.06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	3441560				
		вартість ЕММ				грн.	20656				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		8613			
		заробітна плата робітників				грн.		40020			
		всього заробітна плата				грн.		48633			
		Загальновиробничі витрати				грн.	28216				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах				люд-г					82.37
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		9517			
		Всього по кошторису				грн.	3530452				
		Кошторисна трудомісткість				люд-г					768.82
		Кошторисна заробітна плата				грн.		58150			

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Керівник проектної
організації

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Результати порівняння варіантів наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Порівняння варіантів монолітних залізобетонних фундаментних плит

Показники (дані)	Варіанти	
	Варіант 1	Варіант 2
Прямі витрати, грн.	3058954	3502236
Кошторисна трудомісткість, тис люд-год.	0,76882	0,76882
Кошторисна заробітна плата, тис грн.	58,150	58,150
Загальновиробничі витрати, грн.	28216	28216
Кошторисна вартість матеріалів, грн	2998278	3441560
Усього за кошторисом, тис. грн.	3087,17	3530,452

Отримані дані свідчать, що варіант 1 варіант - влаштування монолітних залізобетонних фундаментних плит є більш економічно вигідним.

Висновки по розділу 5

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння різних монолітних залізобетонних фундаментних плит. Для двох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю.

Порівнюючи кожний варіант із таблиці 5.3 ми бачимо, що найбільш економічним є 1 варіант - влаштування монолітних залізобетонних фундаментних плит. Кошторисна вартість на влаштування становить – 3087,17 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 0,76882 тис. люд-год.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі організації безпечних робочих місць на будівництві при визначенні зусиль у фундаментах для каркасних будинків. Завданням охорони праці є зведення до мінімуму вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань. Аналіз потенційних небезпек проведемо за [23, 24] для будівельно-монтажного персоналу, з метою запобігання впливу на працівників таких шкідливих виробничих факторів:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря); виробничий шум, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил, оксид вуглецю);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

6.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання будівельного майданчика, житлового масиву та системи освітлення здійснюється від електричної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 x 220 В з частотою 50 Гц.

Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [26, 27].

Під час монтажу будівельних конструкцій, виробів, трубопроводів і обладнання (далі – виконання монтажних робіт) необхідно передбачати заходи із запобігання негативному впливу на працівників визначених у вступі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів безпека монтажних робіт повинна бути забезпечена відповідно до [25], рішень проектно-технічної документації (ПОБ, ПВР тощо), зазначених заходів безпеки праці: точного визначення місця встановлення крана із зазначенням його марки, позначенням небезпечних зон під час його роботи; зазначення ваги вантажу, що піднімається; забезпечення безпеки робочих місць на висоті; визначення послідовності та забезпечення безпечного встановлення конструкцій; забезпечення стійкості конструкцій і частин будинку під час зведення; зазначення схем і способів укрупнювального складання елементів конструкцій.

У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб. Під час зведення будинків і споруд забороняється виконувати роботи, пов'язані з перебуванням людей на одній ділянці на поверхах (ярусах), над якими переміщують, встановлюють і тимчасово закріплюють елементи конструкцій та обладнання. За неможливості розподілення будинків і споруд на окремі ділянки одночасне виконання монтажних та інших будівельних робіт на різних поверхах (ярусах) дозволяється тільки за наявності між ними надійних (обґрунтованих відповідними розрахунками на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриттів, що передбачені у ПВР. Використання встановлених конструкцій для прикріплення до них вантажних поліспастів, відвідних блоків та інших монтажних пристосувань допускається тільки за згодою проектною організацією, яка виконала робочі креслення конструкцій.

Монтаж конструкцій будинків (споруд) необхідно починати з просторово стійкої частини: сполучного елемента, ядра жорсткості тощо. Монтаж конструкцій кожного розташованого вище поверху (ярусу) багатопверхового будинку необхідно виконувати після закріплення усіх установлених

монтажних елементів відповідно до проекту та досягнення бетоном (розчином) стиків несучих конструкцій необхідної міцності.

Під час монтажу каркасних будинків установлювати наступний ярус каркаса допускається тільки після встановлення огорожувальних конструкцій чи тимчасових огорож на попередньому ярусі. Монтаж сходових маршів і площадок будинків (споруд), а також вантажопасажирських підйомників (ліфтів) необхідно здійснювати одночасно з монтажем конструкцій будинку. На змонтованих сходових маршах повинні бути негайно встановлені огорожі.

Під час монтажу конструкцій будинків чи споруд монтажники повинні перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання і переміщення. Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу потрібно застосовувати драбини, перехідні містки, трапи з огорожами.

Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця та способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР.

Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного. Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються. Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання.

Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтуються, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка вантажозахоплювального засобу перевищує 2 м.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможлиблює видимість у межах фронту робіт.

6.1.2 Електробезпека

Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [26, 27].

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час виконання робіт: для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги;

персонал, який обслуговує електроустановки до 1000В, повинен бути забезпечений випробуваними основними (ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками) та додатковими (діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення;

ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки) засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату для робіт категорії важкості Пб в виробничих приміщеннях [28], які монтуються, наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [29]: утеплення фасаду будівлі; встановлення вентиляції приміщень.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний [28]. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведені в таблиці 6.2

Для забезпечення складу повітря робочої зони в роботі передбачені такі рішення [29]: робочі місця, де можливе виділення пилу та, обладнані вентиляційними пристроями, які повинні бути постійно готовими до роботи; будь-які порушення у системі вентиляції відображаються попереджувальними сигнальними пристроями; механічні вентиляційні установки під час їх роботи

не повинні створювати для працівників протягів.

Таблиця 6.2 – Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

6.2.3 Виробниче освітлення

Штучне освітлення в будівлі запроєктоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення). Нормовані значення виробничого освітлення наведені в таблиці 6.3.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [30] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Для забезпечення нормованого значення освітлення в проекті передбачено: використання природного та штучного освітлення; штучне освітлення повинне бути рівномірне та достатньо інтенсивне; світло не повинне створювати різких тіней на місцях роботи, значних контрастів між освітленим робочим місцем і навколишньою обстановкою; штучне світло не створює зайвих відблисків у полі зору працівника.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

6.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму наведено в таблиці 6.4

Таблиця 6.4 Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Основні виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено: раціональне розташування робочих місць; постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників; обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

6.2.5 Виробнича вібрація

На робочих місцях присутня вібрація типу – За [32]. Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, під'йомники, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.4.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального

захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Таблиця 6.5 Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

6.2.6 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [23]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – 291-348; зовнішнє фізичнє динамічнє навантаженнє, вираженє в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м’язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м’язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичнє навантаженнє (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичнє перебуваннє в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебуваннє у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебуваннє в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщеннє у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат – сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату (протягом тижня) – від 16 до 20.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Розрахунок фундаментів на сейсмостійкість

Основа фундаментів при аварійному сполученні навантажень, спричиненому сейсмічними впливами, розраховується на міцність окремо від

дії вертикальної складової навантаження і від дії горизонтальної складової. При цьому осідання фундаментів не перевіряють. Попередні розміри фундаментів слід визначати розрахунком за деформаціями основ на основне сполучення навантажень (без урахування сейсмічних навантажень).

Розрахунок на дію вертикальної складової навантаження здійснюється за формулою [2]

$$N_a \leq \gamma_{c,eq} N_{u,eq} / \gamma_n, \quad (6.1)$$

де N_a – вертикальна складова розрахункового позацентрового навантаження в аварійному сполученні (з урахуванням вертикального сейсмічного навантаження, яке спрямоване вниз);

$N_{u,eq}$ – вертикальна складова сили граничного опору основи при сейсмічних впливах;

$\gamma_{c,eq}$ – сейсмічний коефіцієнт умов роботи, що приймають рівним 1.0; 0.85; 0.7 відповідно для ґрунтів I, II і III категорій за сейсмічними властивостями згідно з ДБН В.1.1-12:2014.

γ_n – коефіцієнт надійності, приймають в залежності від рівня відповідальності споруд згідно з розділом 7 [2].

При дії навантажень від моментів по двох напрямках розрахунок за несучою здатністю основ повинен виконуватись роздільно на дію сил і моментів у кожному напрямку незалежно один від одного.

При розрахунках несучої здатності нескельних основ, що зазнають сейсмічних коливань, ординати епюри граничного тиску по краях підошви фундаменту визначаються за формулами [4]

$$\begin{aligned} p_0 &= \xi_q F_1 \gamma_1' d + \xi_c (F_1 - 1) c_1 / \operatorname{tg} \varphi_1; \\ p_b &= p_0 + \xi_\gamma \gamma_1 b (F_2 - k_{eq} F_3), \end{aligned} \quad (6.2)$$

де ξ_γ, ξ_q, ξ_c - коефіцієнти форми фундаменту, обчислені за формулами (Ж.4)

[2] без урахування ексцентриситету навантаження для стовпчастих фундаментів, а для стрічкових фундаментів рівні одиниці;

F_1, F_2, F_3 – коефіцієнти, що визначаються за графіками в залежності від розрахункового значення кута внутрішнього тертя φ_1 ;

γ, γ' – розрахункові значення питомої ваги ґрунту відповідно нижче і вище підшви фундаменту;

d – менше значення глибини закладання фундаменту;

k_{eq} – коефіцієнт, що приймається рівним 0,1 при сейсмічності майданчика 6,7 балів; 0,2 при сейсмічності майданчика 8 балів; 0,4 при сейсмічності майданчика 9 балів.

Вертикальна складова сили граничного опору основи при сейсмічних впливах приймається рівною:

$$\begin{aligned} \text{при } e_a \leq e_u \quad N_{u,eq} &= 0,5bl(p_0 + p_b); \\ \text{при } e_a \geq e_u \quad N_{u,eq} &= blp_b / (1 + 6e_a / b), \end{aligned} \quad (6.3)$$

де e_a та e_u – ексцентриситети розрахункового навантаження і епюри граничного тиску

$$\begin{aligned} e_a &= \frac{M_a}{N_a}; \\ e_u &= b(p_b - p_0) / 6(p_b + p_0). \end{aligned} \quad (6.4)$$

Підбір розмірів фундаменту зазначено у розділі 4, п. 4.2.

При $\varphi_1 = 21/1,15 = 18^\circ$ (ІГЕ №2, 3) $F_1 = 5, F_2 = 2, F_3 = 8$.
 $c_1 = 24,7/1,5 = 16,4$ (кПа).

Ординати епюри граничного тиску по краях підшви фундаменту обчислюємо за формулами (6.2).

Коефіцієнти форми фундаменту ξ_γ, ξ_q, ξ_c для стрічкового фундаменту дорівнюють одиниці.

$$\begin{aligned} p_0 &= \xi_q F_1 \gamma_1' d + \xi_c (F_1 - 1) c_1 / \operatorname{tg} \varphi_1 = 532,1 \text{ (кПа)}; \\ p_b &= p_0 + \xi_\gamma \gamma_1 b (F_2 - k_{eq} F_3) = 1093,1 \text{ (кПа)}. \end{aligned}$$

Ексцентриситети розрахункового навантаження і епюри граничного тиску за формулами (6.4)

$$e_a = \frac{M_a}{N_a} = \frac{160}{1250} = 0,128 \text{ (м)};$$

$$e_u = b(p_b - p_0)/6(p_b + p_0) = 0,575 \text{ (м)}.$$

Оскільки $e_a < e_u$, то за формулами (6.3)

$$N_{u,eq} = blp_b/(1 + 6e_a/b) = 8125 \text{ (кН/м)}.$$

Умова міцності

$$N_a = 1250 \text{ кН} \leq \gamma_{c,eq} N_{u,eq} / \gamma_n = 6005 \text{ (кН)}$$

Виконується.

Отже, при наявності аварійних сполучень навантажень розмір підшви достатній.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Включення у розрахунок усіх елементів конструкції є необхідним етапом під час проектування. Адже завдяки цьому можна оцінити наскільки впливає жорсткість надфундаментних конструкцій на фундамент. В певних ґрунтових умовах, це може бути визначальним фактором під час проектування.

2. Протягом усього періоду вивчення ґрунтів та їх математичного моделювання, можна зустріти різні моделі ґрунтів. Залежно від того, яку модель для розрахунків оберемо, можна отримати результати із певними похибками чи неточностями. Проте, найбільш вдалим на сьогодні є модель із двома коефіцієнтами постелі (модель Пастернака), тому на основі зібраної інформації було прийнято використати саме її для розрахунку.

3. Моделювання ґрунту складний та невід'ємний процес при моделюванні та розрахунку будівель. Його необхідно враховувати під час розрахунків у системі «ґрунт-фундамент-будівля», адже вплив ґрунту відбувається не лише на фундамент будівлі, а і на усю конструкцію.

4. На основі розрахунків, можна зробити висновки, що для каркасної будівлі урахування надфундаментних конструкцій має низький вплив на перерозподіл зусиль у фундаментних конструкцій. Для розрахунку фундаментних конструкцій у каркасних будівлях варто враховувати лише підвальный поверх та перший і другий поверхи.

5. За допомогою комплексних розрахунків та дослідженню впливу жорсткості надфундаментних конструкцій можна досягти також певного економічного ефекту у вигляді скорочення витрат на матеріали. Під час розрахунку економічної частини для двох варіантів фундаменту (із різними підходами до розрахунків конструювання), можна відзначити, що досягнуто певний економічний ефект: при проектуванні фундаменту із урахуванням усієї жорсткості будівлі витрати на влаштування фундаменту за кошторисами скоротилися на 12,5%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: [підручник]/ [М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлєв, О.О.Петраков, В.Б.Швець, О.В.Школа, С.В.Біда, Ю.Л.Вінніков].- Полтава, 2003. - 446 с.
2. Основи і фундаменти будівель та споруд: ДБН В.2.1-10-2009. - [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 105 с. – (Національні стандарти України)
3. Польові дослідження напруженого стану системи «ґрунтова основа – комбінований пальово-плитний фундамент» багатofфункціонального комплексу у місті Харкові. О. Самородов, С. Табачников, О. Дитюк. – ХНУМГ ім. Бекетова, 2019 р.
4. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 161 с.
5. Городецький А.С. Л.Г. Батрак «Розрахунок і проектування конструкцій висотних будівель із монолітного залізобетону» - К.: видавництво «Факт», 2004 – 106 с.
6. Buwels, J.E.: Foundation analysis and design, McGraw-Hill (1997)
7. Briaud J-L.; Smith D.; Rhee K-Y.; Nicks J.: The Washington Monument Case History. International Journal of Geoengineering Case histories. <http://casehistories.geoengineer.org> , Paper ID: IJGCH 1 3 3 , ISSN #1790-2045, vol. 1, Issue 3, pp. 170-188 (2009)
8. Kashikar A.V.; Subramanian K.V.; Nath, C.; Shintre, C.C.: Analysis of raft foundations for spent fuel pool in nuclear facilities. In: 18th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 18-K06-3) Beijing, China, August 7-12 (2005)
9. ACI: Suggested analysis and design procedures for combined footings and mats. ACI Committee 336 Report, pp. 21 (1988)

10. Naser Al-Shayea.:A New Approach for Estimating Thickness of Mat Foundations Under Certain Conditions. In: Arabian Journal for Science and Engineering, March, 2012. <http://www.researchgate.net/publication/2578803107>

11 Карпіловський В.С. Метод скінчених елементів і задачі теорії пружності. – Київ: «Софія А», 2022. – 275 с.

12 Самарський А.А., Гулін А.В. «Стійкість різних схем» - М.: Наука, 1973. – 415 с.

13 ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах [Чинна від 2017-04-01]. Київ : Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2017. 68 с. (Державний стандарт України).

14 ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016. Настанова щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах [Чинна від 2017-04-01]. Київ : Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2017. 68 с. (Державний стандарт України).

15ДБН В 1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 110 с.

16 Пособие по проектированию оснований и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) /НИИОСП им. Герсеванова. М.: Стройиздат, 1986. 415 с.

17 ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 161 с.

18 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Національні стандарти України).

19 . Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [Чинний від 2011-06-01]. - К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національні стандарти України).

20 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009

[Чинний від 2009-12-01]. – К., Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Національні стандарти України).

21 ДБН В.2.6.-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Чинний від 2011-06-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с

22 ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Чинний від 2011-06-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с

23 ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

24 ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

25 ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

26 ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

27 НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

28 ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

- 29 ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
- 30 ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
- 31 ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
- 32 ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
- 33 Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2006. 109 с.
- 34 Штойко К.О., Маєвська І.В. «Визначення впливу жорсткості надфундаментних конструкцій каркасних будівель на перерозподіл зусиль у фундаменті», м. Вінниця, ВНТУ, 2023р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19446>
- 35 ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 30 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
- 36 ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-01-06]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 35 с.
- 37 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с. (Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі).
- 38 ДСТУ Б А.2.4.-6:2009. Правила виконання робочої документації генеральних планів. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 34 с. (Система проектної документації для будівництва).

- 39 ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 179 с.
- 40 ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. [Чинний від 2012-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 61 с. (Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій).
- 41 ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний від 2023-01-11]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 123 с.
- 42 ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-01-06]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 43 с. (Будинки і споруди).
- 43 ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 23 с.
- 44 ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2013-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 52 с. ДБН В.1.2.7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинний від 2008-10-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 29 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
- 45 ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-01-06]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 35 с.
- 46 ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 30 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ
ЖОРСТКОСТІ НАДФУНДАМЕНТНИХ
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ НА
ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЗУСИЛЬ У
ФУНДАМЕНТІ**

Виконали: ст. гр. 1Б-22м
Усата Л.П.
Штойко К.О.
Керівник Маєвська І.В.

- **Мета дослідження** - Аналіз впливу ступеня жорсткості надфундаментних конструкцій на перерозподіл зусиль у фундаменті. Виконання числового моделювання поведінки безкаркасної будівлі з урахуванням різної жорсткості конструкцій на кожному поверсі (від 1 до n) з метою визначення моменту, коли вплив жорсткості перестає бути істотним.

- **Задачі дослідження**

1. Вивчення та аналіз сучасних конструктивних рішень для каркасних будівель з метою вибору типової сучасної безкаркасної будівлі для подальших досліджень та розрахунків.
2. Створення розрахункової схеми для комплексного аналізу взаємодії "грунт-фундамент-надфундаментна конструкція" з метою порівняння розподілу навантажень на фундамент при комплексному розрахунку, врахуванні жорсткості частини будинку на 1, 2 – n поверхах та розрахунку "грунт-фундамент".
3. Виконати розрахунок для трьох варіантів ґрунту:
 - Для міцного ґрунту ($E=30$ МПа);
 - Для нормального ґрунту ($E=20$ МПа);
 - Для слабкого ґрунту ($E=18$ МПа).
1. Проаналізувати розрахунки та визначити етап, на якому вплив жорсткості надфундаментних конструкцій перестає бути значущим при оцінці розподілу напружень у фундаменті. Виявити найбільш впливові фактори, які визначають перерозподіл зусиль у фундаменті.

- **Об'єкт дослідження** – аналіз зміни напружено-деформованого стану фундаментної плити за врахування впливу жорсткості окремих частин будинку на кожному поверсі (від 1 до n) та зміни характеристик ґрунту.
- **Предмет дослідження** - конструктивне вирішення фундаментної плити у двох варіантах: з урахуванням жорсткості будівлі та без урахування цього фактору.

Система «грунт-фундамент»

З інноваціями в науково-технічному прогресі зростають потреби населення у будівництві нових будівель і споруд. При цьому сучасні проектні рішення стають складнішими відносно збільшення прольотів конструкцій (мости до кількох кілометрів, великі споруди стадіонів, аеропортів тощо) та кількості поверхів будівель (хмарочоси).

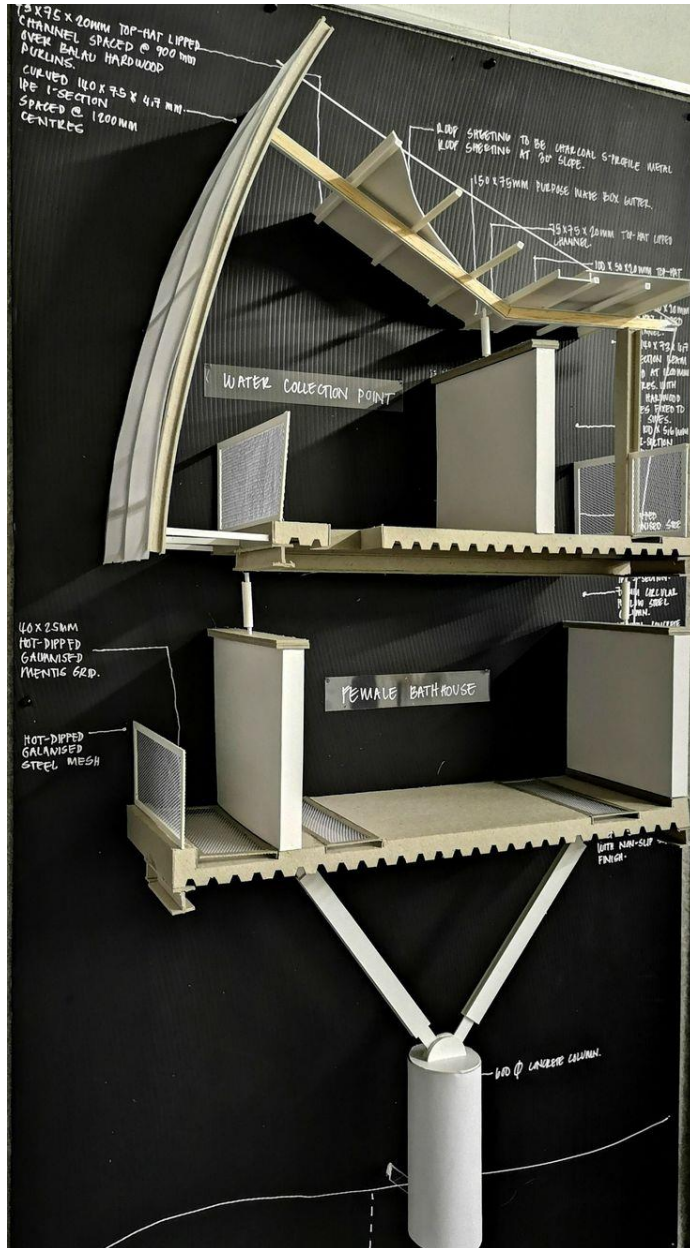
Для чисельного моделювання зазвичай використовують дві системи у вигляді «грунт-фундамент» та «грунт-фундамент-будівля». Вони є взаємопов'язаними, проте у першій не враховується взаємний вплив фундаменту та будівлі.

Система «грунт-фундамент»:

- Дана система орієнтована на вивчення та розрахунок фундаменту, який сприймає будівлю лише як навантаження;
- Основна задача – вибір типу фундаменту, його розмірів і конструкції.

Система «грунт-фундамент-будівля»:

- Охоплює усі аспекти співпраці ґрунту, фундаменту та будівлі;
- Окрім фундаментів також враховується вплив жорсткості конструкції будівлі;
- Система враховує взаємодію усіх елементів та забезпечує максимальну стабільність всіх структур.

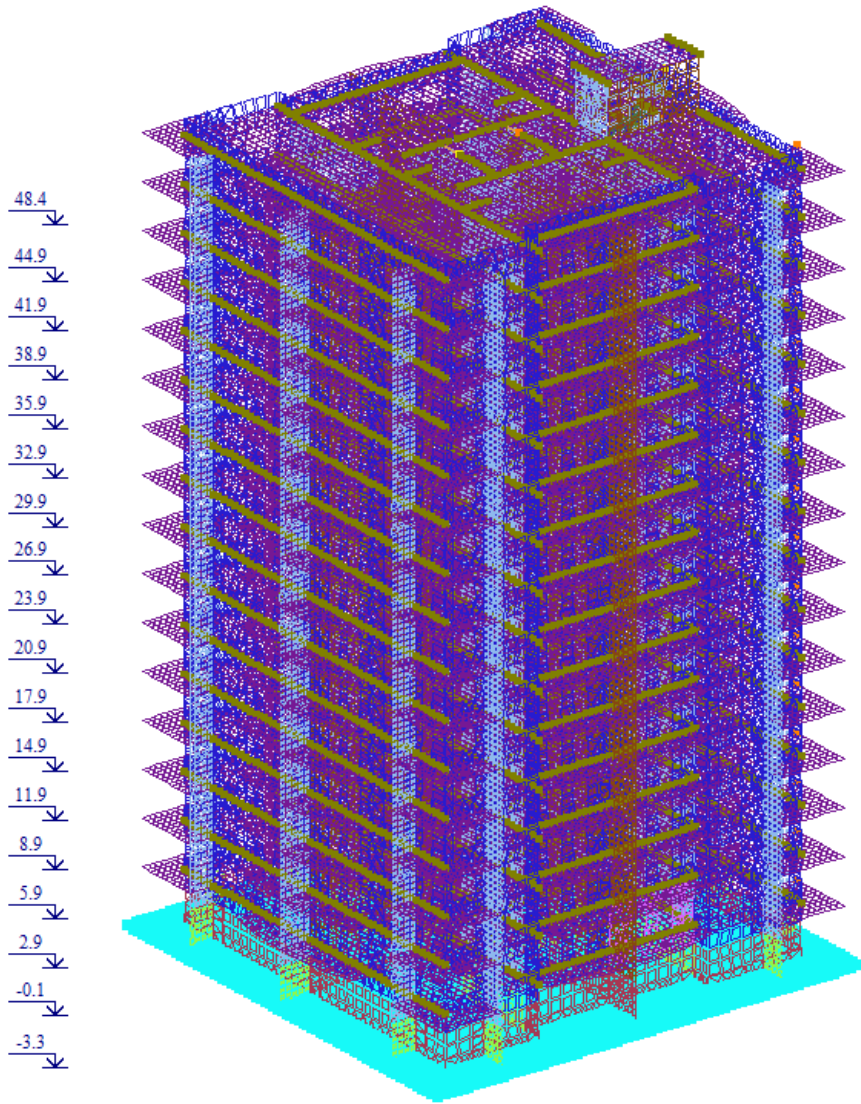


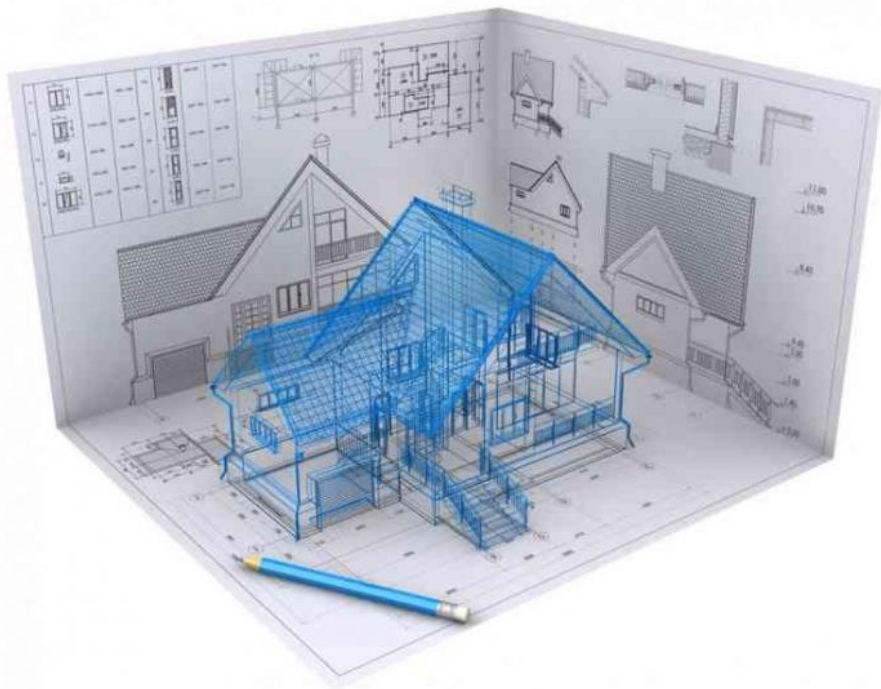
Система «грунт-фундамент-будівля»

Система «грунт-фундамент-будівля», як і решта методів та підходів у розрахунках, має свої певні переваги та недоліки.

- Переваги включають у себе: надійність та ефективність (ефективна робота ґрунту і фундаменту, врахування ґрунтових умов), економічність (відсутня перевитрата матеріалу, так як матеріал підібраний максимально точно по міцності та кількості).

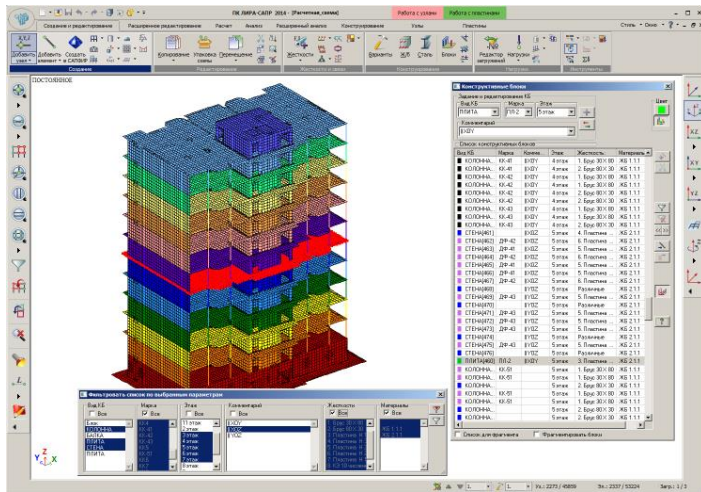
- Недоліки: складність розрахунку (вимагає великої кількості даних та відповідних навичок інженера конструктора), витрата часу (для проведення досліджень, створення відповідної числової моделі та розрахунків вимагає досить багато часу), пряма залежність від геологічних умов (будь-яка неточність у моделюванні чи дослідженнях може викликати тяжкі наслідки у майбутньому), прогнозування та моніторинг (ґрунтові умови змінні у часі та необхідно їх враховувати та відстежувати для подальшої підтримки несучої здатності фундаменту та основи).





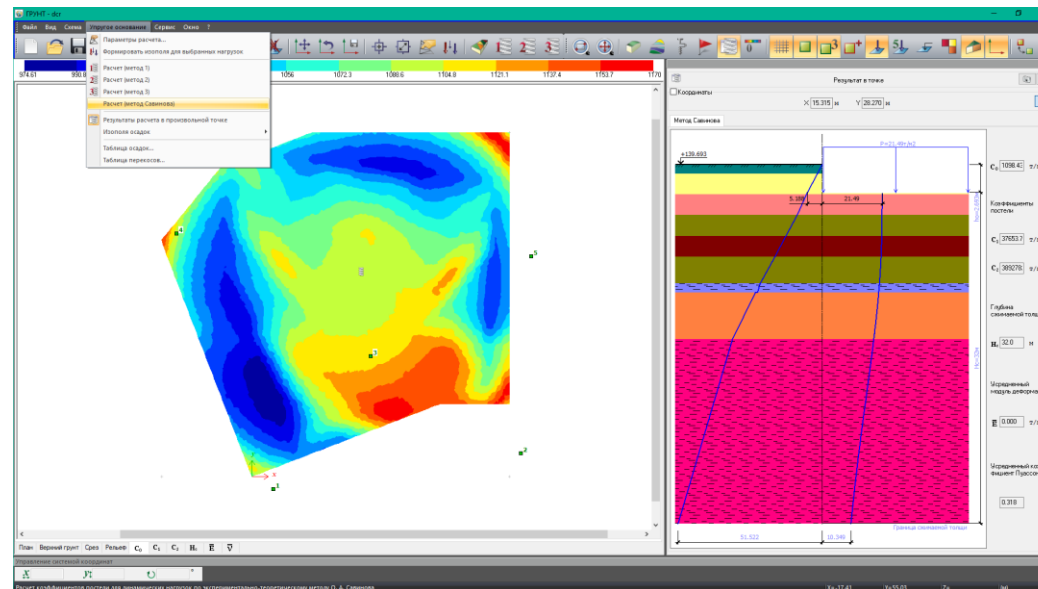
Моделювання системи «грунт-фундамент-будівля»

- Завдяки сучасному програмному забезпеченню чисельне моделювання та розрахунків даних систем в разі спрощується. До того ж, існує ряд комплексів, що дозволяють нам виконувати розрахунки будівель та споруд із будь-яким рівнем дискретизації, що дозволяє досить точно оцінити роботу того чи іншого елемента конструкції, а також розглянути комплексну роботу усієї системи.
- Під час моделювання та чисельних розрахунків системи "грунт-фундамент-будівля" у потужних розрахункових комплексах, таких як SOFiSTiK, ABAQUS, Plaxis, SCAD, Ліра тощо, зазвичай використовується модель ґрунтової основи у вигляді шару скінченної ширини, в якій задаються закономірності деформації ґрунту під навантаженнями, включаючи часові аспекти. Добре відомо, що для отримання надійних і достовірних результатів розрахунків стану напружень і деформацій конструкцій фундаментів в системі "грунт-фундамент-будівля" необхідно обрати модель ґрунтової основи з відповідними параметрами, яка відображає реальні розподільчі здатності та деформаційні характеристики фундаментів споруд.



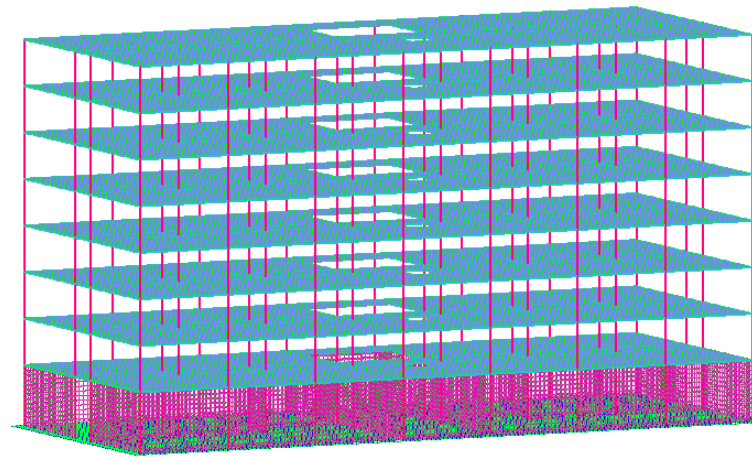
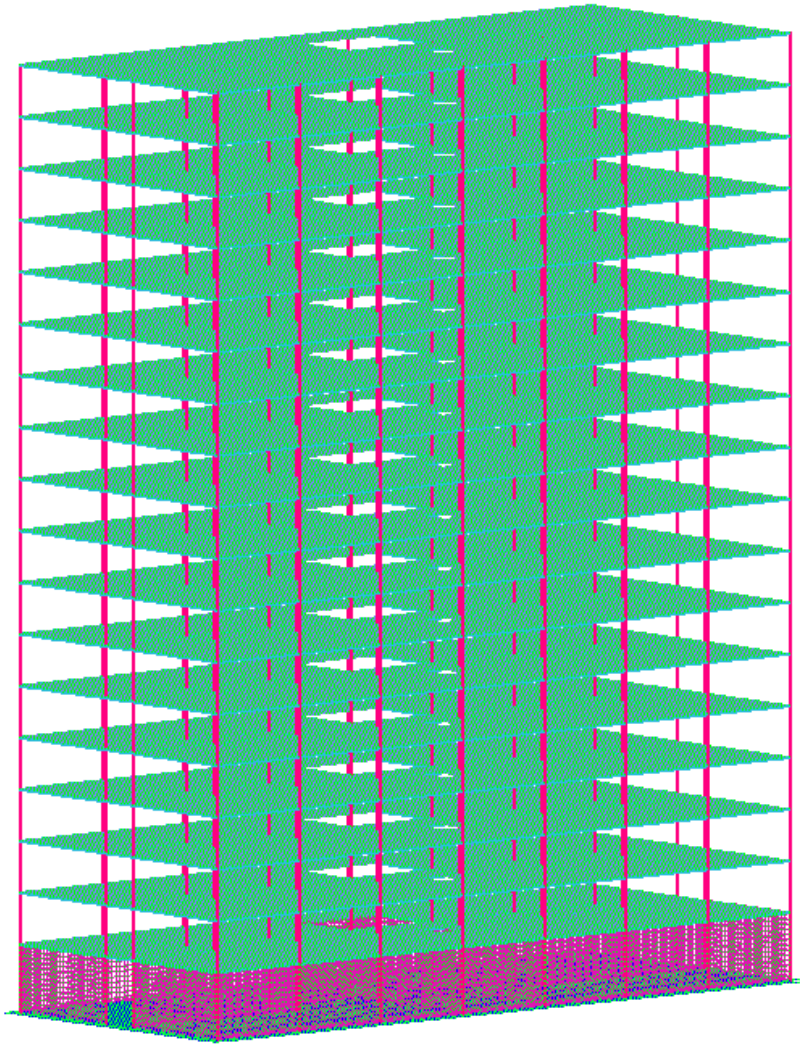
СИСТЕМА ГРУНТ

- Ця система розроблена для створення моделі ґрунту, враховуючи інженерно-геологічні умови та визначення коефіцієнтів постелі С1 та С2 ґрунтової основи. Обчислення здійснюються на основі програмно-будівельної моделі ґрунту, для чого вводяться дані про свердловини, їх розташування та характеристики шарів ґрунту (ІГЕ). Моделювання ґрунту між свердловинами виконується згідно з установленними правилами і використанням інтерполяції між шарами.
- Для уникнення геометричної змінності в площині ХОУ, на фундаментну плиту накладаються додаткові граничні умови за допомогою одновузлових КЕ 56. Ці елементи розміщуються в вузлах фундаментної плити.



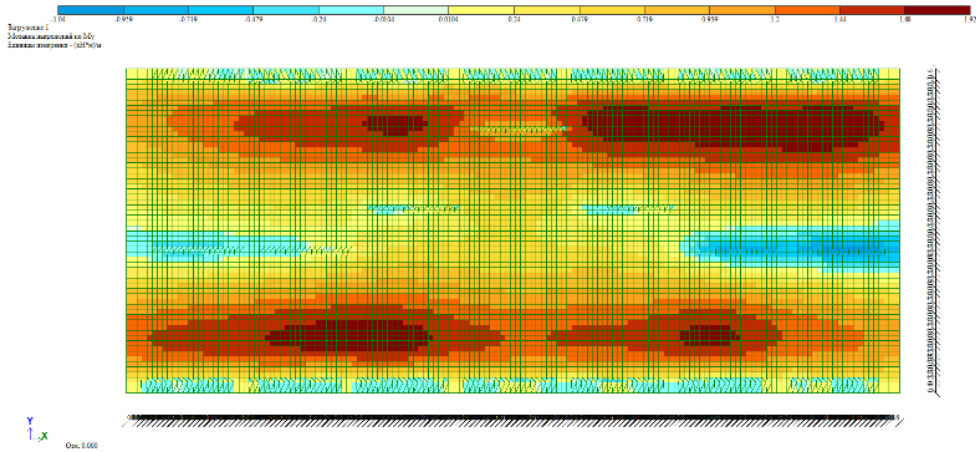
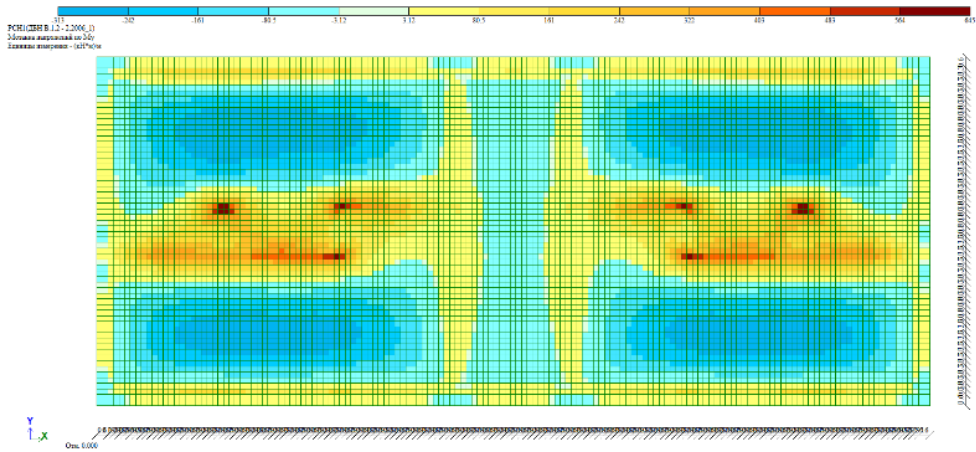
- Проведення експерименту:

1. Розробка моделі та застосування навантаження. Початково було виконано розрахунок повної будівельної моделі для визначення сукупного навантаження на фундамент, врахування осідання будівлі та аналіз напружень, що виникають у фундаментній плиті.
2. Для визначення впливу жорсткості конструкції з моделі послідовно видалявся кожен поверх та замінювався еквівалентним навантаженням.



Аналізуючи результати розрахунків, можна побачити, що:

1. для каркасних будівель кількість надфундаментних конструкцій у вигляді жорсткостей має менший вплив на розподіл напружень у фундаментній плиті, ніж у безкаркасній будівлі. Це пов'язано із розподілом напружень між колонами та впливом фундаментних стін
2. Найбільшого впливу від зміни кількості жорсткостей під час розрахунків фундаменту, зазнала модель, що розраховувалася на слабкому ґрунті. Тому, для даного типу ґрунтів має місце врахування усієї конструкції будівлі на розрахунок осідання, деформацій та напружень у фундаменті. Для нормального та міцного ґрунту може бути достатньо врахування лише перших декількох поверхів.
3. Для дослідження економічного ефекту було обрано розрахувати два варіанти конструювання фундаменту:
 - Конструювання фундаменту для повної будівлі;
 - Конструювання фундаменту для фундаменту без надфундаментних конструкцій (лише під дією еквівалентного навантаження).



БЕЗКАРКАСНА БУДІВЛЯ

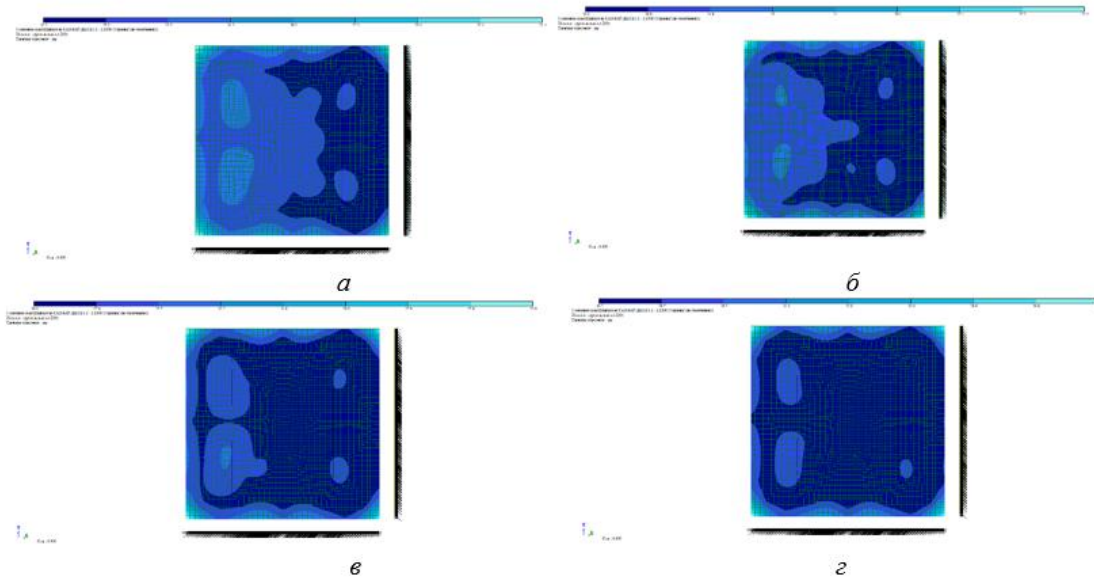


Рисунок 3.1 – Діаграми переміщень по осі z для міцного ґрунту:
 a – для повної будівлі, $б$ – для 11 поверхів, $в$ – для 9 поверхів, $г$ – для 6 поверхів

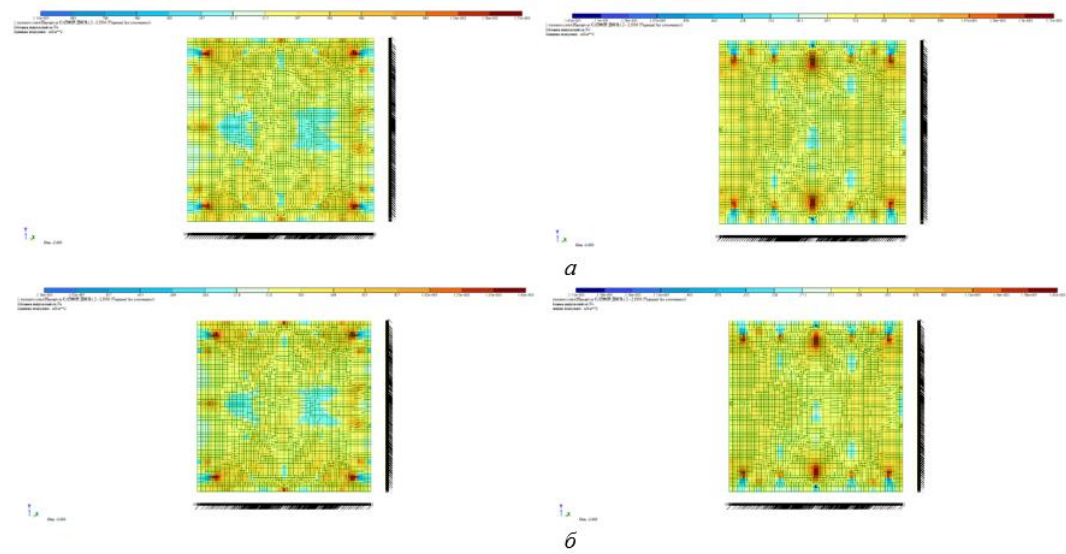


Рисунок 3.3 – Мозаїки напружень по N_x (зліва) та N_y (справа) для міцного ґрунту: a – для повної будівлі, $б$ – для 11 поверхів

КАРКАСНА БУДІВЛЯ

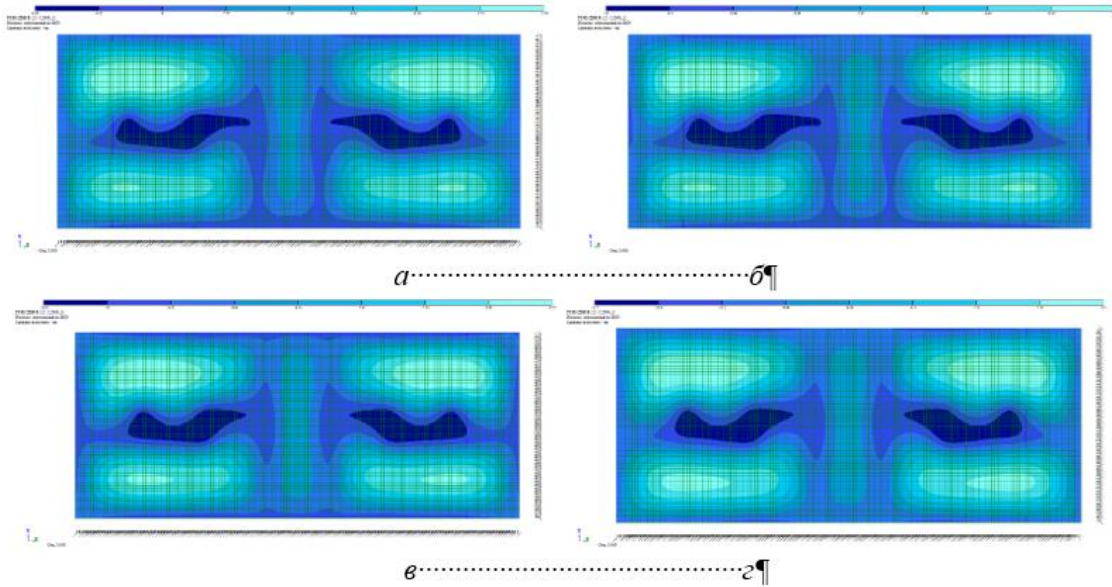


Рисунок 3.1.—Діаграми переміщень по осі z для міцного ґрунту: a —для повної будівлі, b —для 11 поверхів, v —для 5 поверхів, z —для 1 поверху

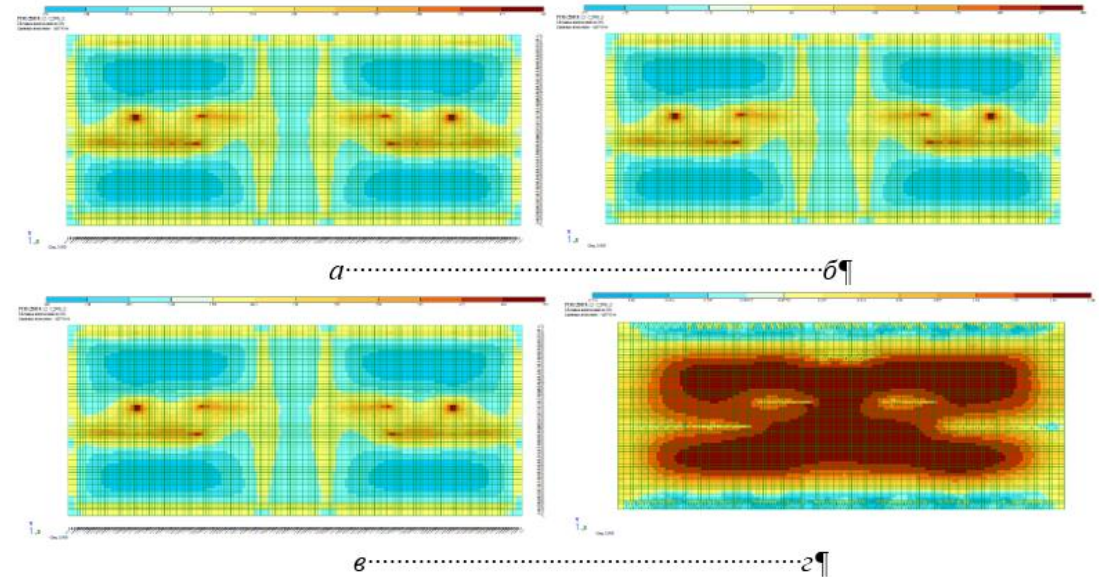


Рисунок 3.3.—Мозаїки напружень по z для міцного ґрунту: a —для повної будівлі, b —для 11 поверхів, v —для 3 поверхів, z —без надфундаментних конструкцій

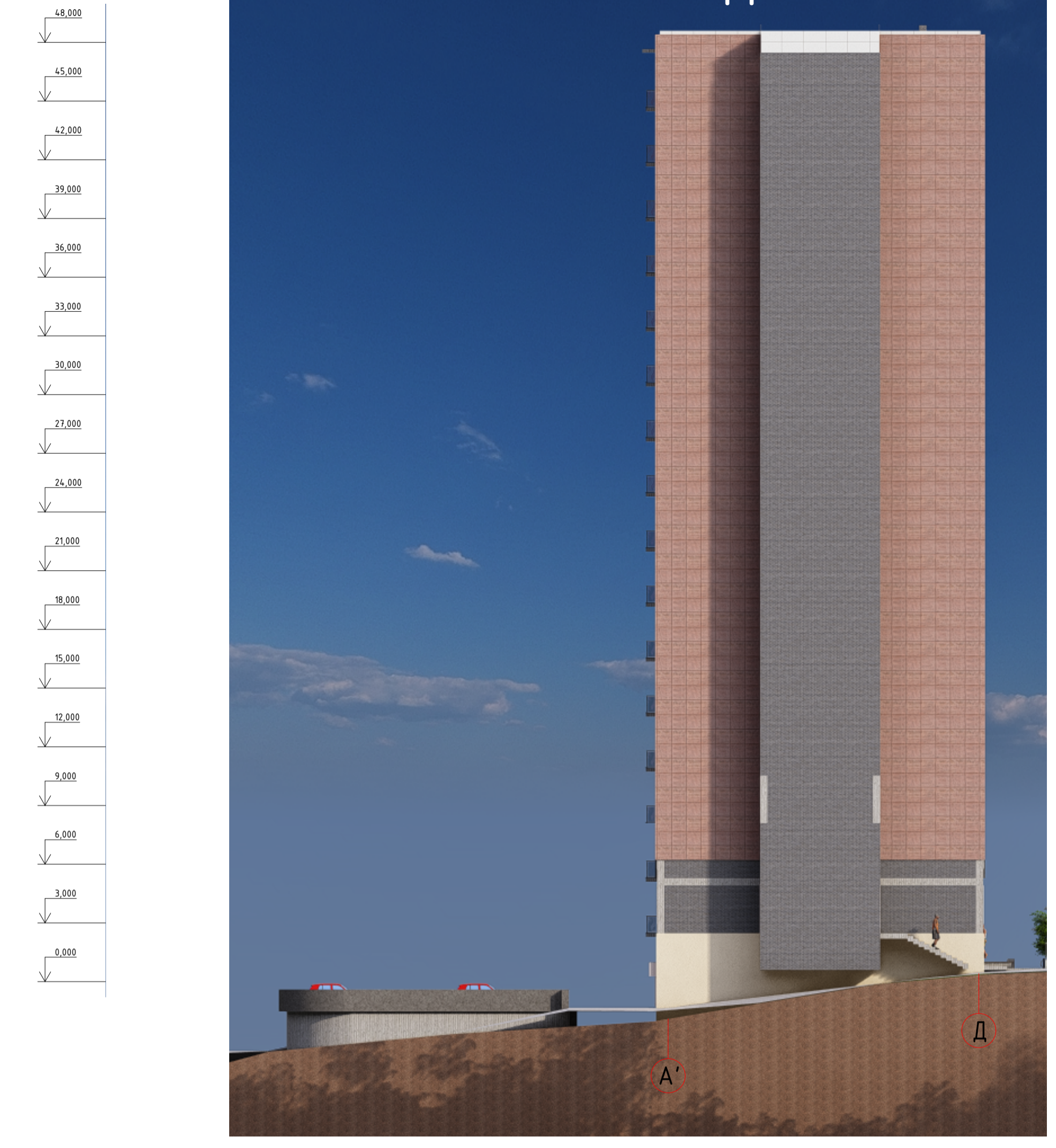
Висновки

- Даний підхід із використанням системи «грунт-фундамент-надфундаментні конструкції(будівля)» може стати одним із варіантів для ефективного проектування, як зі сторони міцності та надійності конструкції, так і зі сторони раціонального використання конструкцій
- Для розрахунку на слабких ґрунтах рекомендовано враховувати повну жорсткість будівлі, тоді як для міцного та нормального ґрунту достатньо лише половини поверхів (як для каркасних будівель, так і для безкаркасних будівель)
- При врахуванні усієї надфундаментної конструкції будівлі для розрахунку фундаментів можна досягти певного економічного ефекту: раціональна витрата матеріалів, що відображається на їх заощадженні шляхом підбору оптимальних перерізів арматури та зменшенню витрат бетону шляхом підбору необхідної товщини плити.
- Врахування особливостей ґрунту, фундаменту та надфундаментних конструкцій є важливим моментом у проектуванні. Завдяки урахуванню надфундаментних конструкцій та впливу їх на перерозподіл навантажень є необхідним задля отримання надійних проектних рішень, а також досягнення економічного ефекту.

ФАСАД 1-8



ФАСАД А'-Г



ЕКСПЛІКАЦІЯ ДО ГЕНПЛАНУ

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН 1:200

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ

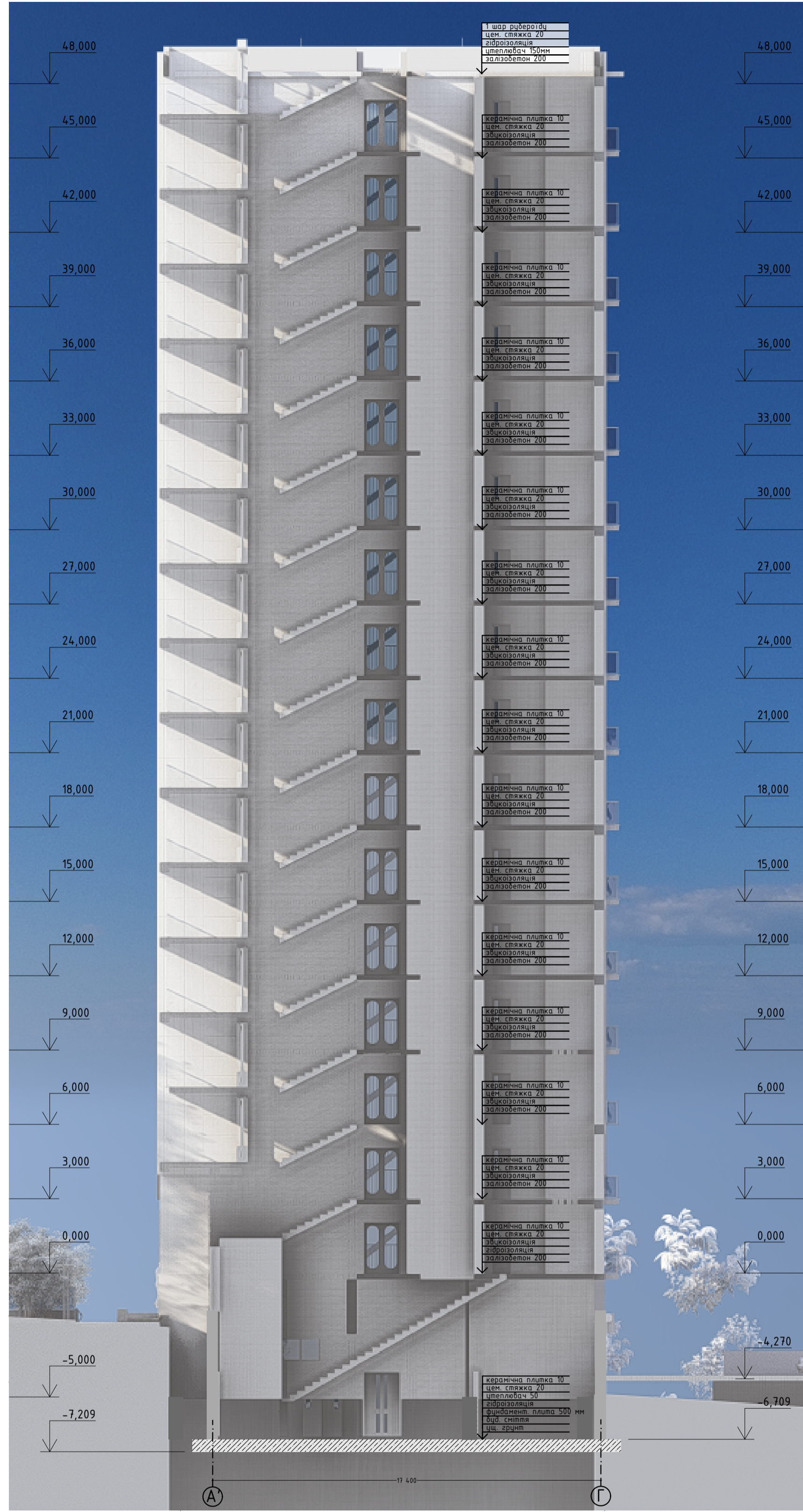
№	Найменування	Площа
1	Проектуюча будівля	640 м ²
2	Модуль дитячого майданчика	120 м ²
3	Парковка	
4	Рекреаційний майданчик	155 м ²

СИТУАЦІЙНИЙ ПЛАН



09-11.МКР.002-АР					
м. Вінниця					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Виконала	Штайко К.				
Перевірив	Мавська І.				
Н. контр.	Мавська І.				
Враховання жорсткості нафундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки				Стадія	Аркшв
				П	1
Генеральний план, ситуаційний план, Фасад 1-8, Фасад А'-Г				ВНТУ, 15-22м	
Опонент	Слободян				
Затвердив	Швець В.В.				

Розріз 1:100



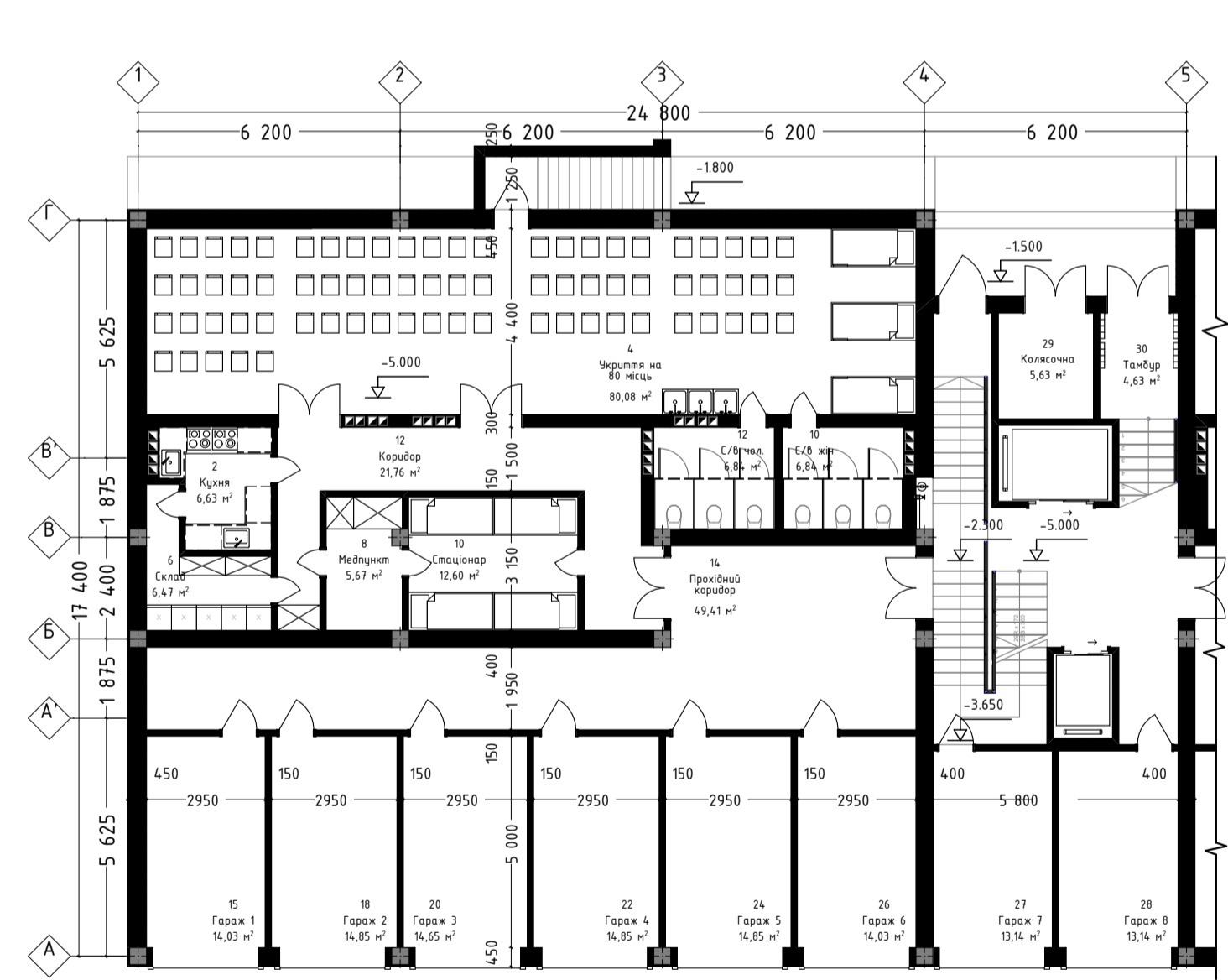
План типового поверху 1:100



Експлікація до підвалу

№	Назва	Площа	№	Назва	Площа
1	Кухня	6,63	14	Прохідний коридор	49,41
2	Кухня	6,63	15	Гараж 1	15,15
3	Укриття на 80 місць	80,08	16	Гараж 9	15,15
4	Укриття на 80 місць	80,08	17	Гараж 10	15,97
5	Склад	6,47	18	Гараж 2	15,97
6	Склад	6,47	19	Гараж 11	15,78
7	Медпункт	5,67	20	Гараж 3	15,78
8	Медпункт	5,67	21	Гараж 12	15,97
9	Станіонар	12,60	22	Гараж 4	15,97
10	С/в жін	6,84	23	Гараж 13	15,97
10	Станіонар	12,60	24	Гараж 5	15,97
11	Коридор	21,76	25	Гараж 14	15,15
11	С/в чол.	6,84	26	Гараж 6	15,15
12	Коридор	21,76	27	Гараж 7	14,26
12	С/в чол.	6,84	28	Гараж 8	14,26
13	Прохідний коридор	49,41	29	Колясочна	5,63
13	С/в жін	6,84	30	Тамбур	4,63
		619,36			619,36

Вхідна група з укриттям 1:100



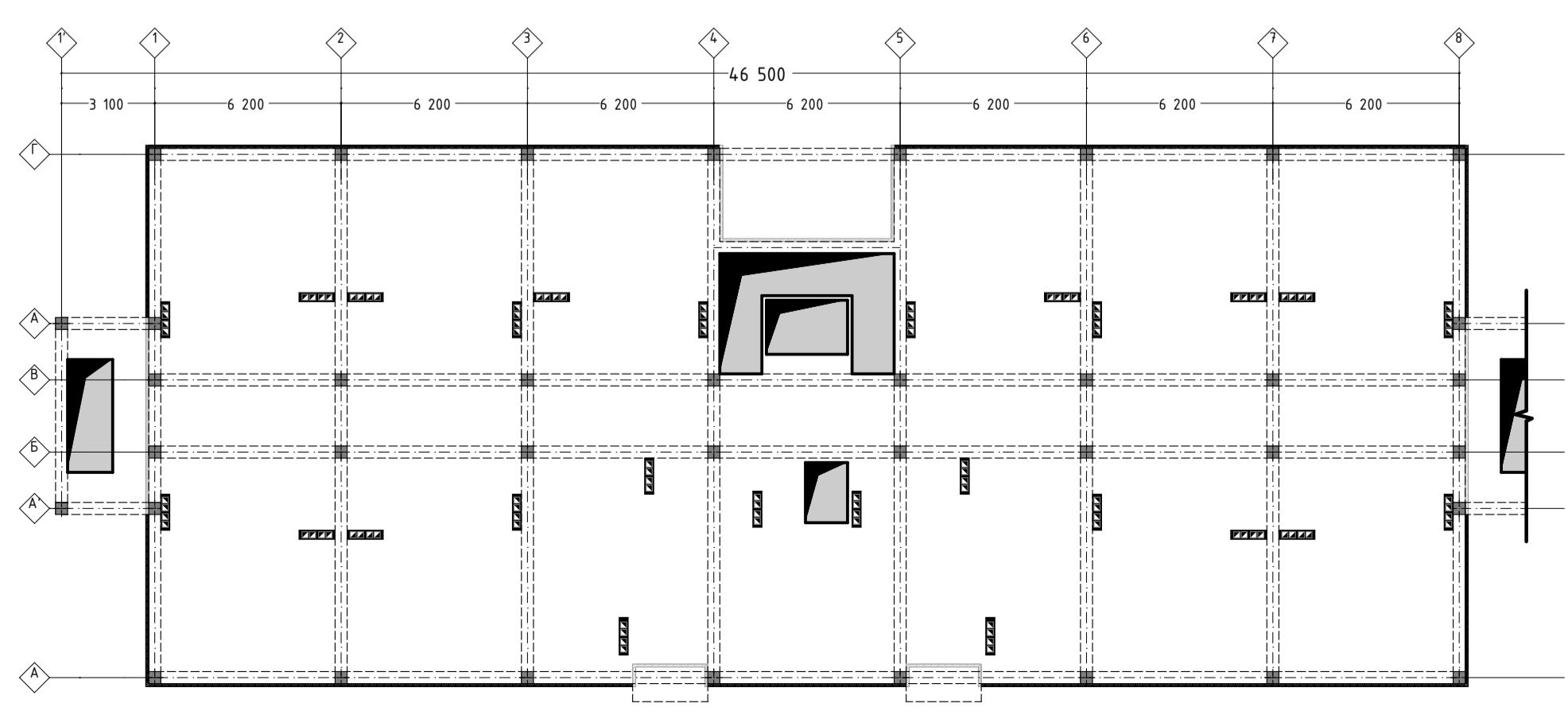
Експлікація Кв.1

№	Назва	Площа
1	Житл. кімната	20,90
2	Кухня	5,00
3	Ванна	4,20
4	С/в	1,44
6	Прихожа	2,59
7	Балкон	2,23
		36,36 м²

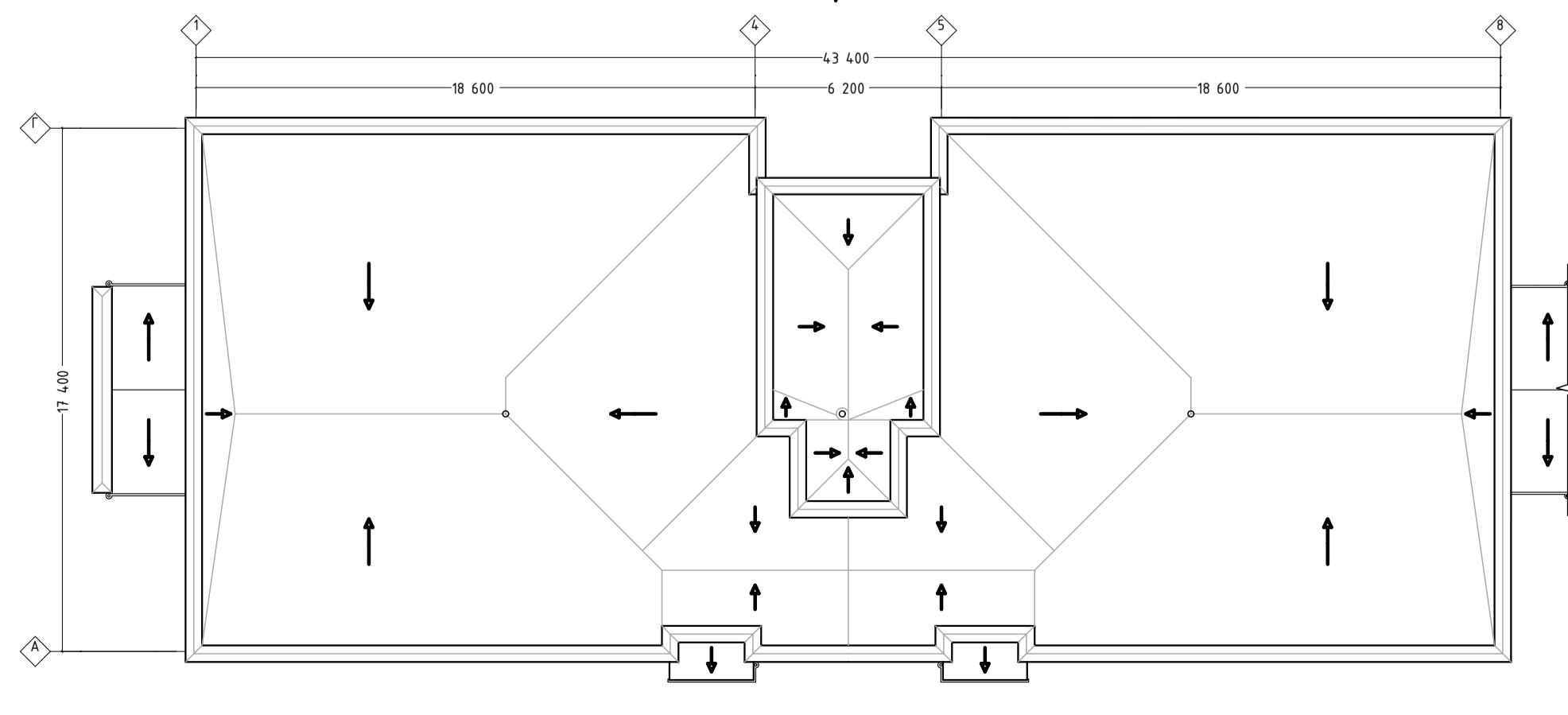
Експлікація Кв.2

№	Назва	Площа
1	Спальня 1	13,20
2	Кухня	10,01
3	Спальня 2	12,76
4	Ванна	4,46
5	С/в	1,68
6	Прихожа	5,48
7	Гардероб	5,60
		53,19 м²

План перекриття 1:200



План покрівлі 1:200



09-11.МКР.002-АР					м. Вінниця				
Изм.	Колуч.	Лист	№Док.	Подп.	Дата	Стадія	Аркшв	Аркшів	
						П	2	4	
Враховання жорсткості нафундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки						ВНТУ, 15-22м			
Опонент	Слободян	План типового поверху, Вхідна група з укриттям, План перекриття, План покрівлі, Розріз 1-1							
Затвердив	Швець В.В.								

Схема розташування нижньої арматури
вздовж цифрових осей 1:150

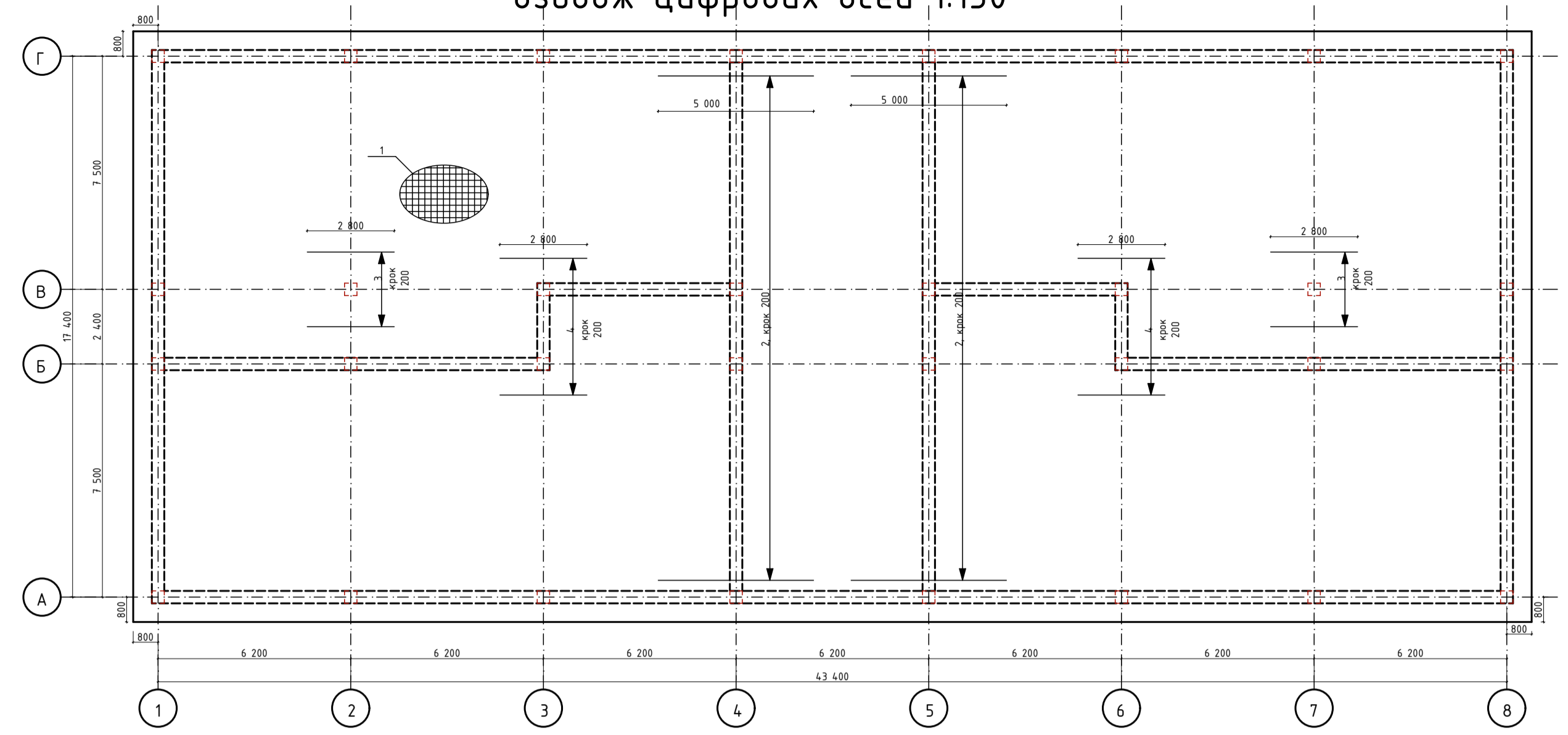


Схема розташування нижньої арматури
вздовж буквенних осей 1:150

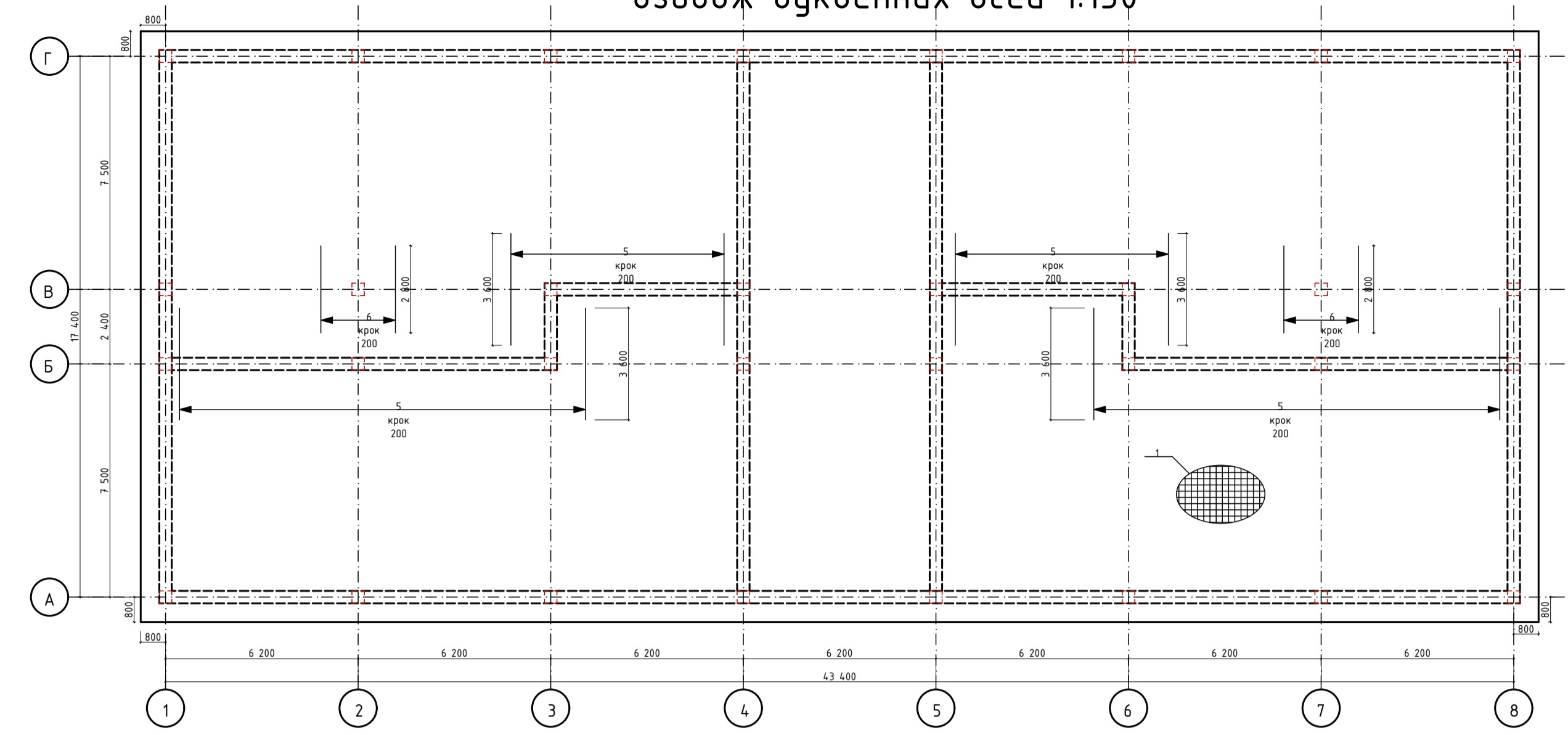


Схема розташування верхньої арматури
вздовж цифрових осей 1:150

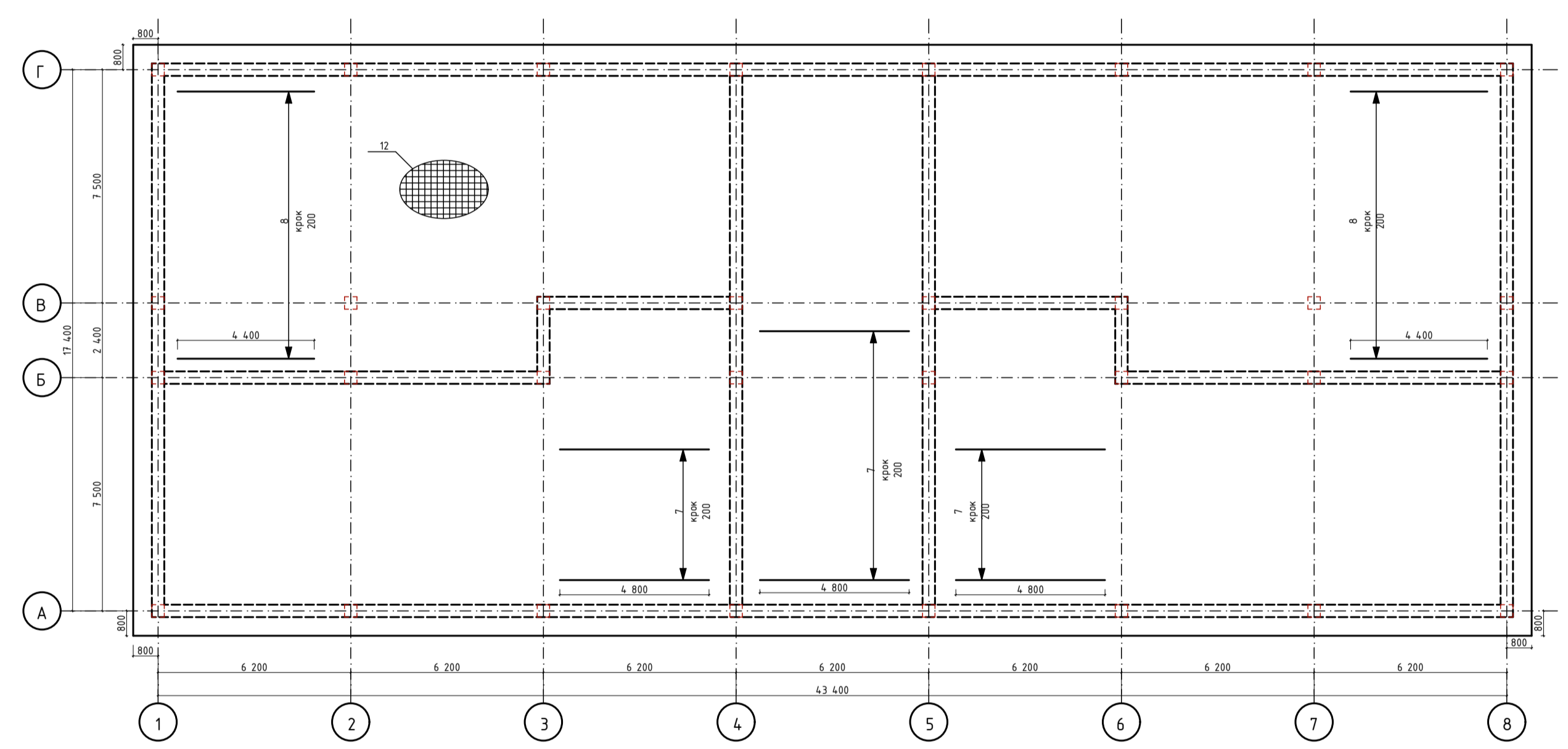
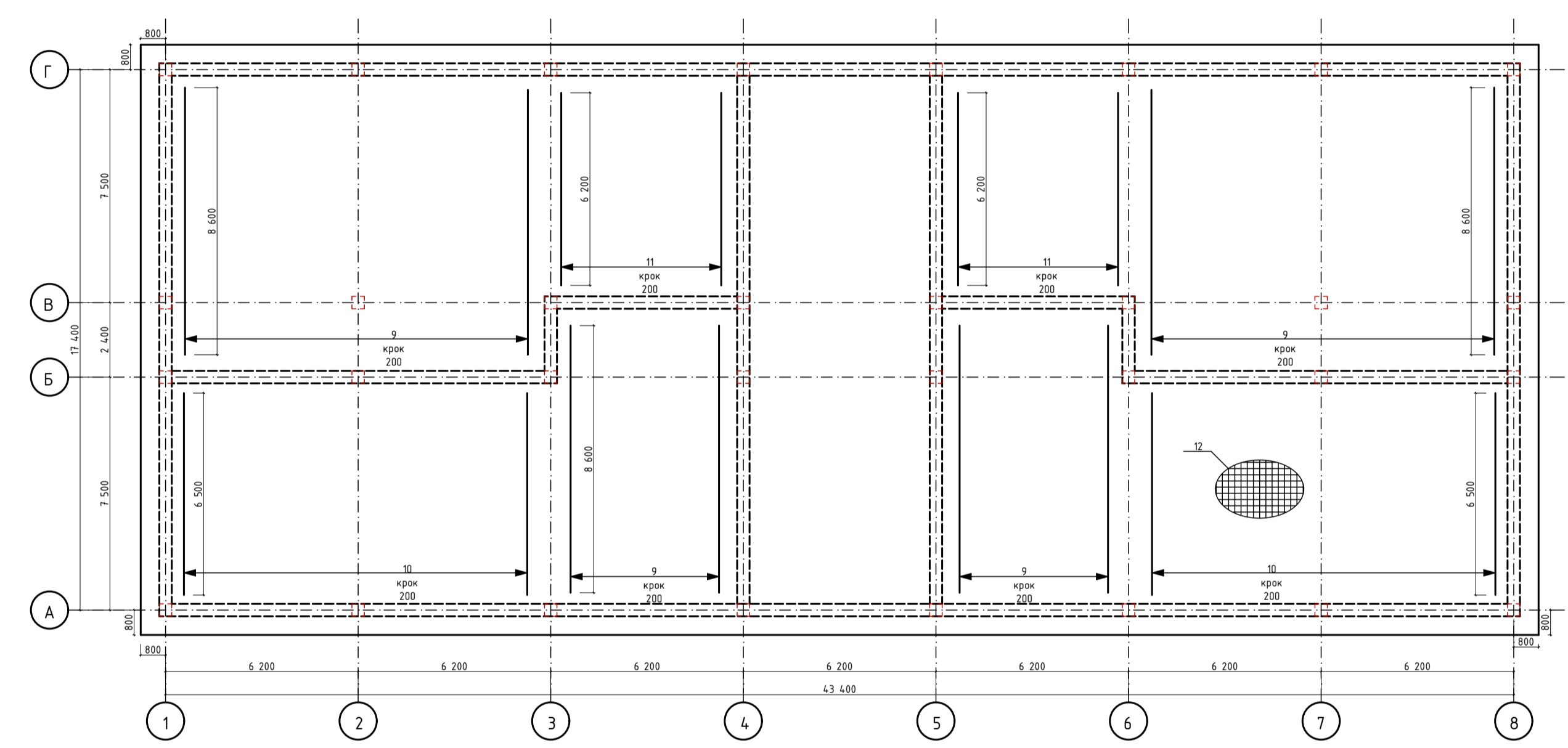
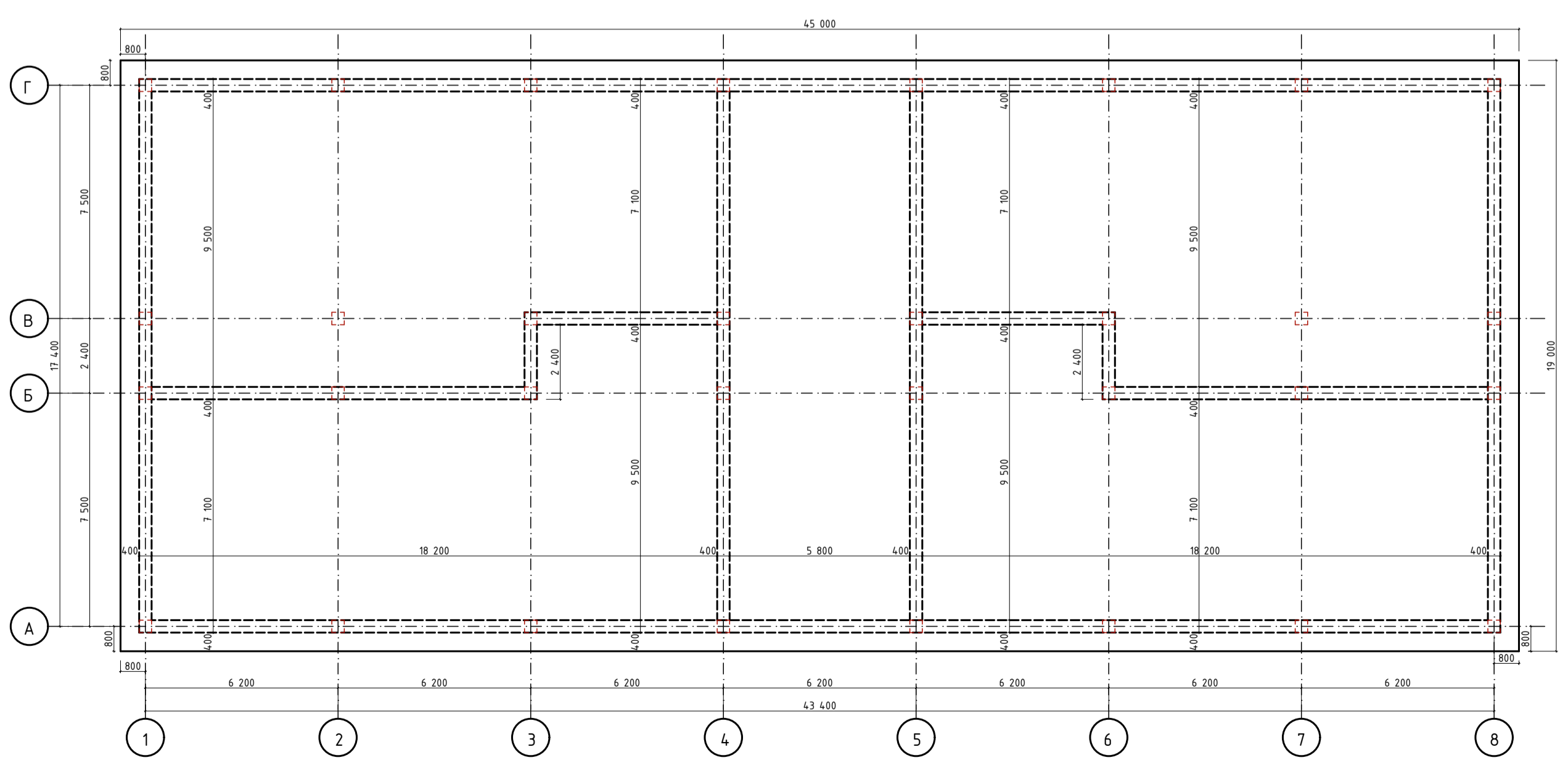


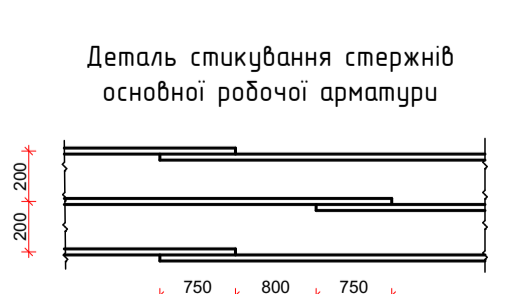
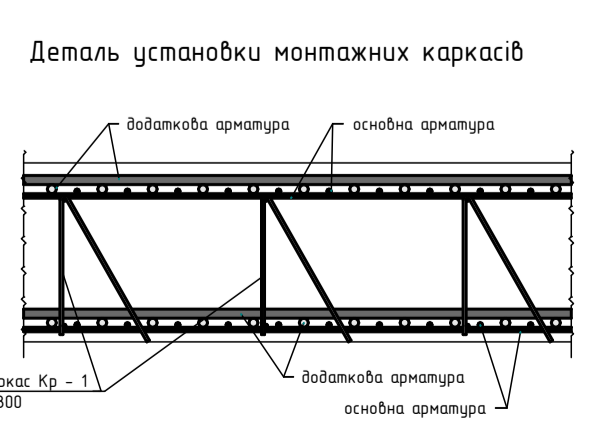
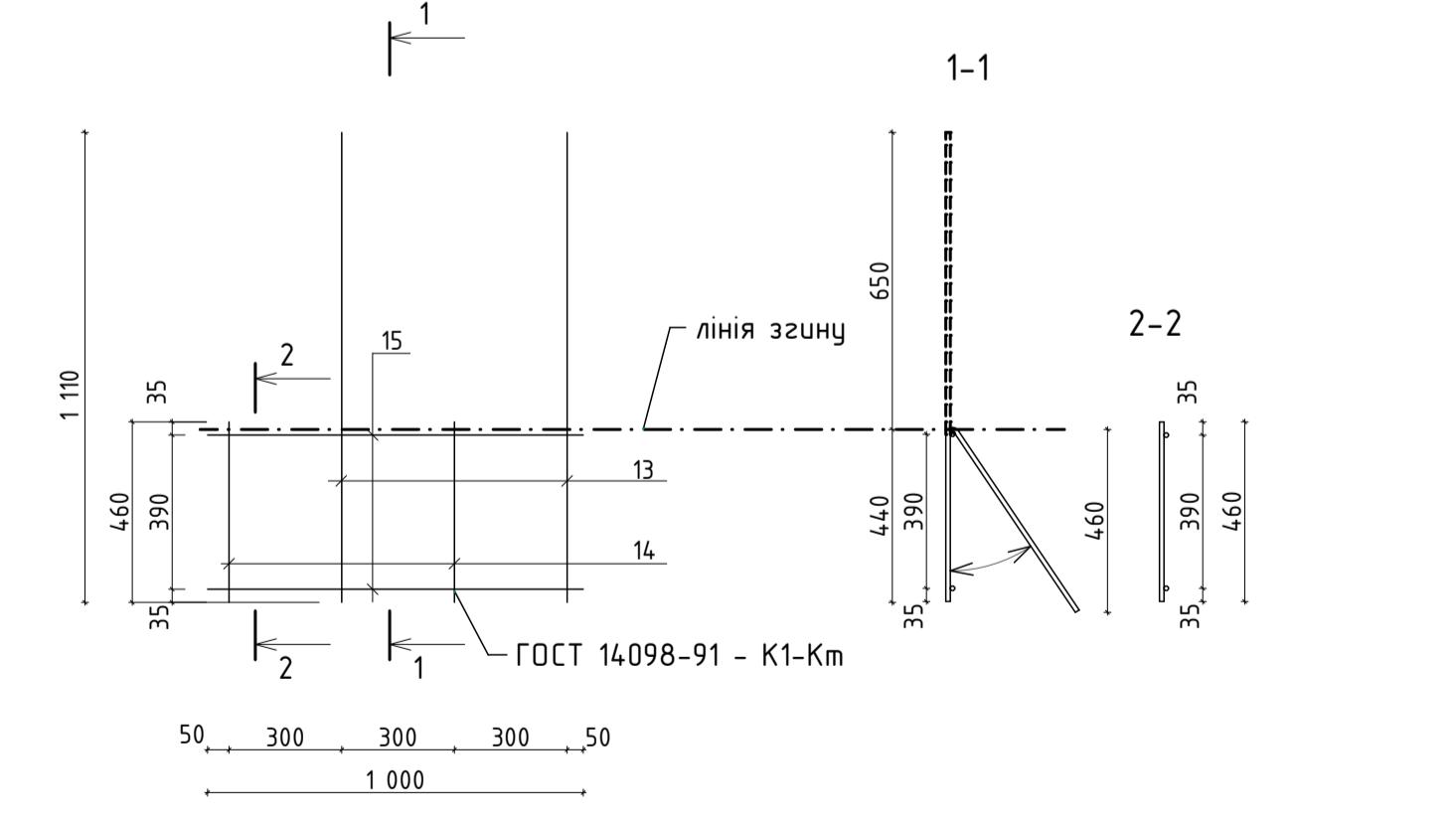
Схема розташування верхньої арматури
вздовж буквенних осей 1:150



План фундаментів 1:200



Кр - 1



Специфікація

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка			
Складальні одиниці								
Кр - 1		Каркас Кр - 1						
Деталі								
1		Ø16 A 500 C сітка 200x200 мм						
2		Ø36 A 500 C L = 2800						
3		Ø36 A 500 C L = 2800						
4		Ø22 A 500 C L = 2800						
5		Ø22 A 500 C L = 3600						
6		Ø36 A 500 C L = 2800						
7		Ø18 A 500 C L = 4800						
8		Ø18 A 500 C L = 4400						
9		Ø18 A 500 C L = 8600						
10		Ø18 A 500 C L = 6500						
11		Ø18 A 500 C L = 6200						
12		Ø16 A 500 C сітка 200x200 мм						
				Матеріали				
				Бетон класу С20/25(В20)	427,5 м³			
Специфікація на арматурні вироби на 1 п.м.								
Марка виробу	Поз.	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Маса виробу, кг			
Кр - 1	12	Ø12 A 240 C l = 1 100	2	0,89	4,22			
	13	Ø12 A 240 C l = 1 110	2	0,9				
	14	Ø12 A 240 C l = 460	2	0,32				
09-11.МКР.002-АБ								
М. ВІННИЦЯ								
Изм.	Колуч.	Лист	Арх.Док.	Подп.	Дата			
Виконала	Штайко К.							
Перевірив	Мавська І.					Враховання жорсткості нафундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки		
Н. контр.	Мавська І.					Стадія	Аркуші	Аркуші
						П	3	4
Опонент	Слободян					План фундаментів, Схема розташування нижньої арматури та верхньої арматури (варіант 1)		
Затвердив	Швець В.В.					ВНТУ, 16-22м		

Схема розташування нижньої арматури
вздовж цифрових осей 1:150

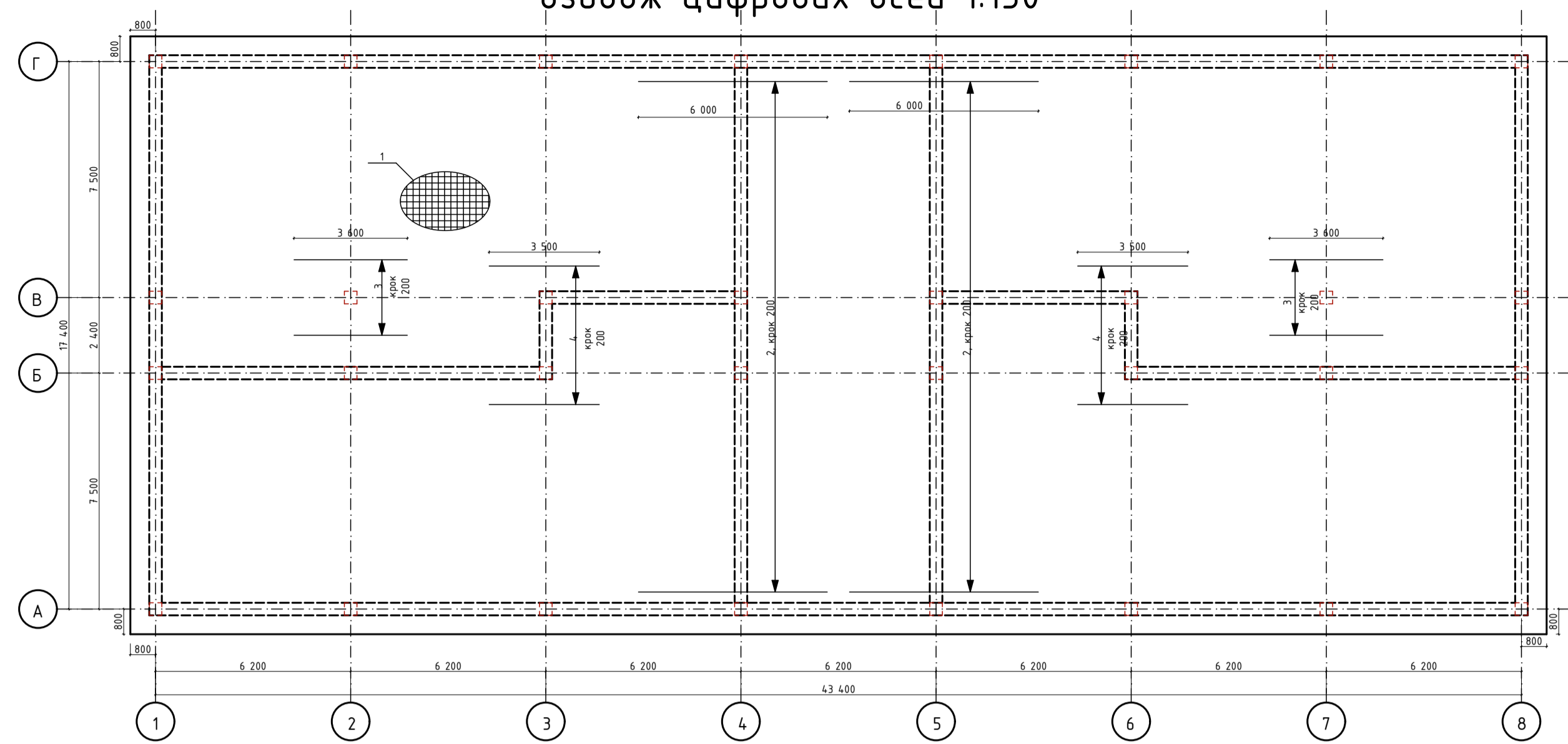
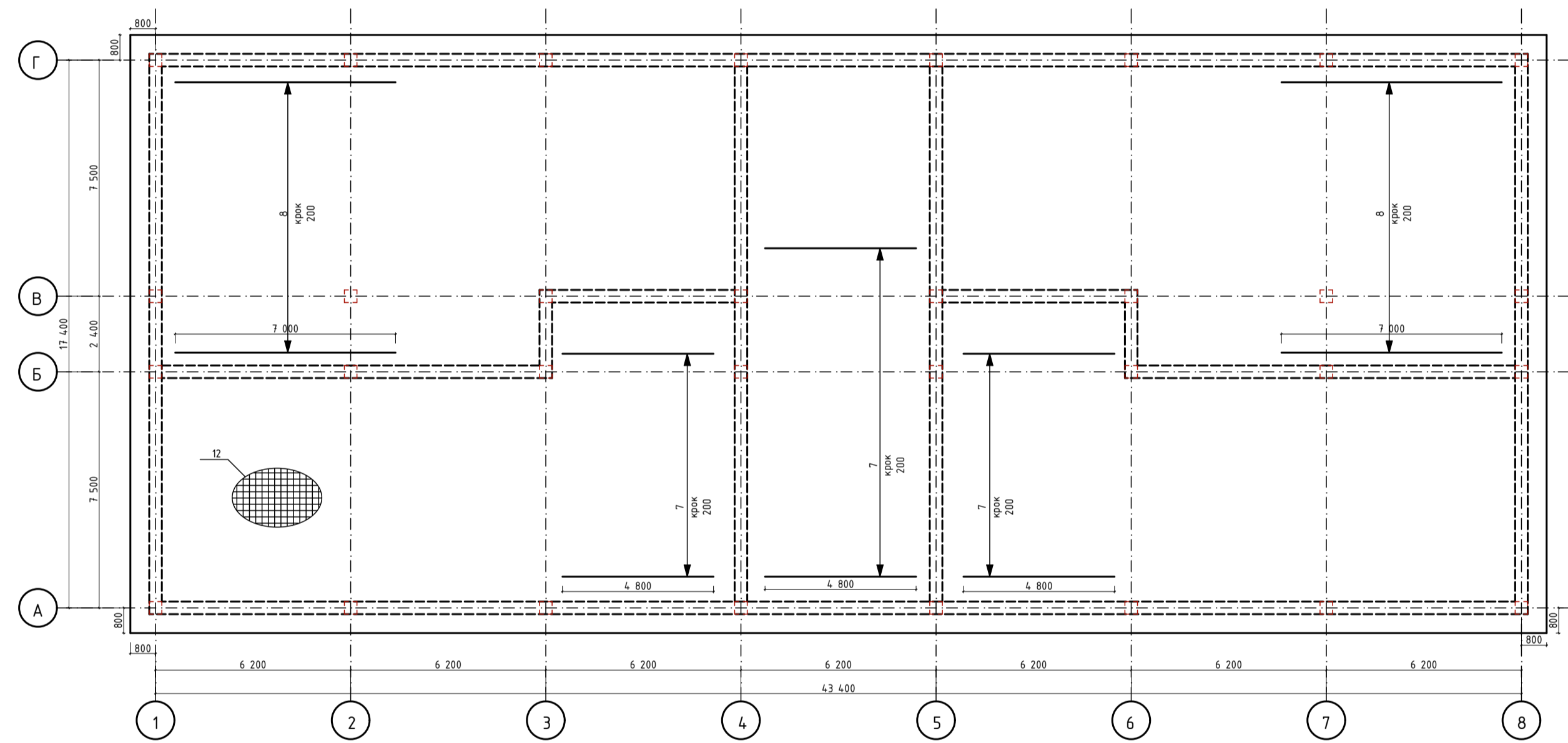


Схема розташування верхньої арматури
вздовж цифрових осей 1:150



План фундаментів 1:200

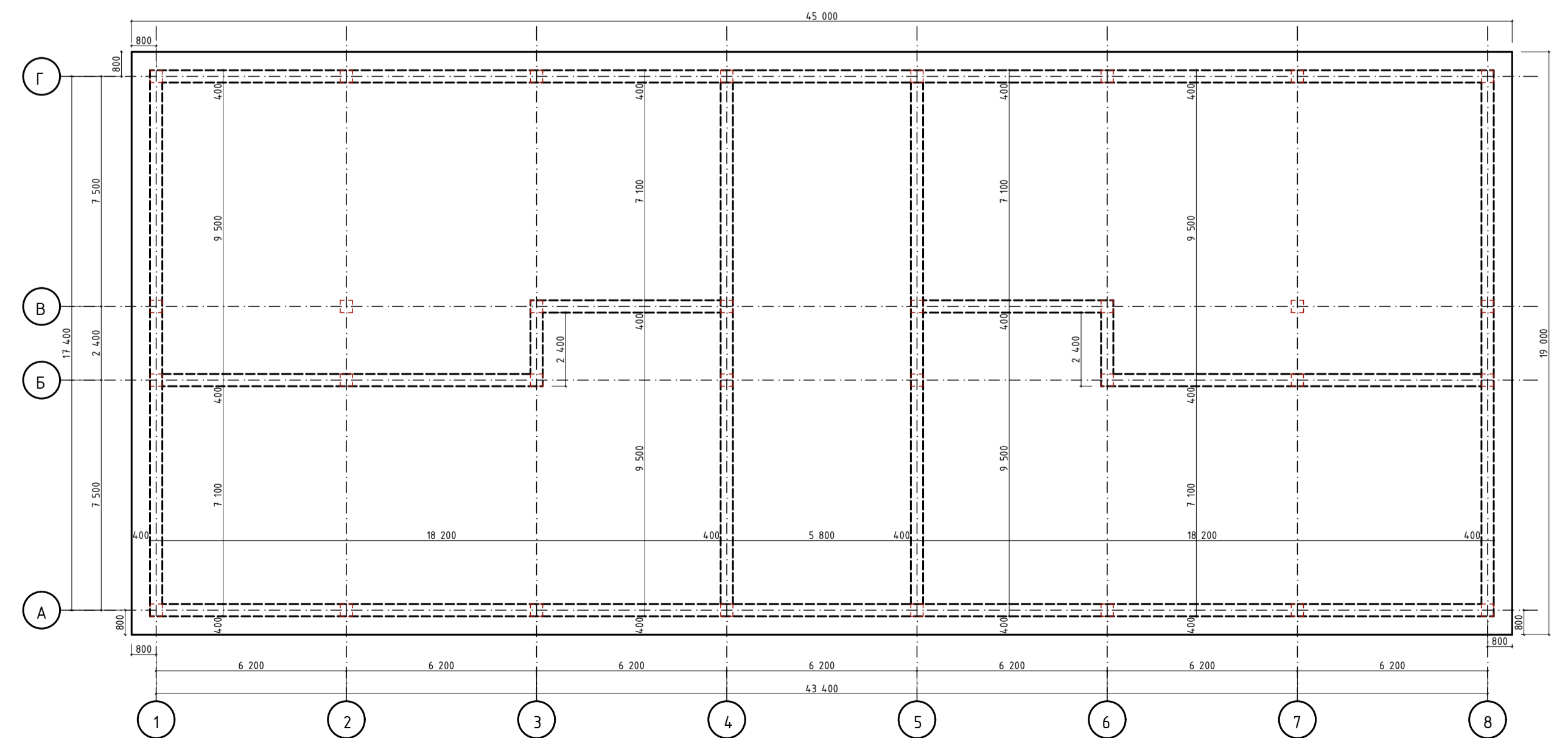


Схема розташування нижньої арматури
вздовж буквенних осей 1:150

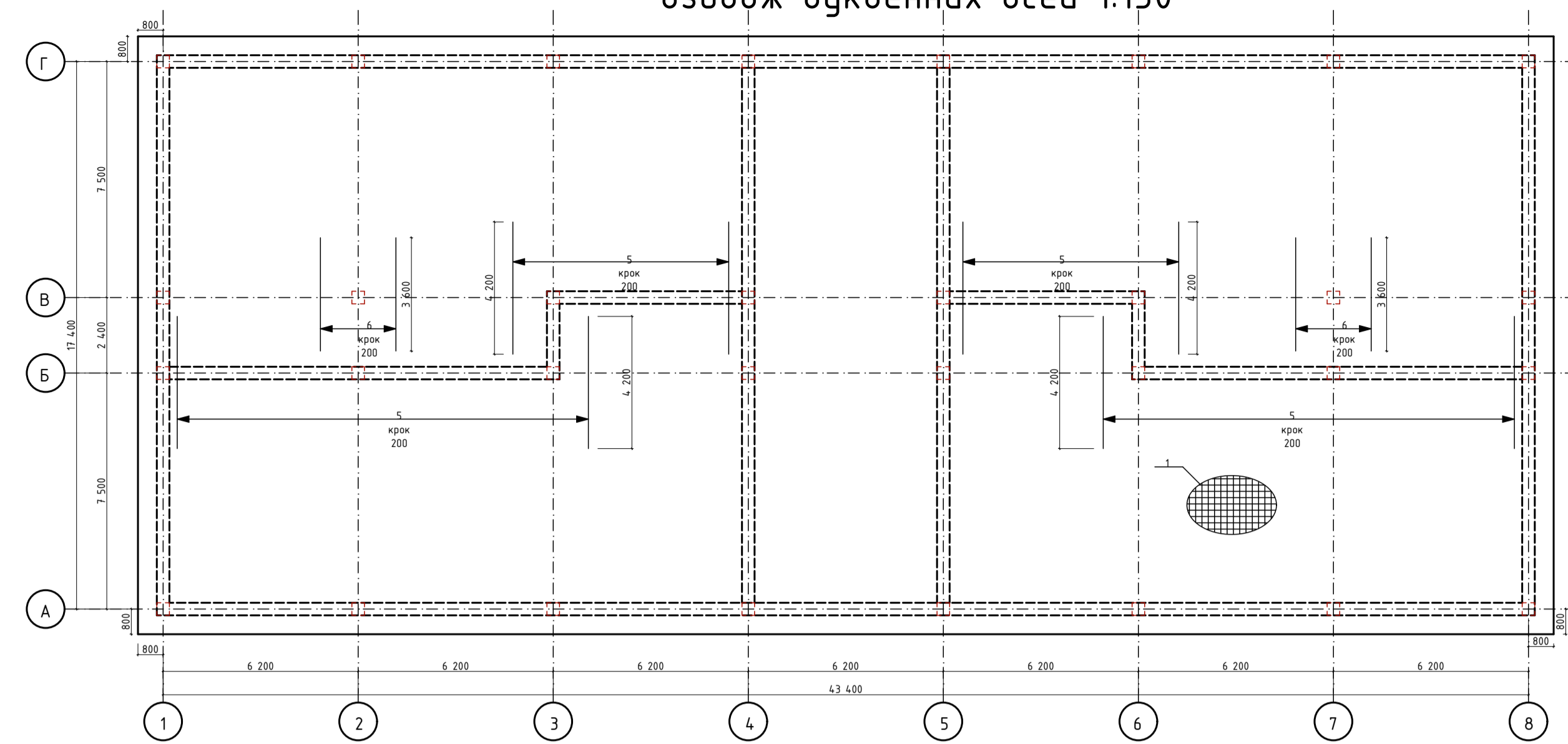
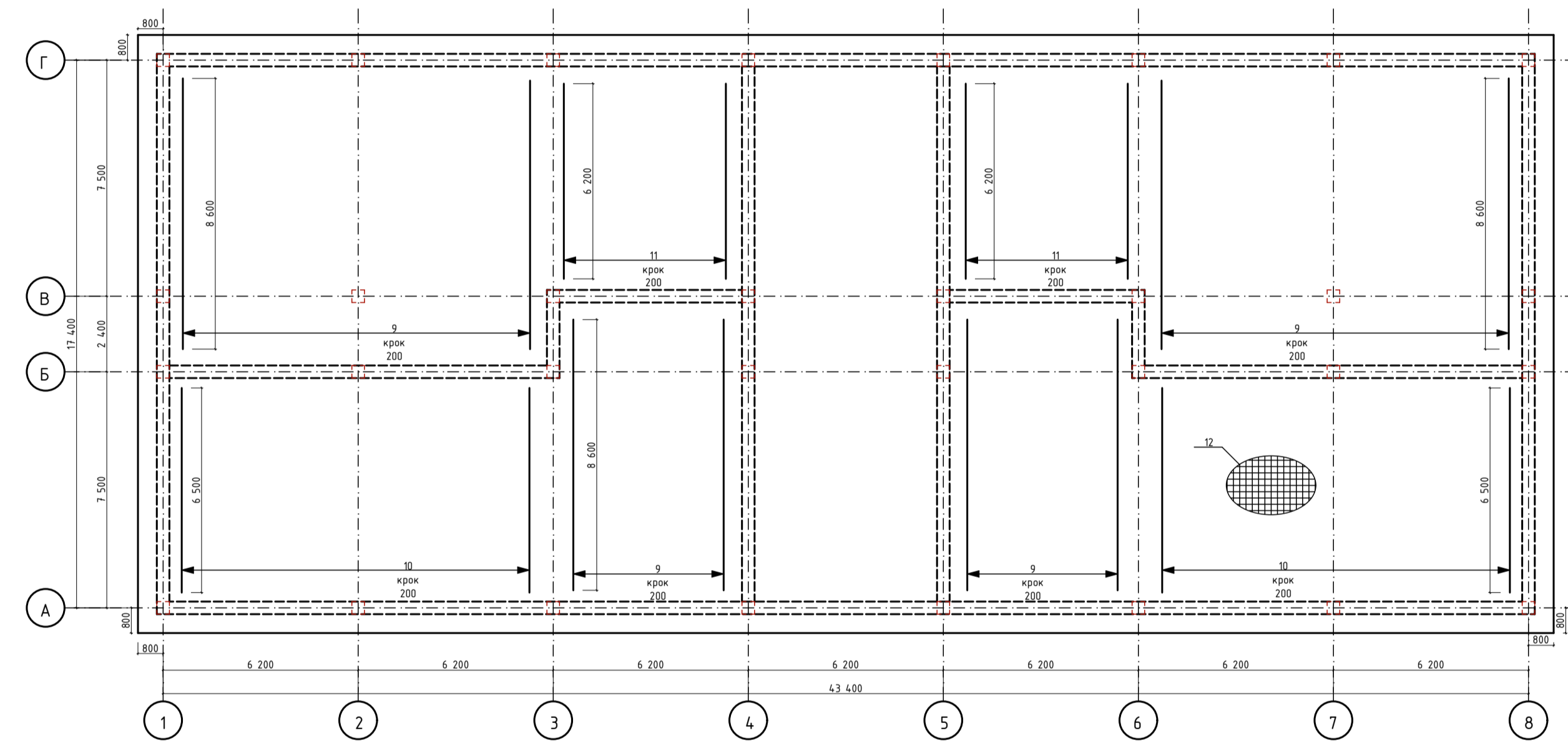
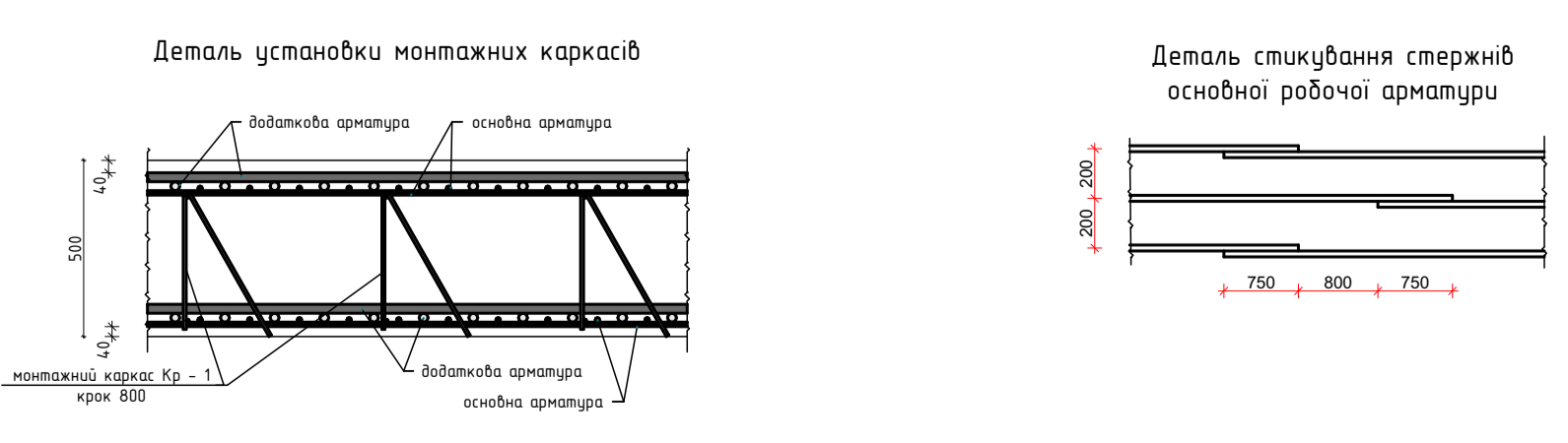
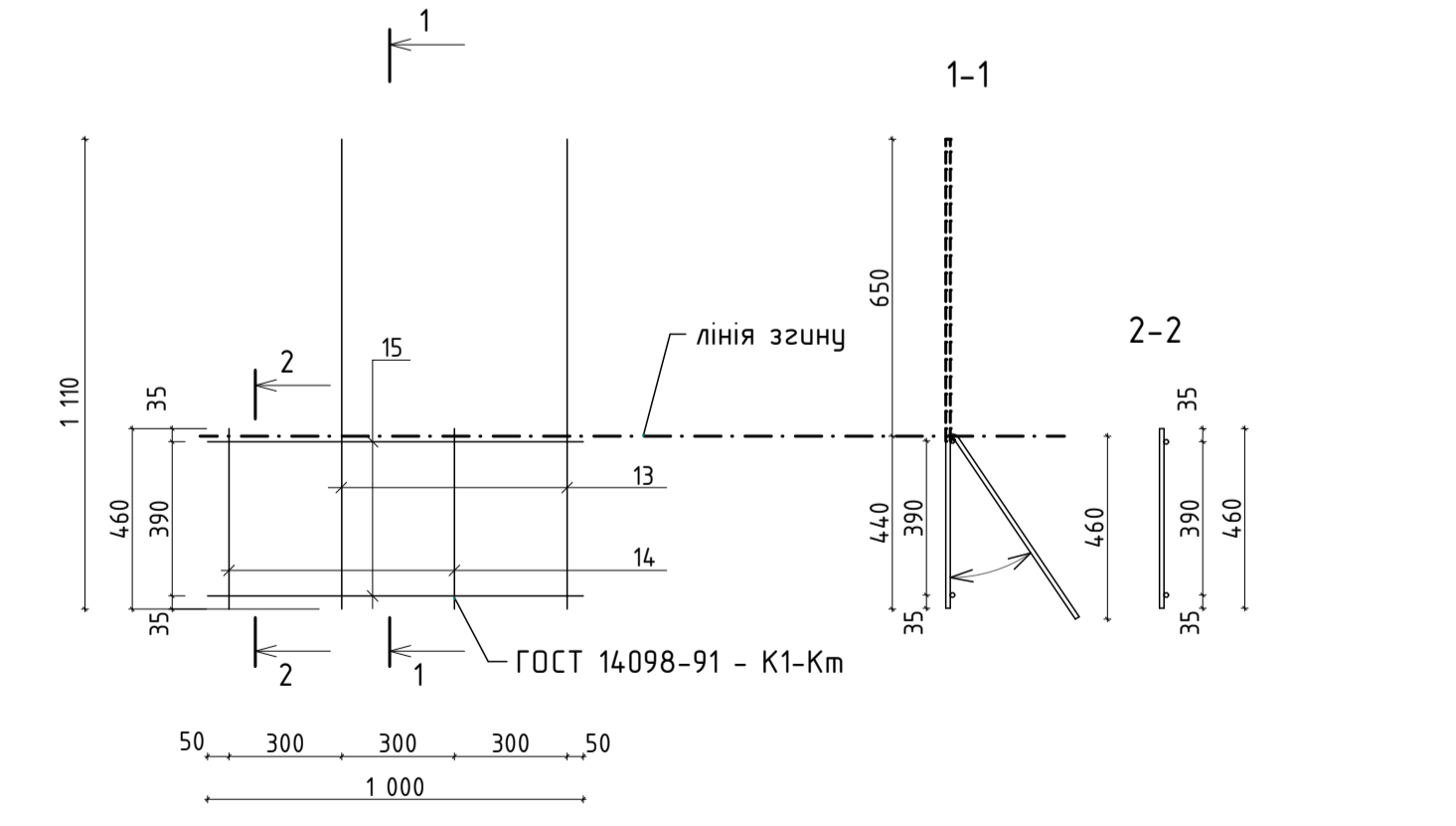


Схема розташування верхньої арматури
вздовж буквенних осей 1:150



Кр - 1



Спецификация							
Поз.	Позначения	Наименования	Кільк	Маса од, кг	Примітка		
Складальні одиниці							
Кр - 1		Каркас Кр - 1					
Деталі							
1		Ø16 A 500 C сітка 200x200 мм					
2		Ø36 A 500 C L = 6000					
3		Ø36 A 500 C L = 3600					
4		Ø22 A 500 C L = 3500					
5		Ø22 A 500 C L = 4200					
6		Ø36 A 500 C L = 3600					
7		Ø18 A 500 C L = 4800					
8		Ø18 A 500 C L = 7000					
9		Ø18 A 500 C L = 8600					
10		Ø18 A 500 C L = 6500					
11		Ø18 A 500 C L = 6200					
12		Ø16 A 500 C сітка 200x200 мм					
Матеріали				427,5 м³			
Бетон класу С20/25(В20)							
Спецификация на арматурні вироби на 1 п.м.							
Марка виробу	Поз. дет.	Наименования	Кільк.	Маса од, кг	Маса виробу, кг		
Кр - 1	12	Ø12 A 240 C l = 1 100	2	0,89	4,22		
	13	Ø12 A 240 C l = 1 110	2	0,9			
	14	Ø12 A 240 C l = 460	2	0,32			
09-11.МКР.002-АБ							
М. ВІННИЦЯ							
Изм.	Колуч.	Лист	ИР/Дж	Подп.	Дата		
Выкана	Штайко К.						
Перевірив	Мавська І.	Врахування жорсткості нафундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні вудинки			Стадія	Аркш	Аркшів
Н. контр.	Мавська І.				П	4	4
Опонец	Слободян	План фундаментів, Схема розташування нижньої арматури та верхньої арматури (варіант 2)			ВНТУ, 16-22м		
Затвердив	Швець В.В.						

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Врахування жорсткості надфундаментних конструкцій при визначенні зусиль у фундаментах. Частина 2. Каркасні будинки

Тип роботи: Комплексна магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck


Оригінальність 80,8 % Схожість 19,2 %

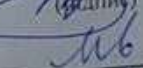
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Блащук Н.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи  Штойко К.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Маєвська І.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б

Відомість графічної частини

№ п\п	Найменування	Примітки
1	Тема роботи	Плакат 1
2	Мета та задачі дослідження	Плакат 2
3	Об'єкт та предмет дослідження	Плакат 3
4	Система «грунт-фундамент»	Плакат 4
5	Система «грунт-фундамент-надфундаментна конструкція»	Плакат 5
6	Моделювання системи «грунт-фундамент-будівля»	Плакат 6
7	Система грунт	Плакат 7
8	Проведення експерименту	Плакат 8
9	Аналіз розрахунків	Плакат 9
10	Безкаркасна будівля	Плакат 10
11	Генеральний план, Ситуаційний план, Фасад 10-1, Фасад А-М, Фасад М-А, Фасад 1-10, Експлікація до генплану, Умовні позначення, Паспорт опорядження фасадів	Аркуш 1
12	План першого поверху, план типового поверху, План перекриття, План покриття, експлікація приміщень, Розріз 1-1	Аркуш 2
13	План фундаментів, План розташування верхньої та нижньої арматури (варіант 1)	Аркуш 3
14	План фундаментів, План розташування верхньої та нижньої арматури (варіант 2)	Аркуш 4
15	Каркасна будівля	Плакат 11
16	Генеральний план, Ситуаційний план, Фасад 1-8, Фасад А-Г	Аркуш 1
17	План типового поверху, вхідна група з укриттям, План перекриття, План покрівлі, Розріз 1-1	Аркуш 2
18	План фундаментів, План розташування верхньої та нижньої арматури (варіант 1)	Аркуш 3
19	План фундаментів, План розташування верхньої та нижньої арматури (варіант 2)	Аркуш 4
20	Висновки	Плакат 12

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу
студента (ки) Штойко Крістини Олександрівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Врахування жорсткості надфундаментних конструкцій
при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки

Робота Штойко К. О. присвячена визначенню впливу жорсткості каркаса багатоповерхової будівлі на перерозподіл зусиль у фундаментах. Моделюється зміна врахованої жорсткості каркаса шляхом послідовного виключення з моделі верхніх поверхів з заміною їх на рівноцінне навантаження. Отже жорсткість надфундаментних конструкцій знижується при збереженні постійного навантаження на фундамент. Розглянута проблема є актуальною.

Магістерська кваліфікаційна робота виконана відповідно до завдання кафедри БМГА, відповідає темі. Магістерська робота є комплексною з розглядом будівель з різним конструктивним рішенням надфундаментних конструкцій

Магістерська робота складається з текстової та графічної частини, містить шість розділів. Перші три розділи наукові, де виконаний огляд літературних джерел, виконане планування дослідження, показані його основні результати. Дослідження виконане шляхом математичного моделювання багатоповерхової каркасної будівлі за допомогою програмного комплексу Ліра. Четвертий розділ є технічним, де на прикладі багатоповерхового каркасного житлового будинку наведено впровадження результатів розробки у конкретний об'єкт проектування. У п'ятому розділі розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Шостий розділ є економічним, де доведена економічна ефективність науково-технічної розробки.

Результати досліджень доповідались на міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» – 2023 та висвітлені у тезах доповіді.

До недоліків можна віднести:

1. Обмежений перелік проаналізованих літературних джерел.
2. Лєвні неточності в оформлюванні текстової частини.
3. Відсутність загальних висновків, що об'єднують результати двох частин комплексної роботи.

Проте магістерська кваліфікаційна робота заслуговує на оцінку «А» (відмінно), а студентка на присвоєння їй ступеня магістра та кваліфікації Магістр з будівництва та цивільної інженерії за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво».

Опонент

Голц Катерина Іванівна
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Н.М. Слободян
(ініціали, прізвище)

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента (ки) Штойко Крістіни Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Врахування жорсткості надфундаментних конструкцій
при визначенні зусиль у фундаментах. Ч. 2. Каркасні будинки

Процес визначення напружено-деформованого стану системи основа-фундамент-споруда до цього часу не є досконалим і потребує додаткових досліджень за різними аспектами. Відомо, що розрахунок надфундаментних конструкцій і фундаментів без врахування піддатливості основи для багатоповерхових будівель не дає прийнятних результатів. Але і при сумісному розрахунку будівлі з основою виникає багато питань, які до цього часу не досліджені. Зокрема, наскільки можна спростити моделювання надфундаментних конструкцій для того, щоб зменшити об'єм пам'яті програмного комплексу при моделюванні споруди.

Адекватне моделювання роботи системи основа-фундамент-споруда дозволяє одержувати надійне і водночас економічне проектне рішення.

Робота відповідає виданому завданню і вимогам до магістерських кваліфікаційних робіт.

Робота є навчальною, але відповідає сучасним потребам проектної та будівельної практики.

Магістерська робота містить розділи, присвячені аналізу робіт попередників в напрямку досліджень, та математичному моделюванню за допомогою програмного комплексу Ліра. При математичному моделюванні перевірявся вплив жорсткості надфундаментних конструкцій та жорсткості ґрунтової основи на напружено-деформований стан системи. Розглянутий також технічний об'єкт проектування в обсязі, достатньому для апробації результатів досліджень (4 розділ), питання охорони праці та безпеки життєдіяльності (5 розділ) та техніко-економічне порівняння різних варіантів армування фундаментної плити при різному підході до врахування жорсткості надфундаментних конструкцій (6 розділ).

Студенткою самостійно виконане планування експериментальних досліджень відповідно до поставлених задач. В процесі роботи набуті навички проведення математичного моделювання та роботи у програмному комплексі Ліра з побудовою просторових моделей на піддатливій основі.

Під час роботи студентка показала достатній рівень фахових знань, здатність до прийняття самостійних наукових та інженерних рішень.

За матеріалами досліджень була зроблена доповідь на міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» – 2023, і за результатами доповіді опубліковані тези.

Студентка дотримувалася календарного плану, виконала великий обсяг роботи, показала відповідний рівень підготовки.

По роботі слід відзначити такі недоліки:

1. Не висвітлене питання про глибину моделювання ґрунтової основи.

2. При математичному моделюванні бажано б було розглянути визначення еквівалентної жорсткості споруди, що забезпечує аналогічний розподіл зусиль в фундаменті без повного моделювання надфундаментних конструкцій.

Підготовка студентки Штойко К. О. відповідає вимогам освітньої програми.

Магістерська кваліфікаційна робота заслуговує на оцінку «А» (відмінно), а студентка на присвоєння їй ступеня магістра та кваліфікації Магістр з будівництва та цивільної інженерії за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво».

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доц. каф. БМГА, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

MB
(підпис)

І. В. Маєвська
(ініціали, прізвище)